

003692

24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"EFECTO DE LA INOCULACION DE *Physalis ixocarpa* brot. (TOMATE DE CASCARA) CON HONGOS ENDOMICORRIZICOS ARBUSCULARES EN UN SUELO CALCIMAGNESICO DEL ESTADO DE MORELOS, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO Y CAMPO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE: MAESTRO EN CIENCIAS (EDAFOLOGIA) PRESENTA: MIGUEL ANGEL JAIME HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. SERGIO PALACIOS MAYORGA

MEXICO, D. F.

1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

26/7/10



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Geología, por haberme brindado la oportunidad para la realización del proyecto de investigación.

Mi especial agradecimiento al M. en C. Sergio Palacios Mayorga, jefe del Departamento de edafología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su ardua labor en la dirección y realización de este trabajo.

Agradezco, sinceramente, a los M. en C. Kumiko Shimada Miyasaka, Eduardo González Quintero, Jorge Gama Castro y al Biol. Rubén Zamora por su asesoramiento en lo referente a el análisis físico y químico del suelo, en la selección y preparación de tres aislados micorrízicos, en la clasificación del suelo y su ayuda prestada en el invernadero, respectivamente.

Agradezco, respetuosamente, al personal del Departamento de edafología del Instituto de Geología y, en particular, a la sección de Biología de suelos por su cooperación y facilidades, con las cuales fue posible la realización del presente trabajo.

Mi sincero agradecimiento a los C. Dr. Teófilo Herrera Suárez, M. en C. Alfredo Echegaray Alemán, M. en C. Ernestina Vallejo Gómez, Dr. David Flores Roman, Dra. Evangelina Pérez Silva y a la M. en C. Lucia Yolanda Varela Fregoso, por su colaboración en la revisión del manuscrito.

Mi infinito agradecimiento a la familia Tellez Ortiz, en especial a Ana Maria, Beatriz, Juan Carlo, Guillermo y Luis Eduardo, quienes son para mi algo mas que amigos.

Finalmente expreso mi agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra forma me brindaron su ayuda, la cual hizo posible la realización de este trabajo de investigación, en especial a mis amigos Sara, Gabriela, Esther, Alma, Pilar, Guillermo, Iran, Eduardo y Armando, con quienes pase muchos momentos especiales.

DEDICATORIA

A mi padre:

Antonio Jaime Nieto (+)
quien ha sido y será mi ejemplo.

A mi madre:

Maria Magdalena Hernandez Ortiz
A quien debo todo lo que soy.

A mis Hermanos:

Jose Antonio
Ruperto
Rosa Maria
Rogelio
Maria Magdalena

A mi esposa:

Rosa Isela, la compañera de mi vida.

A mi hija:

Michelle, quien es lo mas bonito que pudo pasarme.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
I INTRODUCCIÓN.....	3
II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
2.1. Objetivos generales.....	4
2.2. Objetivos particulares.....	4
2.3. Hipótesis.....	4
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. El género <i>Physalis</i>	5
3.1.1. Taxonomía y citotaxonomía.....	5
3.1.2. Descripción botánica.....	5
3.1.3. Fisiología.....	5
3.1.3.1. Crecimiento y desarrollo.....	7
3.1.3.2. Floración y polinización.....	7
3.1.3.3. Fructificación.....	9
3.1.3.4. Cosecha.....	10
3.1.3.5. Variedades.....	10
3.1.4. Factores edafoclimáticos.....	11
3.1.5. Labores culturales.....	12
3.1.5.1. Preparación del terreno.....	12
3.1.5.2. Surcado.....	12
3.1.5.3. Métodos de siembra.....	12
3.1.5.4. Época de siembra.....	12
3.1.5.5. Labores de cultivo.....	13
3.1.5.5.1. Desyerbas.....	13
3.1.5.5.2. Envarado.....	13
3.1.5.6. Riegos.....	13
3.1.5.7. Fertilización.....	14
3.1.5.8. Plagas y enfermedades.....	14
3.1.5.9. Generalidades sobre el rendimiento de este cultivo.....	14
3.2. Algunas características de suelos calcimagnésicos de la región...	15
3.3. Nutrimentos.....	16
3.3.1. La importancia del fósforo como nutrimento.....	16
3.3.2. Formas de fósforo en el suelo.....	17
3.3.3. Absorción por las plantas.....	18
3.3.4. Factores que controlan la asimilación de los compuestos inorgánicos de fósforo en el suelo.....	19
3.3.5. Retención del fósforo por los suelos.....	19
3.4. Estudios sobre la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares de algunas hortalizas.....	20
3.4.1. Descripción.....	20
3.4.2. Algunos aspectos de la taxonomía de los hongos endomicorrízicos arbusculares.....	21
3.4.3. Morfología.....	21
3.4.3.1. Hifas.....	22
3.4.3.2. Arbúsculos.....	23
3.4.3.3. Vesículas.....	24
3.4.3.4. Estructuras reproductivas.....	24
3.4.4. Colonización.....	24

3.4.4.1. Factores que afectan la colonización micorrízica (MA)...	27
3.4.5. Papel de la micorriza arbuscular sobre la absorción de nutrimentos.....	29
3.4.6. Papel de la micorriza en la prevención y control de enfermedades radicales en algunos cultivos.....	30
3.4.7. Respuesta de algunas solanáceas a la inoculación.....	31
IV MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
4.1. Experimento I. Determinación de la dependencia del tomate de cáscara, a la micorriza arbuscular (M.A.), bajo condiciones de invernadero.....	32
4.1.1. Localización del experimento.....	32
4.1.2. Material biológico.....	33
4.1.3. Suelo.....	33
4.1.4. Inoculación y siembra en almácigo.....	33
4.1.5. Riegos del almácigo.....	34
4.1.6. Diseño y variables experimentales.....	34
4.1.7. Variables de respuesta.....	35
4.1.7.1. Peso Fresco de follaje.....	35
4.1.7.2. Rendimiento de materia seca.....	35
4.1.7.3. Porcentaje de sobrevivencia.....	35
4.1.7.4. Altura de la planta.....	35
4.1.7.5. Volumen de la raíz.....	35
4.1.7.6. Porcentaje de colonización.....	36
4.1.8. Análisis estadístico.....	36
4.2. Experimento II. Determinación del efecto de 5 niveles de fósforo en la colonización y desarrollo en almácigo, bajo condiciones de invernadero.....	36
4.2.1. Localización del experimento.....	36
4.2.2. Material biológico.....	36
4.2.3. Sustrato.....	36
4.2.4. Inoculación y siembra de almácigo.....	37
4.2.5. Riegos y soluciones nutritivas.....	37
4.2.6. Diseño y variables experimentales.....	37
4.2.7. Variables de respuesta.....	38
4.2.8. Análisis estadístico.....	38
4.3. Experimento III. Evaluación del efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del fruto, bajo condiciones de campo y temporal.....	38
4.3.1. Localización del experimento.....	38
4.3.2. Características climáticas.....	39
4.3.3. Condiciones edáficas.....	40
4.3.4. Determinación de las propiedades físicas y químicas al suelo	40
4.3.5. Procedimiento experimental en almácigo.....	40
4.3.5.1. Material biológico.....	41
4.3.5.2. Sustrato.....	41
4.3.5.3. Inoculación y siembra del almácigo.....	41
4.3.5.4. Riegos y soluciones nutritivas.....	41
4.3.5.5. Diseño y variables experimentales.....	41
4.3.6. Prácticas agrícolas.....	43
4.3.6.1. Preparación del terreno.....	43
4.3.6.2. Trasplante.....	43
4.3.6.3. Fertilización química en campo.....	44

4.3.6.4. Labores de cultivo.....	44
4.3.6.5. Control de plagas.....	44
4.3.6.6. Cosecha.....	44
4.3.7. Variables de respuesta en campo.....	46
4.3.7.1. Resistencia al trasplante.....	46
4.3.7.2. Rendimiento total de frutos comerciales.....	46
4.3.7.2.1. Peso total de frutos grandes.....	46
4.3.7.2.2. Peso total de frutos medianos.....	46
4.3.7.2.3. Peso total de frutos chicos.....	46
4.3.7.3. Número total de frutos comerciales.....	46
4.3.8. Análisis estadístico.....	47
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
5.1. Experimento I. Determinación de la dependencia a la micorriza arbuscular (MA), bajo condiciones de invernadero.....	47
5.1.1. Porcentaje de sobrevivencia.....	47
5.1.2. Peso Fresco del follaje.....	48
5.1.3. Rendimiento de materia vegetal seca.....	50
5.1.4. Altura de la planta.....	53
5.1.5. Volumen de la raíz.....	55
5.1.6. Porcentaje de colonización.....	57
5.2. Experimento II. Determinación del efecto de 5 niveles fósforo en la colonización y desarrollo en almácigo, en invernadero.....	60
5.2.1. Peso fresco del follaje.....	61
5.2.2. Rendimiento de materia seca.....	64
5.2.3. Porcentaje de sobrevivencia.....	66
5.2.4. Volumen de la raíz.....	69
5.2.5. Porcentaje de colonización.....	71
5.3. Variables climáticas.....	74
5.4. Análisis físicos y químicos del suelo.....	76
5.5. Experimento III. Evaluación del efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del fruto, bajo condiciones de campo y temporal temporal.....	77
5.5.1. Resistencia al trasplante.....	78
5.5.2. Rendimiento total de frutos comerciales.....	81
5.5.2.1. Rendimiento de frutos grandes.....	85
5.5.2.2. Rendimiento de frutos medianos.....	88
5.5.2.3. Rendimiento de frutos chicos.....	91
5.5.3. Número total de frutos comerciales.....	93
5.5.3.1. Número total de frutos grandes.....	97
5.5.3.2. Número total de frutos medianos.....	99
5.5.3.3. Número total de frutos chicos.....	102
VI CONCLUSIONES.....	105
VII BIBLIOGRAFÍA.....	106
VIII APÉNDICE.....	111
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	vii

ÍNDICE DE CUADROS

1	Análisis general del fruto.....	15
2	Algunas características de los inoculantes usados/100 g de suelo seco.	34
3	Solución mineral de Long Ashton modificada.....	34
4	Distribución de los tratamientos del experimento I.....	35
5	Distribución de los tratamientos del experimento II.....	38
6	Diseño experimental del experimento III.....	42
7	Actividades realizadas durante el establecimiento del cultivo, a nivel de almácigo y campo.....	45
8	Efecto de la inoculación con 4 aislados de hongos endomicorrízicos arbusculares (HMA), respecto a la sobrevivencia de las plántulas.....	47
9	Efecto de la inoculación con cuatro aislados de HMA, respecto al peso fresco total.....	49
10	Efecto de la inoculación sobre el peso seco total de las plántulas....	51
11	Efecto de la inoculación en la altura de las plántulas.....	53
12	Efecto de la inoculación en el volumen de raíz.....	55
13	Niveles de colonización obtenidos con cuatro hongos (HMA).....	59
14	Efecto de la inoculación con dos aislados de HMA y 5 niveles de fósforo, en el peso fresco.....	61
15	Efecto de la inoculación en el peso seco.....	64
16	Efecto de la inoculación en la sobrevivencia.....	67
17	Efecto de la inoculación en el volumen de la raíz.....	70
18	Efecto de la inoculación en la colonización.....	72
19	Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de la localidad de Alpuyeca, Morelos.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Desarrollo y etapas fenológicas del tomate de cáscara (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).....	7
2	Etapas de floración y fructificación del tomate de cáscara (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).....	10
3	Ilustración de la estructura de las hifas de una micorriza.....	23
4	Dinámica del proceso de colonización en raíces de <i>Medicago sativa</i> , por el hongo endomicorrízico arbuscular <i>Glomus mosseae</i>	26
5	Localización geográfica del experimento de campo.....	39
6	Distribución de los tratamientos en campo, alojados en un diseño de bloques al azar con seis repeticiones.....	42
7	Dimensiones de la unidad experimental.....	43
8	Desarrollo de <i>Physalis ixocarpa</i> en campo a los 90 días del trasplante El cultivo se encuentra en plena floración y fructificación.....	46
9	Efecto de la inoculación con HMA en la sobrevivencia de plántulas..	48
10	Efecto de la inoculación con HMA en el peso fresco de plántulas...	50
11	Efecto de la inoculación con HMA en el peso seco de plántulas....	52
12	Efecto de la inoculación con HMA en la altura de plántulas.....	54
13	Efecto de la inoculación con HMA en el volumen de raíz de plántulas....	56
14	Microfotografía óptica (10X) de raíces densamente colonizadas, notándose un desarrollo importante de micelio externo (ME). Las raíces proceden de plántulas de 30 días de crecimiento en almácigo.....	57
15	Microfotografía óptica de una raíz de plántulas de 30 días de crecimiento en almácigo. Se observa el desarrollo del micelio interno con vesículas inter e intracelulares (V1 y V2) e hifas de penetración (HP) que forman apresorios (A).....	58
16	Formación de una hifa de penetración (HP) a partir del tubo de germinación (TG) de una espора (E). Microfotografía óptica 20X.....	58
17	Incremento en colonización obtenido con respecto al tratamiento 1....	60
18	Efecto de la inoculación con HMA y 5 niveles de fósforo en el peso fresco total.....	63
19	Efecto de la aplicación de la fórmula química (INIA-SARH) en el tratamiento inoculado.....	63
20	Efecto de la inoculación con HMA en el rendimiento de materia seca... 66	66
21	Efecto de la inoculación con HMA en la sobrevivencia de las plántulas 69	69
22	Efecto de la inoculación con HMA en el volumen de raíz.....	71
23	Efecto de la inoculación con HMA en la colonización.....	73
24	Distribución de la temperatura máxima, media y mínima diaria, registrada durante el experimento, en las etapas del cultivo.....	75
25	Distribución de la evaporación y precipitación pluvial diaria, registrada durante el experimento, en las etapas del cultivo.....	76
26	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, respecto al porcentaje de sobrevivencia.....	79
27	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización química, en la sobrevivencia de las plántulas.....	80
28	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en la producción total de frutos.....	72
29	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización química, en el rendimiento total de frutos.....	84
30	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en la producción de frutos grandes.....	86
31	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en	

	el rendimiento total de frutos grandes.....	88
32	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en la producción de frutos medianos.....	89
33	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el rendimiento total de frutos medianos.....	90
34	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en la producción de frutos chicos.....	92
35	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el rendimiento total de frutos chicos.....	93
36	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en el rendimiento total de frutos.....	94
37	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el número total de frutos.....	96
38	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en el número de frutos grandes.....	98
39	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos grandes.....	99
40	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en el número de frutos medianos.....	100
41	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos medianos.....	101
42	Efecto de la MA y 4 niveles de fertilización química, en el número de frutos chicos.....	103
43	Efecto de <i>Glomus fasciculatum</i> y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos chicos.....	104

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

1	Variables climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología de la UNAM, correspondientes a los meses de mayo y junio de 1993.....	112
2	Variables climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología correspondientes a los meses de octubre y noviembre de 1993.....	113
3	Variables climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología, correspondientes a los meses de abril y mayo de 1994.....	114
4	Variables climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de mayo de 1994.....	115
5	Variables climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de junio de 1994.....	116
6	Variables climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de julio de 1994.....	117
7	Variables climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de agosto de 1994.....	118
8	Variables climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de septiembre de 1994.....	119
A-1	Resultados de la sobrevivencia obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados.....	120
A-2	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos.....	120
A-3	Resultados del peso fresco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	121
A-4	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso fresco en cada uno de los tratamientos.....	121
A-5	Resultados del peso seco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	122
A-6	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso seco en cada uno de los tratamientos.....	123
A-7	Resultados de la altura obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	124
A-8	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la altura en cada uno de los tratamientos.....	124
A-9	Resultados del volumen de raíz obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	125
A-10	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del volumen de raíz en cada uno de los tratamientos.....	125
A-11	Resultados de la colonización obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados.....	126
A-12	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la colonización en cada uno de los tratamientos.....	126
B-1	Resultados del peso fresco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	127
B-2	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso fresco en cada uno de los tratamientos.....	128
B-3	Resultados del peso seco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	129
B-4	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso seco en cada uno de los tratamientos.....	129
B-5	Resultados de la sobrevivencia obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados.....	130

B-6	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos.....	131
B-7	Resultados del volumen de raíz obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	132
B-8	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del volumen de raíz en cada uno de los tratamientos.....	132
B-9	Resultados de la colonización obtenidos y traformados en cada uno de los tratamientos estudiados.....	133
B-10	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la colonización en cada uno de los tratamientos.....	133
C-1	Resultados de la sobrevivencia obtenidos y traformados en cada uno de los tratamientos estudiados.....	134
C-2	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos.....	135
C-3	Resultados del peso de frutos totales obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	136
C-4	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso de frutos totales en cada uno de los tratamientos.....	136
C-5	Resultados del peso de frutos grandes obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	137
C-6	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso peso de frutos grandes en cada uno de los tratamientos.....	137
C-7	Resultados del peso de frutos medianos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	138
C-8	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso de fruto mediano en cada uno de los tratamientos.....	139
C-9	Resultados del peso de frutos chicos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	140
C-10	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del peso de frutos chicos en cada uno de los tratamientos.....	140
C-11	Resultados del número de frutos totales obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	141
C-12	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del número de frutos totales en cada uno de los tratamientos.....	141
C-13	Resultados del número de frutos grandes obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	142
C-14	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los número de frutos grandes en cada uno de los tratamientos.....	143
C-15	Resultados del número de frutos medianos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	144
C-16	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del número de frutos medianos en cada uno de los tratamientos.....	144
C-17	Resultados del número de frutos chicos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados.....	145
C-18	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias del número de fruto chico en cada uno de los tratamientos.....	145
C-19	Análisis de correlación de algunas de las variables consideradas en el estudio, para la evaluación del rendimiento de fruto y el efecto de la fertilización química en el tomate de cáscara.....	146

RESUMEN

Se plantea, por primera vez, el estudio de *Physalis ixocarpa* Brot., en asociación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA), con el propósito de conocer su grado de dependencia micorrízica y, con ello, evaluar el significado de esta asociación en el mejoramiento de la producción de esta hortaliza en suelos pobres en fósforo.

El estudio consistió de tres experimentos utilizando la variedad Rendidora. El experimento I se estableció, bajo condiciones de invernadero, en semilleros de poliestireno con capacidad de 135 conos. El sustrato consistió de suelo calcimagnésico y arena sílica (1:1), esterilizado con calor húmedo.

Las semillas germinadas se trasplantaron a las cavidades de los semilleros-almácigo, conteniendo el sustrato y 7 g del inóculo. Los aislados micorrízicos fueron: *Glomus spp* 1, *Glomus spp* 2, *Glomus spp* 3 y *Glomus fasciculatum* E₃. Se estableció un diseño experimental completamente al azar, con 16 repeticiones y 5 plántulas para cada una. Los riegos se aplicaron diariamente y, debido a la fertilidad natural baja del suelo, se hicieron 4 riegos con la solución nutritiva Long Ashton.

Las variables de respuesta estimadas fueron: sobrevivencia, pesos fresco y seco, altura, volumen de raíz y colonización. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Tukey (P<0.01 y 0.05).

Los resultados indicaron que los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 2 produjeron incrementos del 108, 26 y 47%, para las variables sobrevivencia, pesos fresco y seco, con respecto a los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 3. En la altura de planta no se detectaron efectos significativos.

Los tratamientos que presentaron los mayores valores de colonización (60 y 57%) y que, además, resultaron altamente significativos, se encontraron al inocular plantas con *Glomus spp* 2 y *Glomus fasciculatum* (E₃), respectivamente, obteniéndose incrementos del 32 y 24%, con respecto a los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 1.

El objetivo del experimento II fue evaluar el comportamiento de *Glomus fasciculatum* (E₃) y *Glomus spp* 1 y el efecto de la aplicación de 0, 2, 4 y 6 ppm de fósforo en la solución Long Ashton, en comparación con la solución nutritiva recomendada por INIA-SARH (1988), para determinar las mejores condiciones para el desarrollo de esta solanácea en almácigo.

La siembra se realizó en una mezcla de paja de arroz, suelo calcimagnésico y arena sílica (1:1:1), en charolas de poliestireno con capacidad de 73 conos. Después de la emergencia, se dejaron 5 plántulas por cono. Los riegos se hicieron por las mañanas en forma manual, fertilizándose con las soluciones nutritivas los días 20, 26 y 28 de octubre y 2 de noviembre. El diseño experimental fue completamente al azar, con 15 tratamientos y 3 repeticiones.

Los resultados indican la existencia de diferencias estadísticas altamente significativas (Tukey $P < 0.01$) en todas las variables de respuesta. Los rendimientos en pesos fresco y seco más altos se obtuvieron al inocular con *Glomus fasciculatum* (E_3) y fertilizar con 6 ppm de P, obteniéndose rendimientos de 18.93 y 1.38 g, respectivamente, mientras que, con el testigo absoluto, se obtuvo una producción de 8.56 y 0.61 g, respectivamente.

La mayor colonización de las raíces (35.12%), se obtuvo al inocular con *Glomus fasciculatum* (E_3) y aplicar la solución mineral de INIA-SARH (1988). Este tratamiento presentó incrementos del 24.3, 18.6, y 2.2%, con respecto a los tratamientos: (a) inoculados únicamente con *Glomus spp 1*; (b) solamente inoculado con *Glomus fasciculatum* (E_3) y (c) los tratamientos inoculados con *Glomus spp 1* y fertilizados con la solución mineral de INIA-SARH (1988).

Durante el período del 23 de mayo al 10 de septiembre de 1994, se estableció un experimento de campo en la localidad de Alpuyecá, Morelos, con el objetivo de estudiar la respuesta del tomate a la inoculación con *Glomus fasciculatum* (E_3) y 4 dosis de fertilización química (00-00-00, 60-20-00, 90-30-00 y 120-40-00), bajo condiciones de temporal; con base en un diseño experimental simple con distribución de los tratamientos en bloques al azar, con seis repeticiones. La unidad experimental se constituyó por cuatro surcos de 3 m de largo y 1 m de separación. Para la evaluación final se tomaron las siguientes variables de respuesta: sobrevivencia, peso fresco de frutos grandes, medianos y chicos, así como el número total de frutos en sus respectivas categorías de tamaño.

Los resultados finales indican que los tratamientos fertilizados con la fórmula 120-40-00, no inoculados, dieron valores más bajos que los inoculados y fertilizados con 90-30-00. Este efecto se notó aún más en: rendimiento total de fruto (12.5 Ton/Ha), rendimiento de fruto grande (2.4 Ton/Ha), rendimiento de fruto mediano (10.0 Ton/Ha), comparados con los valores de 7.9, 1.4 y 6.3 Ton/Ha, respectivamente, obtenidos con el testigo absoluto.

Estos resultados muestran incrementos del 58.1% en el número total de frutos y del 57.2% en número de frutos medianos, con los tratamientos inoculados y fertilizados con 90-30-00, respecto al testigo absoluto.

Sobre la hipótesis planteada en el presente trabajo, los resultados obtenidos, corroboran lo propuesto en relación a que: (1) la micorriza favorece el desarrollo de las plántulas bajo condiciones de almácigo en invernadero, aumentando su viabilidad y resistencia, (2) el efecto positivo de la micorriza se logró tanto con la ausencia como con la aplicación de fertilizantes y, (3) la biofertilización con hongos micorrízicos, combinada con una dosis de fertilización química racionalizada, considerada de nivel medio, permitió incrementar la producción de frutos reduciéndose, con ello, el impacto ambiental que significa el uso excesivo de los agroquímicos.

I INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) fue descrito por primera vez por Linneo en 1735, posteriormente Brottero la sitúa taxonómicamente. Esta especie es originaria de México, aunque se encuentra, en forma silvestre, en una franja que va desde Centro América (Guatemala) hasta California, EUA. (Cárdenas, 1981).

El tomate de cáscara (miltomatl, taxiuhixi, tomatillo, tomate de fresadilla, tomate verde, tulumisi), se conoce en México desde tiempos precolombinos. Los Aztecas lo cultivaban extensamente y lo llamaban "miltomatl", que quiere decir "tomate cultivado", y lo empleaban para confeccionar salsas y guisos, en forma parecida a como se emplea actualmente (INIA-SARH, 1982).

En el estado de Morelos, las hortalizas más importantes que se propagan mediante trasplante son: cebolla, jitomate, lechuga y tomate de cáscara. Cuando éstas son cultivadas en suelos calcimagnésicos, su producción es menor a la media establecida estatal y nacional, debido a la baja fertilidad del suelo, inherente a su origen, que se manifiesta en la insuficiente disponibilidad de algunos nutrimentos, particularmente de fósforo y fierro (Longoria, 1975; Palacios et al., 1990).

Los suelos cultivados, en esta entidad federativa, constituyen una asociación de suelos originados o influenciados por materiales volcánicos y de suelos calcimagnésicos. La principal limitante de los suelos originados por materiales piroclásticos intemperizados es la retención muy elevada del fósforo, que origina una baja disponibilidad de este nutrimento para las plantas (Palacios et al., 1986). Por otra parte, la mayoría de los suelos de naturaleza calcimagnésica, destinados al cultivo agrícola, son clasificados como: Vertisoles éutrico calcáricos, Fhazems calcáreos y Leptosoles rendzínicos (FAO-UNESCO, 1988). Todos ellos arcillosos, algunos pedregosos, pobres en materia orgánica y nitrógeno, con cantidades altas de calcio disponible y, consecuentemente, con una alta capacidad de retención del fósforo (Palacios et al., 1990).

En la mayoría de los suelos calcimagnésicos, la baja disponibilidad de fósforo es un problema, principalmente, en donde el carbonato de calcio induce diferentes formas de inmovilización del ion fosfato que denota una respuesta baja o nula a la fertilización fosfatada, haciéndolo temporal o definitivamente, inaprovechable para la mayoría de las plantas. Al respecto, ha sido ampliamente demostrado el efecto benéfico que puede aportar la micorriza arbuscular (MA) en el desarrollo de las plantas, especialmente, cuando el fósforo constituye un factor limitante en el crecimiento (Palacios et al., 1986, 1987, y 1990; Hayman y Mosse, 1970; Owusu y Mosse, 1979; Nelsen et al., 1981; Manjunath y Bagyaraj, 1981; Khan, 1980). La magnitud del efecto benéfico que la micorriza puede proporcionar a una planta, puede variar según el endófito y la especie o variedad de planta (Palacios et al., 1987; Mosse, 1981; Azcón y Barea, 1980). Además, es importante el papel de la micorriza en el control de algunos fitopatógenos y parásitos radicales, particularmente en la disminución de la incidencia del "Damping off" o "secadera" y de nemátodos radicales debido, en este último caso, a la

presencia de sustancias nematicidas como son la fenilalanina y las serinas (Perrin, 1991; In Strullu, 1991).

II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1.- Objetivos generales.

Desarrollar la metodología para la utilización de los hongos endomicorrízicos arbusculares, con el propósito de mejorar el crecimiento, desarrollo y producción del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot); una de las hortalizas de almácigo económicamente más importantes en la región cálida del estado de Morelos, en la que predominan los suelos calcimagnésicos muy pobres en fósforo.

2.2.- Objetivos particulares.

- Seleccionar endófitos para la inoculación de *Physalis ixocarpa* Brot en condiciones de invernadero (Experimento I).

- Seleccionar las soluciones nutritivas para la inoculación y desarrollo en almácigo (Experimento II).

- Evaluar el efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del tomate de cáscara en campo y bajo condiciones de temporal (Experimento III).

2.3.- Hipótesis.

Con base en los antecedentes experimentales con hortalizas que requieren condiciones de cultivo similares a las de *Physalis ixocarpa* Brot., se espera que la selección de las condiciones de almácigo, que favorezcan el establecimiento de la micorriza en esta hortaliza, permitirán incrementar la producción del tomate de cáscara. En términos generales, se espera que el desarrollo de esta metodología contribuya a mejorar el manejo de esta hortaliza y que, al disminuir considerablemente el uso de fertilizantes, se aumente su rentabilidad y se reduzca el impacto ambiental que significa el uso excesivo de los agroquímicos en los agroecosistemas.

presencia de sustancias nematocidas como son la fenilalanina y las serinas (Perrin, 1991; In Strullu, 1991).

II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1.- Objetivos generales.

Desarrollar la metodología para la utilización de los hongos endomicorrízicos arbusculares, con el propósito de mejorar el crecimiento, desarrollo y producción del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot); una de las hortalizas de almácigo económicamente más importantes en la región cálida del estado de Morelos, en la que predominan los suelos calcimagnésicos muy pobres en fósforo.

2.2.- Objetivos particulares.

- Seleccionar endófitos para la inoculación de *Physalis ixocarpa* Brot en condiciones de invernadero (Experimento I).

- Seleccionar las soluciones nutritivas para la inoculación y desarrollo en almácigo (Experimento II).

- Evaluar el efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del tomate de cáscara en campo y bajo condiciones de temporal (Experimento III).

2.3.- Hipótesis.

Con base en los antecedentes experimentales con hortalizas que requieren condiciones de cultivo similares a las de *Physalis ixocarpa* Brot., se espera que la selección de las condiciones de almácigo, que favorezcan el establecimiento de la micorriza en esta hortaliza, permitirán incrementar la producción del tomate de cáscara. En términos generales, se espera que el desarrollo de esta metodología contribuya a mejorar el manejo de esta hortaliza y que, al disminuir considerablemente el uso de fertilizantes, se aumente su rentabilidad y se reduzca el impacto ambiental que significa el uso excesivo de los agroquímicos en los agroecosistemas.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.- El género *Physalis*.

3.1.1.- Taxonomía y citotaxonomía.

Según Cronquist (1987):

Reino	Vegetal
Subreino	Plantas
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Tribu	Solaneae
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>ixocarpa</i>

Ménzel (1951), citado por Saray (1982), realizó un estudio citotaxonomico del genero *Physalis*, estableciendo que las principales especies de tomate presentan un número cromosómico de $2n=24$. Sin embargo, García (1976) al realizar un estudio citotaxonomico del tomate de cáscara, "milpero" y el cultivado, encontró que ambas formas son una especie diploide $2n=24$, con cromosomas de 2 a 4 micras de longitud, sin diferencias visibles entre los cromosomas de la forma cultivada y los de la silvestre. No obstante, Patil (1967), encontró que *Physalis ixocarpa* Brot tiene un cromosoma accesorio en adición al complemento normal.

Menzel (1951), citado por Saray (1982), ordena a las especies de *Physalis* en seis grupos, a saber: (1) Pubescentes, en donde se coloca a *Physalis pubescens*, *P. barbadensis*, *P. pruinosa*, *P. turbinata*, *P. floridana* y *P. neomexicana*; (2) Angulatae, con las especies *P. wrightii*, *P. lanceifolia*, *P. angulata* y *P. pendula*; (3) Philadelphica, que incluye a *P. ixocarpa*, *P. philadelphica*, *P. longifolia*, *P. texana* y *P. macrophysa*; (4) Lanceolate, que considera a *P. lanceolata*, *P. pumila*, *P. virginiana*, *P. arenicola*, *P. ciliosa* y *P. subglabrata*; (5) Heterophyllae, con *P. peruviana*, *P. heterophylla*, *P. comata*, *P. heteraefolia*, *P. rotundata* y *P. muriculata*; (6) Viscosae, al que pertenecen *P. mollis*, *P. viscosa*, *P. muscomulata*, *P. fendleri*, *P. angustifolia* y *P. allottia*.

3.1.2.- Descripción botánica.

Planta herbácea, anual, de 40 a 120 cm o más de altura (dependiendo de los hábitos de crecimiento), con hojas alternas, ovadas (Gajón, 1956; Martínez, 1959; Dana, 1964; García, 1976; Saray, 1977; citados por Verdejo, 1987; INIA-SARH, 1982).

Raíz típica o columnar, con ramificaciones secundarias que pueden profundizar hasta 60 cm o más. En sistemas de plantación directa es pivotante. Bajo el sistema de trasplante, sufre una modificación transformándose en fibrosa y de poca penetración en el suelo (Fernández et al., 1982; citados por Cartujano, 1984 y Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).

Tallo erecto o semierecto, rastrero, estriado; herbáceo o ligeramente leñoso en la base, de 0.90 a 1.20 m de altura; ramas primarias de 0.8 a 1.3 cm de diámetro. En los primeros días de vida presenta pelos esparcidos en el tallo, hojas y ramas, los cuales se pierden a medida que van creciendo; sus ramas llegan a extenderse hasta 1 m de longitud.

Hojas compuestas, erectas, alternadas, de forma ovalada de 5 a 10 cm de largo por 4 a 10 cm de ancho; base atenuada, ápice agudo, con márgenes irregulares dentados pero, por lo general, presentan 6 dientes por cada lado, hojas cuyo peciolo va de 4 a 6.5 cm de largo (García, 1975; Saray, 1977; citados por Verdejo, 1987).

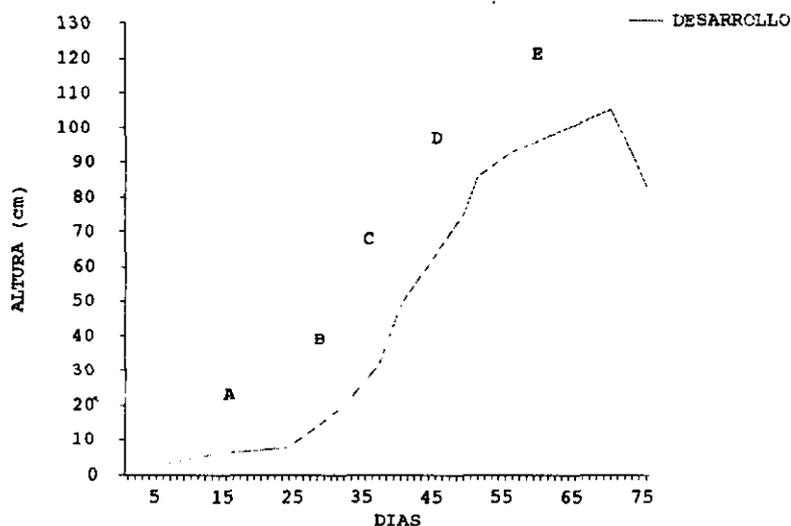
Flores bisexuales, perfectas o hermafroditas; solitarias, pequeñas, pentámeras, con bordos de color amarillo brillante; la garganta produce cinco puntos de color café-negro; las anteras son amarillentas; la corola de 1.0 a 2.69 cm de diámetro; su color es amarillo aunque, algunas veces, es púrpura y descolorido en el centro; campanulada o circular; lóbulos plegados; estambres insertados en la base de la corola; el estigma presenta dos hendeduras, casi bilobulado (Saray y Loya, 1977; INIA-SARH, 1982).

El fruto es una baya amarilla o verduzca, poco más o menos viscosa, de tamaño variable, de 1 a 6 cm de diámetro, y de sabor ácido o dulce. El cáliz mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6.0 cm de ancho, con 10 costillas (nervaduras) que, en algunos casos, son de color morado pero, en general, son del mismo color que el fruto. Los pedicelos miden de 0.6 a 1 cm de largo (García, 1976; Saray, 1977, citados por Verdejo, 1987 e INIA-SARH, 1982).

3.1.3.- Fisiología.

Es poco lo que se conoce sobre esta hortaliza, consecuentemente, hay muy poca información al respecto. Saray (1977), citado por Saray (1982), obtuvo alguna información preliminar sobre esta planta en el estado de Morelos, durante el ciclo verano-otoño, lo cual constituye un aporte muy importante para el mejor conocimiento de esta especie.

En la figura 1, se puede apreciar su desarrollo y etapas fenológicas.



- A = Yemas florales
- B = Inicio de la floración
- C = Inicio de la fructificación
- D = Cuajado de los frutos
- E = Cosecha

Figura 1. Desarrollo y etapas fenológicas del tomate de cáscara (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).

3.1.3.1.- Crecimiento y desarrollo.

La planta tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días, desde la siembra a la senectud. La germinación de la semilla es homogénea y, aún cuando la cubre un mucílago, no presenta letargo (Mera, 1987). Una vez germinada la semilla, el desarrollo de la fase vegetativa es corto, la plántula inicia un crecimiento de manera lenta, aproximadamente, 1 cm diario. Posteriormente, poco más o menos, a los 24 días, el crecimiento se acelera, y se estabiliza alrededor de los 56 días. En esta etapa es cuando alcanza una altura de 90 cm, aproximadamente. La planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar más de 1 m; esto sucede, en promedio, a los 70 días. Después, la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte.

3.1.3.2.- Floración y polinización.

Se ha observado que la diferenciación de las yemas florales se inicia, aproximadamente, entre los días 17 y 20 después de la siembra. La planta produce gran número de brotes que no llegan a ser flores debido a que,

generalmente, se caen (Mera, 1987). La aparición de las primeras yemas ocurre a los 28 ó 30 días, y continua floreciendo hasta su muerte. Una vez que se inicia la floración, sobreviene una gran producción de flores, de tal forma que, aproximadamente, a los 52 días se tienen 125 flores por mata.

Las flores, normalmente, abren antes de que las anteras inicien su dehiscencia. En días normales, usualmente, abren entre 8 y 10 de la mañana. Los síntomas que manifiesta un botón floral, un poco antes de abrir, son que los lóbulos se hinchen considerablemente y los pétalos y el estigma se asomen sobre el cáliz.

Las anteras no abren uniformemente sino que, normalmente, pasan de 2 a 4 días entre la dehiscencia de la primera a la de la quinta antera. La dehiscencia se realiza en forma lateral y a lo largo de la antera, la cual se abre gradualmente de la punta a la base, para liberar el polen y, posteriormente, las paredes de las anteras se enroscan hacia atrás. El polen es de color amarillo-crema o blanco.

En esta planta no es posible la autofecundación, debido a la incompatibilidad gametofítica que presenta (Pandey, 1957, citado por Saray, 1982), la cual es dada por dos genes con múltiples alelos. Por tanto, se comporta como una alógama con polinización entomófila realizada por abejas. Saray en 1977 (citado por Verdejo, 1987), al observar la polinización, logra determinar cuatro diferentes comportamientos de la flor. La flor, una vez polinizada, se cierra y no vuelve a abrirse, sino que comienza a marchitarse para después caer. A continuación se describen estos comportamientos:

1.- Abre la flor, si ésta fue polinizada y fecundada, en la tarde se cierra. Al segundo día de haber abierto permanece cerrada con los pétalos marchitos para que, al tercer día, los tire y comience la transformación del ovario en fruto.

2.- Abre la flor, si ésta no fue polinizada cierra en la tarde o permanece semiabierta. Al segundo día, polinizada y fecundada, cierra en la tarde, para permanecer cerrada y con los pétalos marchitos todo el tercer día. Al cuarto día tira la corola.

3.- Abre la flor, si no fue polinizada, cierra en la tarde. Al segundo día permanece abierta, se poliniza y cierra en la tarde para que, al tercer día de haber abierto tire la corola.

4.- La flor abierta, si no es polinizada se cierra en la tarde para que, al segundo día, vuelva a abrirse pero no completamente. Si es polinizada, cierra en la tarde, pero al tercer día amanece cerrada o semiabierta, continuando así todo el día. El cuarto día permanece con los pétalos cerrados y comienzan a marchitarse, para que al quinto día tire la corola.

Los casos 2 y 4 son los mas comunes. Pero, en general, una vez polinizada, la flor se cierra y no vuelve a abrirse, y comienza a marchitarse hasta caer (Saray 1977, citado por Verdejo, 1987).

3.1.3.3.- Fructificación.

El cuajado de los frutos (flores polinizadas o fecundadas que tiraron la corola y los estambres, cuyo ovario ha iniciado su transformación en fruto), se inicia a los 35 días. A los 42 días se inicia una etapa llamada, comúnmente, de formación de cascabel (inicio de la fructificación), que no es otra cosa que un fruto pequeñito bien definido, en proceso de desarrollo.

Inmediatamente después de que la corola cae, el ovario y el cáliz comienzan a elongarse. Posteriormente, este último comienza a envolver el fruto joven y se alarga a su máximo tamaño antes de que el fruto madure. El fruto de tomate es una baya que crece lentamente y adquiere su forma característica. Algunos frutos solo llenan la bolsa que los cubre pero, la gran mayoría la rompen (Saray y Loya, 1977; Saray *et al.*, 1978; Saray, 1982). Del total de flores producidas por una planta, solo el 40% se fecundan y fructifican ("cuajan") y, de éstas, sólo el 28 ó 30% llegan a cosecharse en su madurez. Es decir, de 50 frutos solo 14 ó 15 son cosechados.

Normalmente, del inicio de la fructificación a la madurez de los frutos, transcurren de 20 a 22 días. La producción comercial de una planta se obtiene entre el cuarto y séptimo entrenudo. Sin embargo, en plantas con un buen desarrollo, la producción comercial se puede presentar hasta en el décimo entrenudo.

Existe cierta relación entre el peso promedio por fruto y número de frutos, con determinado carácter de la planta. El número de frutos por planta es de 14, obteniéndose un promedio de 7 para planta erecta amarilla, y 19 frutos por planta para el tipo rastrero y erecto verde. El peso promedio del fruto es de 33.3 g, siendo para el tipo rastrero amarillo de 40.2 g por fruto, y de 22.8 g por fruto para el tipo erecto verde.

Al clasificar la producción de la variedad Rendidora, se tiene que un 35% es de fruto grande (mayor de 4.5 cm de diámetro) y un 36% corresponde al fruto mediano (de 3 a 4.5 cm de diámetro).

Aproximadamente, un 83% de la producción corresponde a frutos que "llenan completamente la bolsa", o sea, frutos cubiertos por el cáliz (Saray y Loya, 1977).

En la figura 2 se aprecian las etapas de floración y fructificación para esta especie (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).

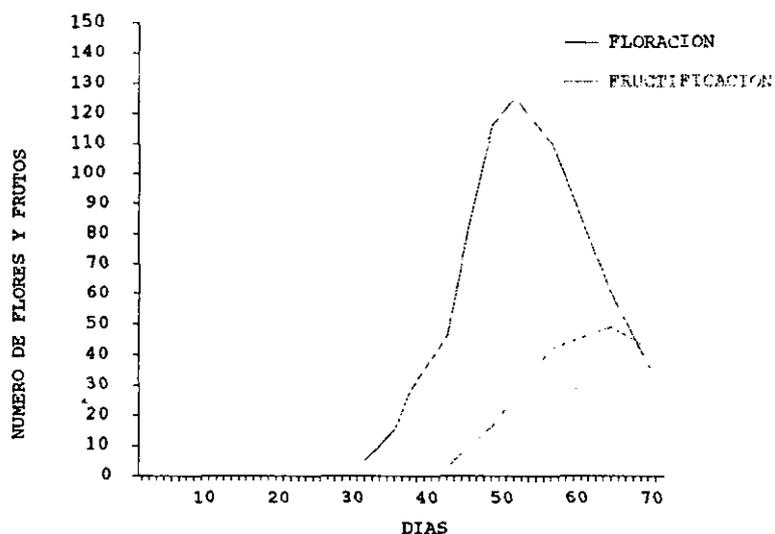


Figura 2. Etapas de floración y fructificación del tomate de cáscara (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987).

3.1.3.4.- Cosecha.

Saray y Loya (1977), indican que, en el tomate de cáscara, el número de cortes varía de 4 a 6, dependiendo del vigor y de la carga de la planta. El primer corte debe hacerse cuando hayan madurado los 3 ó 4 primeros frutos en la mayoría de las plantas lo cual, generalmente, ocurre de los 55 a los 70 días después de la siembra. A este respecto, Saray et al. (1977), menciona que la maduración de los frutos ocurre de abajo hacia arriba de la planta, y que este proceso se inicia a los 50 días después de la siembra y se completa a los 65 días, dando un total de 6 cortes. Sobre el mismo particular, Mera (1987) indica que, por las características del cultivo, la cosecha debe hacerse manualmente, realizando cortes en cuatro ocasiones. Sin embargo, Cárdenas (1981) menciona que el agrupamiento de cortes depende de la importancia que les de a estos el agricultor. Pero, por lo general, el primer corte se realiza cuando en la planta se tienen de uno a dos frutos maduros. El número de cortes varía de cuatro a seis o más, dependiendo del manejo. Después del primer corte, el agricultor considera al cultivo en plena producción y, con excepción del último, considera a los demás cortes de mucha importancia. Cárdenas (1981), también encuentra que la agrupación de los "cortes precosecha" son de igual valor relativo que los de la cosecha.

3.1.3.5.- Variedades.

A la fecha, se han realizado muy pocos estudios sobre

mejoramiento genético del tomate de cáscara con la finalidad de obtener variedades de alto rendimiento. Al respecto, Montes (1989) menciona que en nuestro país existen muchas variedades locales o criollas. Saray y Loya (1977) recomiendan las variedades Rendidora, Zamex, Nova y Estrella, cuyos rendimientos superan a las que se siembran actualmente.

Esta planta tiene una gran variedad genética de tipos o especies y frutos; encontrándose plantas rastreras, semirastreras, y aún erectas, con colores de frutos que varían del amarillo al verde en distintas tonalidades hasta el color morado (Saray y Loya, 1977; Saray *et al.*, 1978; Cárdenas, 1981).

En el estado de Morelos, se siembran grandes superficies al año con variedades criollas, las cuales han sido seleccionadas por los mismos agricultores, de acuerdo con sus gustos particulares. Sin embargo, su rendimiento promedio por hectárea no pasa de 15 toneladas (Saray *et al.*, 1978).

Es probable que no sólo en el estado de Morelos se siembren variedades criollas, sino en todo el país, ya que las variedades mejoradas han sido seleccionadas y liberadas recientemente en Zacatepec, Morelos (Cárdenas, 1981; Montes, 1989).

3.1.4.- Factores edafoclimáticos.

Este cultivo requiere suelos arcillo-arenosos, en regiones con un temporal que brinde suficiente agua para su desarrollo, o con disponibilidad de riego, en suelos que no retengan demasiada humedad (Gajón, 1956, citado por Verdejo, 1987). Saray y Loya (1978), mencionan que el cultivo no se recomienda en suelos delgados, ya que presentan muchos problemas para el desarrollo de las plantas.

El pH adecuado para el desarrollo de esta planta varía de 5.0 a 7.0. Desarrollándose predominantemente en suelos con tendencia neutra o ligeramente ácida.

Las temperaturas altas y bajas perjudican al cultivo. Las altas provocan la incidencia al ataque del "chino" causada, posiblemente, por micoplasmas.

Las temperaturas óptimas que requiere el tomate son de 20 a 22° C. Su crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25° C; con temperaturas de 30° C, el crecimiento disminuye. Sin embargo, éste puede cesar hasta los 40° C. Durante la floración se requieren temperaturas de 30 a 32° C; a temperaturas mayores de 32° C se puede provocar la deshidratación del tubo polínico, lo cual puede causar una polinización incompleta y frutos mal formados.

Las etapas en las cuales la humedad es crítica son: la germinación y la emergencia. La planta requiere, además, mucha agua en el trasplante. En el resto del ciclo, incluyendo la floración, necesita de un 60% de la capacidad de campo. En sequía, tiende a emitir flores rápidamente; se

acelera la maduración y, consecuentemente, los frutos son pequeños, escasos y algunos se deforman tomando sabor ácido (Saray, 1977, citado por Verdejo, 1987).

3.1.5.- Labores culturales.

3.1.5.1.- Preparación del terreno.

Para lograr el éxito deseado en el cultivo, es indispensable hacer una buena preparación del terreno la cual depende, en gran parte, del cultivo del ciclo anterior. Es necesario realizar un barbecho profundo, de 25 cm, aproximadamente, seguido de una "cruza", si se considera conveniente. Posteriormente, deben darse los pasos de rastra necesarios para dejar el suelo mullido, con el fin de lograr un adecuado desarrollo radical.

3.1.5.2.- Surcado.

Al efectuar el surcado, se recomienda que la distancia entre surcos sea de un metro, ya que en distancias menores, a pesar de tener mayor densidad de población, no se consigue un incremento significativo en la producción.

3.1.5.3.- Métodos de siembra.

La siembra se puede hacer mediante dos métodos:

a).- Siembra directa. En este método, se utilizan 3 kg de semilla por hectárea, depositando de 10 a 20 semillas por mata. Se recomienda que la distancia entre matas sea de 50 cm.

b).- Siembra de trasplante. En este método, se utiliza medio kilogramo de semilla que sembrada en un almácigo de 40 metros cuadrados, es suficiente para obtener plantas para una hectárea, colocándose de 1 a 2 plantas por mata (conjunto de plantas que se desarrollan en cada punto de siembra). Lo importante de este método es que la plántula debe trasplantarse al terreno definitivo, cuando ésta tenga una altura aproximada de 8 y no mayor de 10 cm, ésto lo alcanza a los 15 ó 18 días de sembrada, en verano, y de 18 a 21 días en siembra de invierno.

3.1.5.4.- Época de siembra.

En el estado de Morelos, se siembra en diferentes épocas del año, observándose que las más convenientes para la región de Zacatepec, son las siembras efectuadas desde la segunda quincena de mayo hasta mediados de diciembre. Las siembras realizadas fuera de este período se ven afectadas por una enfermedad conocida como "chino", la cual disminuye considerablemente los rendimientos y, en ocasiones, la pérdida puede ser total.

3.1.5.5.- Labores de cultivo.

Cuando se realiza la siembra directa es necesario hacer un aclareo cuando las plántulas tienen entre 8 y 10 días de haber brotado, dejando de 3 a 4 de éstas por mata a fin de evitar un crecimiento raquítico o el hilamiento y su consecuencia, es decir, el acame de las mismas. Cuando se estime que la planta se ha establecido definitivamente (20 a 30 días) en el terreno, debe hacerse un segundo aclareo, dejando solamente 2 plantas por mata, seleccionando las más vigorosas.

Después del trasplante, generalmente, aparece la pérdida de cierto número de plantas, las cuales deben ser restituidas en los primeros 5 días, con el objeto de tener una densidad de población adecuada.

3.1.5.5.1.- Desyerbas.

Deben efectuarse después del primer aclareo (8 a 10 días después del trasplante o cuando se considere necesario), para evitar la competencia de la maleza por tomar los nutrimentos; las desyerbas son indispensables para el buen desarrollo del cultivo.

Alrededor de los 30 días, se recomienda dar un paso de cultivadora con el propósito de eliminar la maleza. Se recomienda desmenuzar el suelo y evitar que se formen terrones que dificultan el "despacho" (acción de adicionarle suelo a las plantas con el arado), el cual debe realizarse inmediatamente después de pasar la cultivadora, ya que de esta manera se consigue tapar el fertilizante y arrimar tierra para proporcionar un buen sostén a la planta (Saray y Loya, 1977).

3.1.5.5.2.- Envarado.

Debido a que estas variedades tienen un desarrollo vegetativo muy grande, al no haber ningún soporte que las mantenga en pie, caen y sufren malformaciones y la pudrición de los frutos al quedar en contacto con el suelo, por lo que se sugiere utilizar el sistema de envarado. Este consiste en poner una vara cada 3 metros y tres hilos de alambre con una separación de 20 cm entre hilos en las cuales se entreveran las ramas de las plantas, dependiendo del tamaño de la planta en su desarrollo (Serrano, 1978; Folquer, 1979; citados por Verdejo, 1987).

3.1.5.6.- Riegos.

En lo que respecta a riegos, no se puede establecer un calendario similar para las diferentes localidades, ya que las necesidades de agua de la planta depende de algunos factores, como la textura del suelo y temperatura. Sin embargo, es conveniente aplicar los riegos oportunamente para conseguir un buen desarrollo, debiendo procurarse que el intervalo de tiempo entre riegos permita que el terreno quede en condiciones apropiadas de trabajo.

3.1.5.7.- Fertilización.

Saray y Loya (1977); e INIA-SARH (1988), indican que se obtienen buenos resultados cuando se aplica la dosis 120-40-00 en dos etapas. La primera aplicación debe hacerse con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, o sea la fórmula 60-40-00, al momento del trasplante o siembra directa. En caso de que por algún motivo no se fertilice al momento de la siembra o trasplante, cuando más tarde, debe hacerse a los 8 ó 10 días. La segunda aplicación con lo que resta de nitrógeno, o sea la fórmula 60-00-00, deber hacerse de los 15 a los 20 días después de la primera aplicación.

3.1.5.8.- Plagas y enfermedades.

Son varias las plagas que atacan a este cultivo, entre las que destacan, principalmente por su importancia: pulga saltona (*Epitrix cucumeris* Harris); gusanos trozadores (*Feltia spp* y *Agrostis spp*); minador de la hoja (*Liriomyza sp*); gusano del fruto (*Heliothis suflexa* Gueneé); mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West.) y el mayate del tomate de cáscara (*Lema trilineata* Olivier), entre otras.

Las enfermedades del tomate de cáscara, más generalizadas en el estado de Morelos son: la "cenicilla" (*Oidium spp*), "el chino" (Curly Yellow Leaf) y el "Damping-off" o "Secadera" (*Phytlum sp*, *Rhizoctonia sp*, *Fusarium sp* y *Phytophthora sp*).

3.1.5.9.- Generalidades sobre el rendimiento de este cultivo.

Cárdenas (1981), al estudiar algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara, encontró que la variedad Rendidora supera a la Criolla en rendimiento de frutos de todos tamaños, de rezaga y totales, y en producción de frutos de mayor peso. Asimismo, la precosecha es de igual valor relativo que la cosecha en cuanto a número, rendimiento y peso promedio de frutos grandes por planta. Encontró, además, que el peso promedio de los frutos se reduce a medida que se aumenta el número de los cortes, observando que las plantas tienden a producir mayor número de frutos grandes en el primer corte; medianos en el segundo; y chicos en el tercero y cuarto. De igual manera, tienden a producir mayor número de frutos grandes y medianos en los dos primeros cortes, y medianos y chicos en los últimos dos.

Por otro lado, Say y Miranda (1986), al estudiar el efecto del corte de precosecha (calentamiento), en el rendimiento y precocidad del tomate de cáscara, con la finalidad de conocer la influencia del calentamiento sobre la maduración, rendimiento y calidad del fruto, utilizando las variedades Mor-26, Mor-37, Rendidora y Criolla del Valle de México, para las condiciones de clima y suelo de Zacatepec, Morelos, encontraron que la práctica de precosecha (calentamiento), no incrementa el rendimiento total comercial, ni favorece la formación de frutos de tamaño grande. Además, si sólo se le da un corte cuando maduran todos los frutos, el rendimiento decrece hasta en un 40%.

El fruto contiene sales de fierro, de calcio y de fósforo y varias vitaminas, sobresaliendo la vitamina "C", como se muestra en el análisis general de este fruto (cuadro 1) (Souza, 1950; Ostrizcka et al., 1988).

Cuadro 1. Análisis general del fruto.

Humedad (%)	92.36
Extracto etereo (grasas) (%)	0.68
Fibra cruda (celulosa) (%)	1.33
Ácidos (%)	0.40
Materia seca (%)	7.80
Proteínas (% de materia seca)	15.70
Carbohidratos totales asimilables	4.05
Azúcar simple (%)	1.45
Oligosacáridos (%)	2.82
Azúcar total (%)	4.27
Azúcar total/ácidos (%)	10.67
pH	4.30
Vitaminas	
Vitamina C (mg/100 mat. seca)	11.80
Vitamina P (mg/100 mat. seca)	1.30
Caroteno (mg/100 mat. seca)	0.03
Tiamina (mg/100 mat. seca)	0.08
Riboflavina (mg/100 mat. seca)	0.04
Niacina (mg/100 mat. seca)	2.05
Minerales	
Na (μ g/g mat. seca)	285.00
P (μ g/g mat. seca)	23.66
K (μ g/g mat. seca)	285.00
Ca (μ g/g mat. seca)	20.33-307
Mg (μ g/g mat. seca)	1125.00
Cu (μ g/g mat. seca)	15.00
Fe (μ g/g mat. seca)	2.81-61.3
Zn (μ g/g mat. seca)	166.30
Cenizas (%)	0.71-7.80

3.2.-Algunas características de los suelos calcimagnésicos de la región.

Son suelos residuales, formados sobre materiales calcáreos como calizas y areniscas carbonatadas, o detritus calcareos de varias rocas principalmente de naturaleza básica como el basalto. Sus propiedades físicas y químicas, tan particulares, se deben a su alto contenido de calcio y magnesio. Poseen un horizonte superficial con reacción alcalina, neutra o, a veces, ligeramente ácida.

La profundidad de los suelos puede variar desde menos de 20 cm hasta más de 2 m. Con frecuencia, carecen de horizonte de iluviación; algunos son pobres en materia orgánica y, generalmente, presentan colores de gris claro a negro. La clasificación de estos suelos ha ofrecido dificultades;

algunos autores los han clasificado dentro del grupo de las Rendzinas. No obstante, según la clasificación más reciente hecha por FAO-UNESCO, 1988, algunos de estos suelos podrían considerarse como Phaeozem éútrico calcáreo y, los más someros, como Leptosoles rendzínicos.

Trabajos recientes, sobre suelos de esta área, indican que éstos tienen, entre otras características, una capacidad muy alta de retención del fósforo la cual, tomando en consideración su origen, se relaciona con cantidades muy elevadas de calcio libre. Esta característica y el escaso desarrollo, en algunos, constituyen las principales limitaciones en la productividad de estos suelos (Palacios *et al.*, 1990).

3.3.- Nutrientos.

Con excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el desarrollo de las plantas en el campo como el fósforo. La limitación de este elemento es doblemente perjudicial, pues le impide a las plantas el aprovechamiento de otros nutrientes. Por esta razón, la absorción del nitrógeno por la planta depende, indirectamente, de la reserva del fósforo en el suelo (Buckman y Brady, 1966).

En algunos trabajos de investigadores australianos, se señala que la proporción N:P está estrechamente ligada a la mineralización e inmovilización del fósforo, y sugieren que la disminución del suministro de uno de ellos tiene, como consecuencia, un aumento en la mineralización del otro. Así, por ejemplo, si el nitrógeno fuera limitante, el fósforo inorgánico podría acumularse en el suelo y, por consiguiente, la formación de materia orgánica sería inhibida. La adición de nitrógeno como fertilizante, bajo tales condiciones, daría por resultado la inmovilización no sólo de parte del fósforo inorgánico acumulado sino, también, de una parte de nitrógeno aplicado como fertilizante (Tisdale y Nelson, 1966).

3.3.1.- La importancia del fósforo como nutriente.

El fósforo es un macronutriente esencial para las plantas. Aunque interviene en proporción inferior al nitrógeno, su importancia en la fisiología de la planta es extraordinaria como elemento plástico y funcional, indispensable en la formación, crecimiento y multiplicación de las células.

Este elemento se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos (constituyentes importantes de las membranas celulares), lecitina, de las coenzimas NADP y NAD; en los que es especialmente importante como parte integrante del ATP, relacionado íntimamente con los procesos energéticos de las plantas, en donde la oxidación gradual de la glucosa a CO₂ y H₂O, libera porciones de energía a medida que hay transferencia eléctrica de un agente redox a otro con un valor más alto en el cual, aproximadamente, el 40% de la energía liberada es recogida por la célula en forma de energía de enlace químico (ATP), y el resto se pierde como calor.

El fósforo interviene en la formación de los órganos reproductores de las plantas. Por esta razón, su contenido en los frutos y semillas, cubiertos, es elevado. Intervienen también, en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, y en la fotosíntesis, respiración y fermentación. Tiene, además, un papel importante en la asimilación de N-nítrico y en la conveniente regulación del pH en la célula. Influye en el desarrollo radical, en los procesos de maduración y germinación de las semillas y en la maduración de los frutos. Está asociado a la fijación del nitrógeno, la síntesis de las proteínas y amacollamiento de las gramíneas (León, 1984).

3.3.2.- Formas de fósforo en el suelo.

El fósforo es relativamente estable en los suelos. Su estabilidad resulta de una baja solubilidad lo que, a veces, causa deficiencias en su disponibilidad para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo (Fassbender y Bornemisza, 1987).

El fósforo constituye 0.12% de la corteza terrestre. Se conocen cerca de 150 minerales que contienen más de 0.44% de fósforo (1% de P_2O_5).

El contenido total de fósforo en el suelo es relativamente bajo. En suelos minerales, de áreas templadas, el contenido de fósforo total varía entre 0.02% y 0.08% (200 a 800 mgKg^{-1}) y, en promedio, gira alrededor de 0.05% (500 mgKg^{-1}). El contenido de fósforo disponible en los suelos de áreas tropicales es muy variable, encontrándose valores desde 0.013% hasta 0.1725% (García, 1963; Ahmad y Jones, 1967; citados por Fassbender y Bornemisza, 1987). En cuanto al fósforo total, se ha informado sobre valores extremos de 18 mgKg^{-1} de suelo en Oxisoles y Ultisoles de Venezuela y de 3300 mgKg^{-1} de suelo, en el caso de los derivados de cenizas volcánicas de América Central (Westin y Brito, 1969; Chaverri, 1958; Fassbender, Muller y Balerdi, 1968; citados por Fassbender y Bornemisza, 1987). Las grandes proporciones en el contenido de fósforo total se deben a la heterogeneidad de las rocas parentales, al desarrollo de los suelos y a otras condiciones ecológicas y edafológicas como la textura de los suelos, tanto en áreas de clima templado como tropical, ya que cuanto más fina es su textura, mayor es el contenido de fósforo total. Además, de manera general, el contenido de fósforo total disminuye con la profundidad del suelo, lo que es aplicable por la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos (Fassbender y Bornemisza, 1987).

La cantidad total del fósforo en la capa arable varía de 0.01 a 0.15% con un promedio de 0.06% (León, 1984).

El fósforo se presenta en el suelo casi exclusivamente como ortofosfato, y todos los compuestos son derivados del ácido fosfórico (H_3PO_4). Los fosfatos en el suelo pueden ser inorgánicos y orgánicos.

En los fosfatos orgánicos, uno o más hidrógenos del ácido fosfórico dan origen a enlaces estéricos, y el resto puede ser reemplazado por cationes. La participación del fósforo orgánico en el fósforo total, generalmente, varía

entre 25 y 75%; en casos extremos, estos límites pueden extenderse desde tres hasta 85 por ciento. Con frecuencia, la fracción orgánica del fósforo total alcanza porcentajes elevados. Así, en suelos ácidos de regiones húmedas la mayor parte de la totalidad de este elemento se encuentra en forma orgánica y en suelos altamente intemperizados, hasta un 80% del total. En Andosoles, fracciones altas hasta de 90% del total y en Vertisoles, generalmente, hasta dos tercios del total. En suelos recientes es muy variable pero, comúnmente, se presenta en proporciones medianas.

De acuerdo con la estructura química, en la materia orgánica existen cinco tipos principales de compuestos fosfatados: fosfolípidos, ácidos nucleicos, fosfatos metabólicos, fosfoproteínas y fosfatos del ácido inositolhexasfosfórico. La fracción principal está formada por los del quinto grupo, los que llegan a constituir el 50% del fósforo orgánico; en algunos suelos, esta proporción alcanza hasta el 75%. El inositol forma con el fósforo un ester denominado fitina, las sales de esta última, fitatos de Ca, Fe y Al, son los compuestos más comunes. Los ácidos nucleicos son fácilmente mineralizables (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Para caracterizar el fósforo orgánico se utiliza la relación C:N:P orgánico. Esta relación es muy variable. Black y Goring (1953), citados por Fassbender y Bornemisza, (1987), indican que el promedio es de 110:9:1.

En los fosfatos inorgánicos, los iones hidrógeno del ácido fosfórico se reemplazan por cationes, formando sales. Entre los fosfatos inorgánicos se pueden distinguir formas químicamente bien definidas o cristalizadas, y otras no bien cristalizadas o amorfas, como los fosfatos adsorbidos y presentes en la solución del suelo.

Entre los fosfatos cristalinos se considera a los cálcicos, a los aluminicos y a los férricos. Entre los primeros, son de importancia: el fosfato monocálcico, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$; el fosfato dicálcico, CaHPO_4 ; y sus formas hidratadas $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; las hidroxiapatitas, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ y sus variantes fluorada y carbonatada. Entre los segundos se destacan: el fosfato aluminico, (variscita, $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y los fosfatos férricos o ferrosos (vivianita, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, y estrengita, $\text{Fe}_4\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Existen, también, algunos fosfatos cristalinos complejos, derivados de la transformación de fertilizantes, como taranakitas, fosfatos octacálcicos, gorceixita y otros.

Por otro lado, se deben considerar formas químicamente no bien definidas, no bien cristalizadas o amorfas, como los fosfatos adsorbidos al complejo coloidal y los ocluidos en los hidróxidos de Al, Fe y Mn a través de su proceso de cristalización o crecimiento. Estos fosfatos se denominan, generalmente, fosfatos ocluidos o inertes (Fassbender y Bornemisza, 1987).

3.3.3.- Absorción por las plantas.

El fósforo es absorbido por las plantas, sobre todo como iones ortofosfato primarios o secundarios H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , que se encuentran en la solución del suelo. Los cuales pueden, también, ser absorbidos en cantidades muy pequeñas como fosfato orgánico soluble. Sin embargo, los compuestos

orgánicos acaban siendo descompuestos, por lo cual el fósforo queda libre en forma inorgánica y es fácilmente asimilado por la planta. La concentración de estos iones en la solución del suelo y su mantenimiento, son de importancia primordial para el crecimiento de las plantas.

Dentro de las formas inorgánicas, en general, son más asimilables las solubles en agua; sin embargo estas son rápidamente insolubilizadas después de su aplicación al suelo. Esto se debe a las innumerables reacciones del fósforo en el suelo, ya que su comportamiento aún no es bien conocido. Algunas de las reacciones importantes, por ser limitativas de la absorción de este elemento por las plantas, son las que quedan ligadas a la fase sólida del suelo, y que Dean en 1942 (citado por León, 1984) definió como fijación de fósforo.

3.3.4.- Factores que controlan la asimilación de los compuestos inorgánicos de fósforo en el suelo.

El aprovechamiento del fósforo inorgánico por las plantas está determinado, en alto grado, por la forma iónica de este elemento. La cual, a su vez, viene determinada por el pH de la solución en que dicho elemento se encuentre. Por ello, en condiciones de gran acidez, predomina la forma monovalente $H_2PO_4^-$ mientras que la divalente HPO_4^{2-} , se encuentra en valores de pH intermedios, y la forma trivalente PO_4^{3-} se encuentra en condiciones alcalinas (León, 1984). Estas condiciones propician que, en la mayor parte de los suelos se presenta $H_2PO_4^-$ en su fase acuosa (Fassbender y Bornemisza, 1987).

La disponibilidad del fósforo en el suelo está determinada por los siguientes factores: (1) por el pH del suelo; (2) contenidos elevados de Fe, Al y Mn; (3) exceso de Ca asimilable; (4) por la cantidad de materia orgánica descompuesta; y (5) por la actividad de los microorganismos.

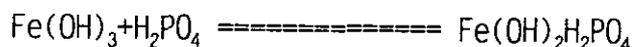
3.3.5.- Retención del fósforo por los suelos.

Muchos suelos tienen la propiedad de fijar el fósforo cuando éste se agrega en forma de fertilizante. Los clasificados como andosoles, en ocasiones, llegan a fijar hasta un 90 ó 95% del fósforo aplicado. Por ello, la fijación o retención del fósforo en el suelo se puede definir como el proceso o procesos mediante los cuales las formas de ciertos elementos químicos, esenciales para el desarrollo de las plantas, son transformadas de una forma soluble a otra mucho menos soluble o intercambiable, al reaccionar con algunos componentes inorgánicos y orgánicos del suelo, restringiéndose su movilidad y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas (Buckman y Brady, 1966; León, 1984). Aproximadamente, el 82% de los suelos agrícolas del trópico americano presentan deficiencia de fósforo (Sánchez y Salinas, 1981; citados por Fassbender y Bornemisza, 1987).

1.- En suelos calcáreos alcalinos, los iones PO_4^{3-} parecen ser precipitados como fosfatos de Ca y Mg, relativamente insolubles, o como sales dobles de calcio $Ca_3(PO_4)_2$, $CaCO_3$ ó $Ca(PO_4)_2 \cdot CaF_2$. Estas formas son consideradas aún menos solubles que los fosfatos de Ca y Mg. El calcio puede

reaccionar con las tres formas del ion fosfato para dar las tres sales correspondientes: fosfato monocálcico $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, fosfato dicálcico CaHPO_4 y fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Gracias a su solubilidad en agua, el fosfato monocálcico representa una forma de fósforo absorbible para la planta. Por otra parte, el fosfato dicálcico es sólo ligeramente soluble en agua, pero puede ceder fósforo a la planta. Sin embargo, el fosfato tricálcico, que se forma en condiciones alcalinas, precipita como una forma de fosfato casi insoluble, convirtiéndolo en inasimilable para la planta.

2.- Los suelos moderada o altamente ácidos, son capaces de disolver suficiente hierro y aluminio como para precipitar el ion fosfato, en la forma de sus correspondientes sales de hierro y aluminio, generalmente, pasando a formar compuestos insolubles y, por lo tanto, inasimilables por las plantas comunes. Bajo tales condiciones el ión fosfato reacciona de la siguiente manera:



3.- En suelos ácidos, la disponibilidad del fósforo queda limitada por la presencia de Al y Fe solubles y en los suelos alcalinos su disponibilidad se ve discutida por la formación de fosfatos cálcicos insolubles. Por esto, el fósforo es más aprovechable en suelos con pH de 6 a 7. Esto no indica que el fósforo sea igualmente aprovechable en todos los suelos que son ligeramente ácidos o neutros. Los suelos de textura fina tienen un poder de retención más alto que los suelos de textura gruesa. En esta escala de pH, la retención que ocurre se debe, principalmente, a la arcilla y a los cationes divalentes presentes en la solución del suelo (Ortiz y Ortiz, 1984).

Miller *et al.* (1958), indican que, en suelos con pH alcalino, se reduce la solubilidad de todos los nutrimentos, particularmente de Fe, Zn y Mn (con excepción del molibdeno). En estos suelos, el fósforo está poco disponible para las plantas, debido a su precipitación en la solución del suelo, por efecto de su combinación y precipitación con el calcio. La deficiencia de hierro, asociada a suelos arcillosos, húmedos y con altos contenidos de carbonatos, ha sido ampliamente conocida y referida como clorosis férrica de caliza. En este caso, la deficiencia se manifiesta debido a que micronutrimentos tales como: Zinc, Hierro, Manganeso y Cobre, tienen muy baja solubilidad a pH alto. Además, la aplicación de fósforo, generalmente, decrece aún más la disponibilidad de aquellos metales en la superficie de la raíz, o dentro de ella, precipitándolos como fosfatos insolubles.

3.4.- Estudios sobre la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares en hortalizas.

3.4.1.- Descripción.

Frank, en 1885, (citado por Allen, 1991) describió la estructura esencial y

funcional de una relación simbiótica entre árboles y un hongo, y que denominó como "mykorhiza", palabra que viene del griego y que significa hongos-raíz. Tal asociación fue considerada mutualista, porque el árbol hospedero no presentó una respuesta detrimental por efecto de la cobertura de la raíz por el hongo.

El término micorriza implica la asociación simbiótica de un hongo con las raíces de las plantas superiores (Safir, 1980; Haymann, 1982; Harley y Smith, 1983; Howeler, 1983). Esta asociación proporciona beneficios a los dos componentes (Lewis, 1973; Cooke, 1977). El beneficio mutuo se establece cuando la planta suministra al hongo fuentes de carbono procedentes de la fotosíntesis, además de un nicho ecológico. Por otra parte, el hongo está, principalmente, involucrado en la absorción de nutrientes minerales del suelo, a través de las hifas que se desarrollan en la raíz y que emergen de ella, desempeñando un papel importante en la traslocación de iones fosfato hacia la planta, principalmente en suelos con un contenido bajo de fósforo asimilable. Este hecho representa una contribución importante en la economía nutricional de la planta (Azcón y Barea, 1980).

3.4.2.- Algunos aspectos de la taxonomía de los hongos endomicorrízicos arbusculares.

Con respecto a la clasificación de los hongos micorrízicos arbusculares, estos difieren en sus características morfológicas y en su significado ecológico (Azcón y Barea, 1980). De acuerdo con Morton y Benny (1990) se reconocen 126 especies con base en el siguiente arreglo taxonómico:

Orden	Glomales
Suborden	Glomineae
Familia	Glomaceae
Género	<i>Glomus</i>
Género	<i>Sclerocystis</i>
Familia	Acaulosporaceae
Género	<i>Acaulospora</i>
Suborden	Gigasporineae
Género	<i>Entrophospora</i>
Familia	Gigasporaceae
Género	<i>Gigaspora</i>
Género	<i>Scutellospora</i>

3.4.3.- Morfología.

La endomicorriza vesículo-arbuscular (V-A), más recientemente considerada como arbuscular (MA), recibe este nombre por presentar en su morfología microscópica, los arbuscúlos como su estructura más representativa. Los hongos endomicorrízicos arbusculares, son los más ampliamente distribuidos e importantes de los simbioses radicales. Se encuentran prácticamente en

todas las Angiospermas y en algunas Gimnospermas, pudiéndose encontrar, también, en Pteridofitas y Briofitas.

La mayor parte de las plantas de cultivo, gramíneas y leguminosas, de importancia agronómica, así como árboles frutales y algunos maderables, normalmente forman micorrizas VA (Gerdemann, 1975; Azcón y Barea, 1980; Harley y Smith, 1983). Los hongos micorrízicos están presentes en casi todos los tipos de suelos, siendo particularmente abundantes en suelos cultivados (Hall, 1979).

Las familias de plantas en las que no se han encontrado micorrizas arbusculares son las siguientes: (a) Pinaceae, Betulaceae y Fagaceae (forman ectomicorrizas); (b) Orchidaceae y Ericaceae (forman sus tipos específicos de micorrizas); (c) ciertas familias que han sido descritas como no micorrizables, tales como Chenopodiaceae, Fumariaceae, Cyperaceae, Commelinaceae, Urticaceae y Polygonaceae.

3.4.3.1.- Hifas.

El micelio no es una característica de todos los hongos, pero es un componente esencial de los desarrollados dentro de un grupo taxonómico del cual, los hongos micorrízicos arbusculares se derivan. Todas las micorrizas están compuestas de una matriz de hifas externas y de una superficie de intercambio entre la planta y los hongos. Probablemente, la característica más importante de las micorrizas, y la menos estudiada en investigaciones fisiológicas y ecológicas, es la matriz de hifas externas. Estos hongos tienden a formar un micelio en forma de abanico, consistiendo de una división dicotómica radial del tronco o hifa guía, reduciendo la frecuencia de formación del micelio neto. Existen dos tipos de hifas extramatriciales, la hifa guía y la hifa de absorción (figura 3).

La hifa guía tiene paredes gruesas, de las cuales algunas simplemente crecen a lo largo del suelo en busca de raíces adicionales. Tanto las hifas de penetración, como las hifas de absorción se desarrollan de la hifa guía y forman una red hifal por división dicotómica que se extiende dentro del suelo.

La hifa de absorción parece ser el componente del hongo que absorbe nutrimentos del suelo para trasportarlos hacia el hospedero. La distancia en la cual la hifa de absorción se extiende no es bien conocida, sin embargo, varios autores han sugerido que esta distancia es de 100 cm de hifa de absorción por punto de penetración de raíz colonizada (Read, 1984; citado por Allen, 1991). No obstante, no es conocido el mecanismo que limita la expansión de la hifa. Además, informaciones en la literatura sugieren que el total de la longitud de la hifa micorrízica en el suelo podría ser tan grande como 50 metros/g de suelo, pero estos valores podrían estar influenciados por la densidad de raíz, proporción de raíz colonizada, época de año y otras características físicas y químicas del suelo (Allen y MacMahon, 1985; Caldwell, 1985; citados por Allen, 1991).

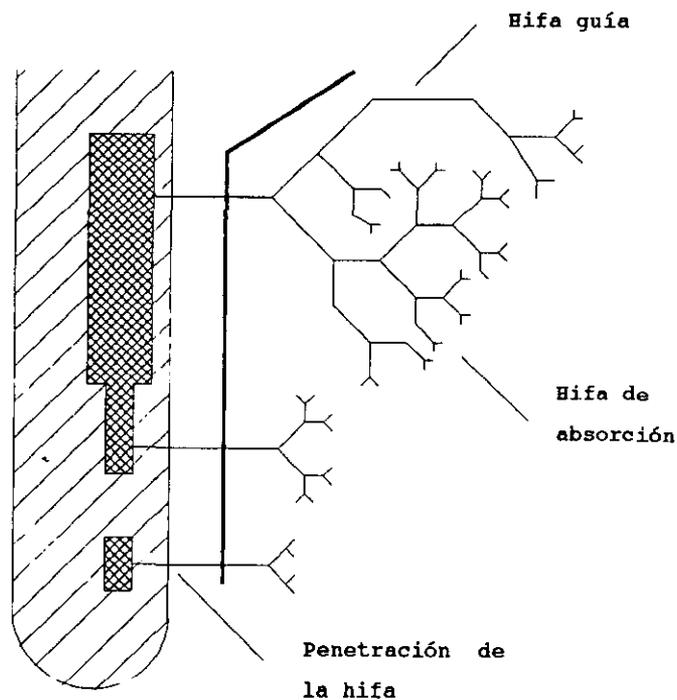


Figura 3. Ilustración de la estructura de las hifas de una micorriza arbuscular (Tomado de Allen, 1991). Se observa, además, la configuración de abanico por división dicotómica en las puntas de las hifas.

Las hifas se encuentran en forma laxa en el interior de la raíz formando una red de hifas que tienen la capacidad de explorar el suelo hasta una distancia de 7 cm. Estas hifas son variables en forma, tamaño y diámetro, así como en el grosor de las paredes. Las hifas son aseptadas cuando están en desarrollo y, forman septos distantes cuando envejecen, o se encuentran en condiciones desfavorables (Rhodes y Gerdemann, 1975; Harley, 1969; y Ocampo, 1980; citados por Ferrara, 1981).

3.4.3.2.- Arbúsculos.

Durante el proceso de colonización una rama de la hifa intercelular penetra en la célula cortical y una vez dentro sufre un ensanchamiento llamado tronco arbuscular, a partir del cual hay una sucesión de ramificaciones dicotómicas que dan lugar a una estructura llamada arbusculo (Mosse, 1963 y 1981; Gerdemann, 1968; Hayman, 1979), los arbusculos tienden a ser desintegrados, probablemente, por la acción del huésped y es frecuente encontrar en las preparaciones sólo el tronco del arbusculo rodeado de muchos gránulos, que son restos de los componentes del arbusculo. Kinden y Morton (1975); citados por Ferrara (1981) proponen, como hipótesis, que el mecanismo de incorporación de los elementos nutritivos útiles al hospedero, se llevan a cabo por un proceso de degradación, y que, simultáneamente a éste, se está

efectuando una nueva formación arbuscular. Es importante mencionar que el arbusculo se asemeja al haustorio de un hongo patógeno del tipo de los biotróficos, pero que su funcionamiento es completamente diferente.

3.4.3.3.- Vesículas.

Las vesículas son estructuras terminales, ovaladas o esféricas que contienen abundantes gotas de aceite. Ellas se forman intra o intercelularmente, dependiendo de la especie del hospedero, tienen la función de servir como sitios de reserva para el simbiote. Generalmente, las vesículas se forman posteriormente a los arbusculos, volviéndose muy numerosas cuando la planta está madura o es tratada con altos niveles de fertilización. Se ha observado que cuando las vesículas son jóvenes, tienen una pared delgada estratificada y un protoplasma homogéneo. Cuando son maduras, las paredes se engruesan y el protoplasma se hace vacuolado conteniendo lípidos, gránulos de polifosfato, pocas áreas euplasmáticas, mitocondrias y gotas de grasa. Estas últimas tienden a juntarse formando una sola, rodeada de un citoplasma periférico; en algunos casos, presentan un núcleo o, a veces, son multinucleadas (Gerdemann, 1975).

3.4.3.4.- Estructuras reproductivas.

Los hongos micorrízicos arbusculares forman esporas en el micelio externo. El diámetro de estas esporas depende de la especie fúngica y pueden variar desde 15 hasta 800 micras. Algunas especies de los géneros *Acaulospora* y *Glomus* y todas las especies de *Sclerocystis*, son esporocárpicas. La formación de las esporas, en algunas especies, puede iniciar muy temprano, 3 a 4 semanas después de la colonización de la raíz, mientras que otras especies fúngicas micorrízicas arbusculares, requieren más de 6 meses antes de iniciar la esporulación. Las especies fúngicas, la planta hospedera, el suelo y las condiciones ambientales, son determinantes para el inicio y la prolongación de esporulación. La esporulación fúngica es un proceso dinámico; así, mientras unas esporas son formadas otras pueden germinar. El micelio fúngico, tanto dentro como fuera de la raíz, es otra estructura reproductiva de los hongos micorrízicos arbusculares que puede colonizar nuevas raíces. Sin embargo, mientras algunas esporas pueden sobrevivir por varios años en el suelo, la capacidad colonizadora del micelio (separado de la planta hospedera o después de la muerte de la planta) solo se conserva de 2 a 4 semanas (Sieverding, 1991).

3.4.4.- Colonización.

La colonización se desarrolla a partir de las esporas, o bien, a partir del micelio que se encuentra en el suelo, procedente de un fragmento de raíz vecina, previamente colonizada. Bajo condiciones favorables, los propágulos de los hongos micorrízicos responden, aparentemente, al estímulo de los exudados radicales; en donde los reconocimientos pueden ocurrir entre los dos organismos. El primer signo visible ocurre cuando la hifa o tubo germinativo, crece, y forma el apresorio en la superficie de la raíz y, posteriormente,

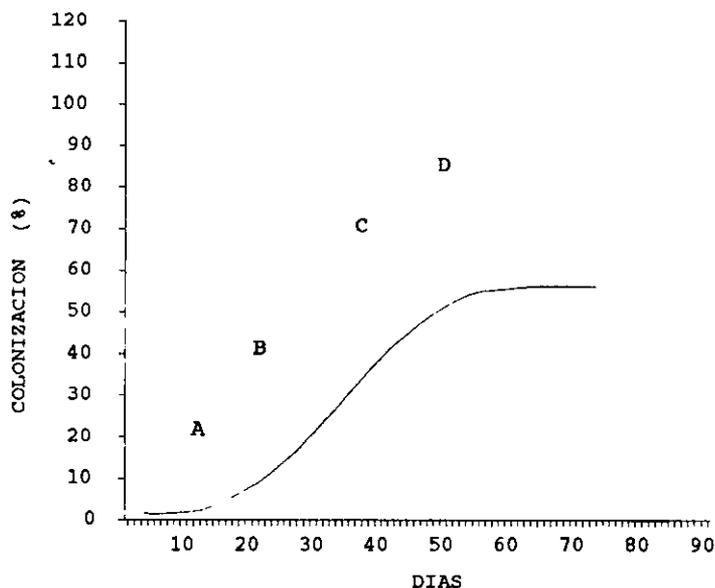
invade células epidérmicas, generándose así la penetración del hongo. A continuación, las unidades de colonización se desarrollan dentro de la corteza de la raíz, apreciándose un crecimiento hifal rápido y longitudinal entre las células. La colonización del tejido hospedero progresa, tanto interna como externamente, a lo largo de la superficie de la raíz, resultando, la invasión de nuevos sitios de colonización. A continuación, se desarrollan los arbuscúlos mediante ramificación dicotómica repetida de hifas terminales y la formación de hifas de más de 0.2 micras de diámetro. Cuando se forma un arbuscúlo, el almidón de la célula invadida desaparece, al mismo tiempo que el núcleo se alarga y se divide. Los arbuscúlos son digeridos rápidamente y su contenido es absorbido por el hospedero. Después de que los arbuscúlos son digeridos, los núcleos vuelven a su tamaño normal y el almidón suele desaparecer. Posteriormente a los arbuscúlos, se forman las vesículas, intra o intercelularmente, las cuales contienen grandes cantidades de lípidos. Estas son órganos de reserva y, en algunos casos, su pared gruesa las asemeja a las clamidosporas, se forman tanto dentro como fuera de la raíz. Al mismo tiempo, con la dispersión de la colonización dentro de la raíz, las hifas extramatriciales crecen hacia fuera, estableciendo nuevos puntos de entrada, las cuales se extienden por el suelo varios centímetros, dando lugar al micelio externo, que se constituye en una parte importante del sistema de absorción de nutrimentos. El micelio externo consta de una red tridimensional de hifas; unas de, aproximadamente, 8 micras de diámetro, que son consideradas como la base permanente del micelio y, otras, más delgadas (2-7 micras), de posible función rizoidal y más efímeras que las anteriores. Sobre el micelio externo se forman grandes esporas vegetativas que van madurando hasta convertirse en clamidosporas en donde además, determinadas especies, desarrollan también esporocarpos.

El desarrollo de la colonización, medido como la fracción de la longitud de la raíz colonizada, usualmente sigue una curva sigmoideal. La longitud de la fase Lag, es el inclinamiento de la fase a una rápida dispersión de la colonización, y la cumbre de la meseta varía dependiendo de: la combinación hongos-hospedero, la densidad del inóculo en el suelo, y las condiciones ambientales. Los modelos de dispersión han enfatizado que los progresos de la colonización dependen del crecimiento de la raíz, así como de la velocidad a la cual se formen nuevos puntos de colonización, y su crecimiento dentro de la corteza de la raíz (figura 4). Hasta el momento, no se tienen las bases fisiológicas para estos fenómenos; se desconoce si la iniciación de los puntos de entrada son restringidos a una región inmediatamente atrás de la cofia, para raíces relativamente jóvenes, pero diferenciadas, o si esto puede ocurrir a lo largo del sistema radical.

Aunque con peculiaridades y matices propios de las especies implicadas y factores ecológicos determinantes, se caracteriza por seguir un modelo en 3 fases: (1) fase lag, en la que tiene lugar la germinación de las esporas y comienza la colonización de las raíces por las hifas; (2) fase de desarrollo intensivo de la colonización (fase exponencial); y, (3) fase de constancia, en la cual no varía la proporción entre raíces micorrizadas y no micorrizadas (fase meseta).

El contacto entre el endófito fúngico y las células hospederas siguen una secuencia de interacciones durante la cual se establece una relación

celular compatible. La fase intrarradical de la asociación es morfológicamente compleja, donde los patrones de colonización pueden variar, dependiendo del hongo y especie del hospedero involucrados. Además, la distribución del sistema hifal dentro de las raíces, y la naturaleza de las interfases hongo-planta, formadas durante la interacción celular están, generalmente, determinadas por las características del tejido cortical de la raíz y del hospedero.



- A = Primeros arbúsculos
- B = Primeras vesículas
- C = Primeras esporas vegetativas
- D = Primeros esporocarpos

Figura 4. Dinámica del proceso de colonización en raíces de *Medicago sativa*, por el hongo endomicorrízico *Glomus mosseae* (Tomado de Azcon y Barea, 1980).

La penetración fúngica de las capas celulares externas de la raíz, puede ser intra o intercelular con la formación de un anillo simple, sin ramificación en cada célula colonizada. En esta etapa, la membrana plásmica del hospedero y la pared del hongo están siempre separadas por material de la pared del hospedero; el contenido citoplásmico cambia poco y la actividad de la ATPasa en la membrana plásmica del hospedero es débil o está ausente en esta interfase. En contraste, la membrana plásmica del hongo, tanto de las hifas externas como de las hifas intercelulares, frecuentemente, posee actividad de la ATPasa.

Con la dispersión de la colonización en el parénquima cortical, se

intensifica el desarrollo intracelular del hongo, lo cual ocurre con la formación de arbusculos muy ramificados. Aunque las bases moleculares de la inducción para la formación de arbusculos son aún desconocidas. La formación de arbusculos crea una gran superficie de contacto entre las células de los dos organismos, debido a la proliferación de la membrana plásmica del hospedero alrededor de la hifa finamente ramificada.

El metabolismo de la pared fúngica se modifica conforme el hongo crece dentro del tejido de la raíz; así que, observada la hifa extrarradical, ésta tiene una pared quitinosa, fibrillar y gruesa; mientras que la pared fúngica en los arbusculos es una estructura simple, delgada, amorfa y sin quitina. Tales alteraciones, probablemente, conducen a un incremento en la plasticidad, la cual podría afectar la relación de agua de los arbusculos y promover su crecimiento continuo. Simultáneamente, la cantidad de material depositado como pared para el hospedero alrededor de la hifa invasora, disminuye. Así, sólo las fibrillas dispersas se presentan alrededor de los arbusculos finamente ramificados. El crecimiento de la ramificación de los arbusculos parece interferir con el depósito de material en la pared más que con la síntesis. Además, la membrana plásmica del hospedero, siempre presente en la interfase, neutraliza la actividad fosfatasa (considerada como un indicador de la síntesis de polisacáridos) y se relaciona con la reacumulación, así como con la senescencia de los arbusculos.

En ambas membranas plásmicas, tanto del hongo como del hospedero en la interfase arbuscular, presentan rasgos citológicos normales, los cuales tienen una actividad en la membrana y, además, ambas poseen ATPasa activa. Una alta actividad ATPasa se localiza a lo largo de la membrana celular periférica, la cual, como en células parenquimatosas no colonizadas, muestra muy poca actividad ATPasa. Esta actividad, la cual no se observa alrededor de los anillos hifales o arbusculos degradados, implica una modificación especializada de la membrana del hospedero alrededor del arbusculo.

Una peculiaridad de la micorriza arbuscular es la formación de una interfase intracelular, en la cual el material de la pared es reducido a un mínimo, y el sistema enzimático de la membrana permanece en ambos simbiontes, con la capacidad para generar los gradientes de energía necesarios para el transporte activo. Tal especialización extrema está ausente en otras interacciones del haustorio, por ejemplo en la relación parásito-hospedero en donde el transporte de nutrimentos es unidireccional, de la planta al parásito (Azcón y Barea, 1980; Smith y Gianinazzi-Person, 1988).

3.4.4.1.- Factores que afectan la colonización micorrízica arbuscular.

La micorriza arbuscular ha demostrado, ampliamente, su efecto en el crecimiento de la planta bajo una variedad de condiciones ambientales, incluyendo situaciones de estrés bióticas y abióticas (Estaún *et al.*, 1994).

Numerosos factores ecológicos pueden afectar el desarrollo y actividad de las micorrizas del suelo (Azcon y Barea, 1980; Le Tacon, 1985).

Mediante numerosos experimentos se ha demostrado que la riqueza del suelo, en nutrimentos, es uno de los factores más importantes que afectan el establecimiento de la micorriza (Gerdemann, 1975; Mosse y Hayman 1980; Le Tacon, 1985). Por esto, la colonización es, generalmente, mayor en suelos de moderada y baja fertilidad (Gerdemann, 1975); aunque existen abundantes excepciones a tal generalización (Azcon y Barea, 1980). Cuando la absorción de N y P por la planta es abundante, su rendimiento es muy elevado y la totalidad de los glúcidos fotosintetizados son empleados por las plantas en la formación de compuestos protéicos o fosforados, por ello, la cantidad de glúcidos presentes en las raíces disminuye, por lo tanto, los hongos simbióticos no pueden alimentarse de estos compuestos (Le Tacon, 1985; Mosse y Hayman 1980).

El fósforo es, quizá, el nutrimento que determina la colonización de las plantas. Se han hecho estudios en donde se ha demostrado que adiciones crecientes de PO_4 reducen la colonización así como la formación de esporocarpos (Azcón y Barea, 1980). En plantas de cebolla, la acción inhibitoria del fósforo sobre la colonización endomicorrízica es muy evidente. No obstante, es menos pronunciada en presencia de N ó K, o de los dos nutrimentos juntos. Se ha podido demostrar mediante ensayos en los que se aplica foliarmente fosfato soluble, que la concentración del ion dentro de la planta tiene más influencia en la reducción de la colonización que el existente en el suelo (Azcón y Barea, 1980).

Además, se ha observado que el efecto de la fertilización puede variar, dependiendo del tipo de suelo. En suelos arcillosos, la fertilización con estiércol más N, P, K, Mg y Na reducen el número de esporas mientras que, en suelos arenosos, la adición de compostas de estiércol más N, P y K aumentan el número de esporas (Gerdemann, 1975).

Hay otros factores del suelo que sin duda desempeñan también un papel esencial en la micorrización, pero que no siempre es fácil su determinación (Le Tacon, 1985). Ha sido ampliamente demostrado que, en condiciones de una baja luminosidad, las plantas tienen las tasas más bajas de crecimiento de raíz y pocas respuestas a la colonización micorrízica, que aquellas plantas cultivadas bajo condiciones de iluminaciones intensas (Bethlenfalvay y Pacovsky, 1983; Daft y El-Giahmi, 1978; Hayman, 1974; Tester *et al.*, 1985; citados por Son *et al.*, 1988). En las plantas colocadas bajo sombreados ligeros, la colonización no adquiere condiciones relevantes. Sin embargo, cuando se les somete a la obscuridad, la colonización se reduce drásticamente y la producción de esporas baja en un 80%. Igualmente, las bajas temperaturas reducen la colonización y la producción de esporas (Azcon y Barea, 1980).

El efecto del pH del suelo es difícil de evaluar, ya que hay hongos simbióticos adaptados a los suelos ácidos; otros a los suelos alcalinos; y otros más son indiferentes al pH (Le Tacon, 1985).

Los efectos químicos adversos al suelo, que limitan la producción de los cultivos en los trópicos son: pH del suelo extremadamente bajo, alcalinidad, salinidad y altas concentraciones de elementos tóxicos como el Al, Fe y Mn.

Badran *et al.* (1994), indican que el riego de árboles maderables con agua salina inhibe su crecimiento mencionando, además, que altas concentraciones de boro y sodio en el agua de riego disminuyen el crecimiento de la planta hospedera y, por tanto, de la micorriza.

Las temperaturas altas en la zona de la raíz son consideradas como un factor estresante que limita el crecimiento de las plantas, no sólo en áreas expuestas a soleados intensos sino, también, en los viveros, especialmente cuando las plantas son cultivadas en contenedores. Estaún *et al.*, (1994) indican, además, que las altas temperaturas en la zona de la raíz tienen un efecto diferente dependiendo del hongo y de la planta hospedera.

3.4.5.- Papel de la micorriza arbuscular sobre la absorción de nutrimentos.

Las hifas del hongo, que se desarrollan en la raíz y emergen de ella, desempeñan un papel importante en el transporte de iones fosfato hacia la planta, por lo que, en suelos con un bajo contenido de fósforo asimilable la micorriza representa una contribución fundamental para la economía nutricional de la planta (Azcón y Barea, 1980).

Por tanto, resulta evidente que la micorriza arbuscular (MA), al mejorar la absorción, incrementa el crecimiento de las plantas, siendo mayor su efecto en suelos de baja fertilidad (Gerdemann, 1975).

Se ha demostrado que la colonización micorrízica, incrementa la capacidad de absorción de: K, Fe, Cu, Ca, N, S, Zn y P (Safir, 1980). La mayoría de los estudios acerca del papel que la micorriza A. desempeña en las plantas, se ha enfocado a la capacidad que esta simbiosis imparte a la planta para tener una mayor absorción del fósforo. Este hecho adquiere aún más importancia tomando en cuenta que este elemento se encuentra, en muchos suelos, en forma insoluble, o es fuertemente adsorbido por las arcillas (Mosse, 1973).

El fósforo es, por lo tanto, poco móvil en el suelo, y la planta lo absorbe solamente en una zona muy cercana a la raíz (1 ó 2 mm), en la que el fósforo se agota rápidamente. Mientras que, fuera de ella, este nutrimento no está al alcance de las plantas. En este sentido, la red de hifas que produce el hongo (o micelio externo), se extiende más allá de la zona de agotamiento del fósforo, aumentando así el volumen de suelo explorado, y mejorando su absorción por las plantas (Howeler, 1973; Tinker, 1975, citados por Mosse, 1977). Estas redes, prolongadas varios centímetros fuera de la superficie de la raíz, proporcionan un eficaz sistema de extracción de nutrimentos. Entre otros iones, la micorriza contribuye, además del fósforo, con zinc, cobre y molibdeno (Mosse, 1977).

Los mecanismos propuestos por Azcón y Barea (1980), para explicar la mayor capacidad de absorción de fósforo por las plantas micorrizadas, son los siguientes:

1.- La micorriza arbuscular induce cambios fisiológicos, lo que provoca un incremento en la capacidad de la superficie de la raíz para absorber fósforo.

2.- La micorriza induce cambios morfológicos en la planta.

3.- La micorriza proporciona una superficie de absorción adicional más eficaz (hifas del hongo).

4.- La raíz micorrizada tiene mayor longevidad que la que no lo está.

La eficiencia de las raíces en la absorción del fósforo se ha valorado midiendo la cantidad de P^{32} captado por longitud de raíz, estimándose que esta variable es cuatro veces mayor para las raíces micorrizadas que para las no micorrizadas. Lo que significa que las raíces micorrizadas absorben los fosfatos mucho más eficazmente que las que no lo están (Azcón y Barea, 1980). Estos mismo autores, han investigado que el flujo de fosfato en el interior de las hifas es del orden de 10^{-8} a 10^{-9} por cm^2 por seg.

Rhodes y Gerdemann (1978), para estudiar la traslocación del calcio y el fósforo por la hifas externas de *Glomus fasciculatum* en cebolla (*Allium cepa* L. var. Early Yellow Globe), aplicaron Ca^{45} y P^{32} a 4.5 cm de la superficie de la raíz. Después de 5 días, estos nutrimentos fueron detectados en las plantas micorrizadas, únicamente. El Ca^{45} fue detectado con menor frecuencia que el P^{32} , lo cual indica que el calcio no es traslocado tan rápidamente como el fósforo.

3.4.6.-Papel de la micorriza en la prevención y control de enfermedades radicales en algunos cultivos.

Una contribución importante de algunos hongos micorrízicos arbusculares en la producción de cultivos hortícolas, puede ser su habilidad para incrementar la resistencia de las plantas a enfermedades radicales (Marronk, 1981), ya que las plantas micorrizadas sufren menos daños y una menor incidencia de enfermedades, o inhiben el desarrollo de patógenos (Perrin, 1991; *In Strullu*, 1991).

Schenck y Kellam (1978), citado por Marronk (1981), indican que la severidad de la enfermedad puede ser incrementada, reducida o inalterada, por la presencia de hongos endomicorrízicos. Sin embargo, la influencia de endo o ectomicorriza en una raíz varía con la especie de planta, tipo de micorriza y el hongo patógeno involucrado (Marx, 1972; Cbud et al., 1974; Richard, 1975; citados por Marronck, 1981).

Dehne y Schoenbeck, (1979), citado por Perrin, (1991); *In Strullu* (1991), demostraron el efecto de la micorriza contra enfermedades fitopatógenas del suelo (*Fusarium oxysporum*) en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Estos autores encontraron que la colonización y el daño producido por la enfermedad disminuyen. Este mismo efecto, también, se observó contra el nemátodo *Meloidogyne icognita* en plantas de tomate y tabaco.

Por otra parte, Palacios *et al.* (1992), consideran que la eliminación de la competencia que producen las plagas y enfermedades favorecen el establecimiento de la micorriza en el cultivo del jitomate. No obstante, algunos autores han comprobado el efecto de la micorriza en el control de patógenos radicales (Perrin, 1991; *In Strullu*, 1991; Palacios *et al.*, 1992).

El papel de la micorriza en el control de algunas plagas, también, ha sido observado, entre otros autores, por Schoenbeck, (1979); citado por Perrin, 1991; *In Strullu* (1991), al encontrar que la sobrevivencia de larvas de nemátodos disminuyó 50%, por el efecto del extracto de raíces micorrizadas en un período de 4 días. Esto indica la presencia de sustancias nematicidas como son la fenilalanina y las serinas, cuya concentración se incrementa en las raíces micorrizadas (Perrin, 1991; *In Strullu*, 1991).

3.4.7.- Respuesta de algunas solanáceas a la inoculación.

Existen muchas investigaciones que apoyan los resultados de experimentos de invernadero, en donde la importancia agronómica de las micorrizas arbusculares ha sido demostrada. Hasta el momento, la información sobre el cultivo de plántulas colonizadas con hongos (MA), y el trasplante, bajo condiciones de campo, es muy limitada (Waterer y Coltman, 1988; Orozco *et al.*, 1994; Trouvelot *et al.*, 1994).

Muchas plantas hortícolas (e.g. jitomate, cebolla y chile), algunos cultivos extensivos (e.g. tabaco), y muchos de los árboles frutales tropicales y árboles forestales, se establecen primeramente en semilleros y son mantenidos durante el inicio del desarrollo en almácigos antes de trasplantarlos al campo.

Las circunstancias especiales del establecimiento de plantas, bajo condiciones "controladas", muestra una gran oportunidad de incorporar métodos y tecnologías de inoculación con micorrizas en estos sistemas de producción (Sieverding, 1991).

Bajo condiciones de invernadero, la inoculación del jitomate con hongos micorrízicos arbusculares, ha mostrado diferencias significativas, principalmente, en peso seco (Waterer y Coltman, 1988; Bryla y Koide, 1988 y 1989), altura (Palacios *et al.*, 1987; Babu, 1988; Waterer y Coltman, 1988) y número de frutos (Davies y Linderman, 1991; Babu, 1988), comparados con los tratamientos testigo.

También se ha encontrado, que en las concentraciones más bajas de fósforo, las plantas inoculadas son más altas que las plantas no inoculadas y que, bajo altas concentraciones de este elemento, la inoculación no produce incrementos en el desarrollo de las plantas (Waterer y Coltman, 1988).

Para el manejo de las micorrizas en la producción de hortalizas de trasplante, como son la cebolla y el jitomate, se requiere de la aplicación de cantidades adecuadas de fósforo, para mantener los niveles mínimos suficientes de este nutrimento en los tejidos y, con ello, proporcionar la extensión de la simbiosis micorrízica y el crecimiento vigoroso de las plantas (Waterer

y Coltman, 1988).

El chile es, quizá, la segunda solanácea más utilizada en la experimentación con la micorriza A. A este respecto, esta hortaliza también ha demostrado una gran dependencia a la micorriza A., lo cual se refleja en la absorción de N, P y B, mejorando su nutrición, crecimiento y desarrollo (Davies y Linderman, 1991).

También se ha logrado estudiar la respuesta de plantas de chile a la inoculación temprana con varios hongos micorrízicos y a diferentes niveles de fósforo, encontrándose que esta especie responde bien, tanto a la inoculación como a la fertilización fosfatada. Además, la inoculación más 16.25 ó 32.5 Kg de P/Ha resultó superior a los testigos, e igual a los rendimientos de las plantas no inoculadas y fertilizadas con 65 Kg de P/Ha (Babu *et al.*, 1988).

A nivel de almácigo, para que la colonización de *Capsicum annuum* L. var. Early Bountifud, y el número de esporas por unidad de suelo sean más altas, se recomienda fertilizar las plantas con 11 ppm de P (Davies y Linderman, 1991).

Bajo condiciones de campo, se ha determinado el efecto del fósforo y estrés hídrico, en varios suelos, encontrándose que, en suelos con bajo contenido de fósforo, se incrementa la concentración de este elemento en el tejido, el peso de las plantas y producción de frutos. Las concentraciones de fósforo se incrementan más rápidamente cuando las semillas son inoculadas y sembradas, que cuando la inoculación se realiza hasta el trasplante. En el campo, la producción de fruto total y pesos frescos totales del tallo también son más grandes cuando la inoculación se realiza antes del trasplante. La reducción de la producción de frutos de plantas cultivadas en suelos deficientes en fósforo, por el estrés de agua, parece ser menos drástico cuando las plantas son inoculadas (Waterer y Coltman, 1989).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- Experimento I. Determinación de la dependencia del tomate de cáscara, a la micorriza arbuscular (MA), bajo condiciones de invernadero.

4.1.1- Localización del experimento.

El presente experimento se realizó en el invernadero del Departamento de Edafología del Instituto de Geología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante el período del 20 de mayo al 25 de junio de 1993. Se estableció en charolas de plástico para germinación, con capacidad para 135 plántulas.

y Coltman, 1988).

El chile es, quizá, la segunda solanácea más utilizada en la experimentación con la micorriza A. A este respecto, esta hortaliza también ha demostrado una gran dependencia a la micorriza A., lo cual se refleja en la absorción de N, P y B, mejorando su nutrición, crecimiento y desarrollo (Davies y Linderman, 1991).

También se ha logrado estudiar la respuesta de plantas de chile a la inoculación temprana con varios hongos micorrízicos y a diferentes niveles de fósforo, encontrándose que esta especie responde bien, tanto a la inoculación como a la fertilización fosfatada. Además, la inoculación más 16.25 ó 32.5 Kg de P/Ha resultó superior a los testigos, e igual a los rendimientos de las plantas no inoculadas y fertilizadas con 65 Kg de P/Ha (Babu et al., 1988).

A nivel de almácigo, para que la colonización de *Capsicum annuum* L. var. Early Bountifud, y el número de esporas por unidad de suelo sean más altas, se recomienda fertilizar las plantas con 11 ppm de P (Davies y Linderman, 1991).

Bajo condiciones de campo, se ha determinado el efecto del fósforo y estrés hídrico, en varios suelos, encontrándose que, en suelos con bajo contenido de fósforo, se incrementa la concentración de este elemento en el tejido, el peso de las plantas y producción de frutos. Las concentraciones de fósforo se incrementan más rápidamente cuando las semillas son inoculadas y sembradas, que cuando la inoculación se realiza hasta el trasplante. En el campo, la producción de fruto total y pesos frescos totales del tallo también son más grandes cuando la inoculación se realiza antes del trasplante. La reducción de la producción de frutos de plantas cultivadas en suelos deficientes en fósforo, por el estrés de agua, parece ser menos drástico cuando las plantas son inoculadas (Waterer y Coltman, 1989).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- Experimento I. Determinación de la dependencia del tomate de cáscara, a la micorriza arbuscular (MA), bajo condiciones de invernadero.

4.1.1- Localización del experimento.

El presente experimento se realizó en el invernadero del Departamento de Edafología del Instituto de Geología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante el período del 20 de mayo al 25 de junio de 1993. Se estableció en charolas de plástico para germinación, con capacidad para 135 plántulas.

4.1.2.- Material biológico.

La selección de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. var. "Rendidora"), como planta de estudio, se hizo con base en dos aspectos: (1) su importancia económica como cultivo mexicano y tradicional que tiende a internacionalizarse y (2) la carencia de estudios relativos a la micorrización de esta planta.

Endófitos. El aislado micorrízico utilizado fue *Glomus fasciculatum* E₃ (Thaxter) (Gerdeman y Trappe), conservada en raíces de poro (*Allium porrum* L). Este aislado micorrízico ha demostrado tener una alta efectividad en suelos de esta región (Musito, 1990; Jaime y Urbano, 1991), el cual fue proporcionada por el Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM. Los aislados micorrízicos M1, M2 y M3, son cultivos monospóricos de *Glomus spp.*, conservados en pasto Rhodes (*Chloris gayana* Kunt.), aislados de los suelos de la región de Miaatlán, Morelos, las cuales fueron proporcionadas por el Biólogo Eduardo González Quintero de este Departamento.

4.1.3.- Suelo.

Todos los experimentos de este trabajo se llevaron a cabo con suelos calcimagnésicos de la región de Alpuyecá, estado de Morelos, caracterizados por su fertilidad natural baja, particularmente en lo referente a una escasa disponibilidad de fósforo y su elevada capacidad de retención de este elemento, en forma no disponible para la planta, debido a los contenidos altos de calcio (Palacios *et al.*, 1990; Salazar y Gaona, 1991; y Jaime *et al.* 1991).

4.1.4.- Inoculación y siembra del almácigo.

Para el almácigo, se utilizó suelo de la parcela experimental, el cual se tamizó con la malla de 2 mm y se homogeneizó. Se utilizaron 5 kg de suelo, previamente esterilizado con calor húmedo (3 días consecutivos a 10 libras de presión, durante 15 minutos), para asegurar la eliminación de los hongos micorrízicos arbusculares nativos.

Las semillas fueron tratadas, superficialmente, con hipoclorito de calcio al 7.5%, durante 3 minutos, eliminando el cloro con agua de la llave esterilizada. Para su germinación, se colocaron en cajas de Petri sobre una pequeña capa de suelo, cubiertas con una capa de arena, y con un contenido de humedad adecuado (50-60% de la capacidad de campo), hasta observar una germinación aceptable durante, aproximadamente, 72 horas a 28°C. Las semillas pregerminadas fueron colocadas en las cavidades de las charolas-almácigo, conteniendo suelo esterilizado mas 7 g del inóculo (suelo, raíces colonizadas y esporas) de cada aislado micorrízico (cuadro 2). Posteriormente fueron cubiertas con una ligera capa de arena.

Cuadro 2. Algunas características de los inoculantes usados/100 g de suelo seco.

Aislados micorrízicos	Colonización (%)	Esporas (#)	Viabilidad de esporas (%)	Raíces (g)
<i>Glomus spp</i> 1	33.4	202.79	38.9	0.525
<i>Glomus spp</i> 2	37.0	237.09	55.9	0.807
<i>Glomus spp</i> 3	28.0	165.69	53.8	0.515
<i>Glomus fasciculatum</i>	32.8	137.62	44.3	0.617

4.1.5.- Riegos del almácigo.

Para conservar la humedad del suelo y satisfacer los requerimientos hídricos de las plántulas, se aplicaron riegos ligeros con agua de la llave, diariamente, a fin de mantener, aproximadamente, la humedad inicial. Debido a la fertilidad natural baja que presenta este tipo de suelos, se realizaron cuatro aplicaciones de la solución nutritiva de Long Ashton, cuya composición química se indica en el cuadro 3.

Cuadro 3. Solución mineral de Long Ashton modificada (Hewitt, 1966).

MACRO-ELEMENTOS	mg/L
KCl	400
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	400
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	200 (2 ppm P)
MgSO ₄ ·7H ₂ O	500
OLIGO-ELEMENTOS	g/1000 L
MnSO ₄ ·H ₂ O	1.70
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.25
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.30
H ₃ BO ₃	3.00
NaCl	5.00
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	1.80 g/L
EDTA-Fe	1.40 ml/L de solución normal.

4.1.6.- Diseño y variables experimentales.

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y dieciséis réplicas. Para cada réplica se colocaron 5 plántulas. Los tratamientos correspondieron a los cuatro aislados de hongos micorrízicos arbusculares, ya mencionados, aplicados como inoculante al momento de la siembra (cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos del experimento I.

Tratamiento	Hongo endomicorrízico
1	<i>Glomus spp</i> 1
2	<i>Glomus spp</i> 2
3	<i>Glomus spp</i> 3
4	<i>Glomus fasciculatum</i>

4.1.7.- Variables de respuesta.

Las variables de respuesta, estimadas a los 35 días después de las siembras en el almácigo, fueron: (1) peso fresco de la parte aérea; (2) porcentaje de sobrevivencia; (3) altura de la planta; (4) peso seco de la parte aérea; (5) volumen de raíz; y (6) porcentaje de colonización.

4.1.7.1.- Peso fresco del follaje.

Para estimar esta variable de respuesta se tomó, únicamente, el follaje de las plantas analizadas.

4.1.7.2.- Rendimiento de materia seca.

Para la obtención de esta variable de respuesta, se colocaron las plántulas dentro de bolsas de papel, para su secado en una estufa a 60° C, hasta peso constante, aproximadamente, durante 24 horas para, posteriormente, pesarse en una balanza analítica.

4.1.7.3.- Porcentaje de sobrevivencia.

Los resultados de esta variable, se obtuvieron contando el número de plántulas que sobrevivieron en cada tratamiento al final del experimento. Posteriormente, se calcularon los datos en porcentaje considerando la densidad de siembra de las plantas. Los datos obtenidos se transformaron mediante la fórmula arco seno % (Reyes-Castañeda, 1984).

4.1.7.4.- Altura de la planta.

Una vez pesadas las plántulas en fresco, se procedió a medirlas desde la parte del cuello hasta el ápice.

4.1.7.5.- Volumen de la raíz.

A la raíz, una vez colectada, se le eliminó el suelo de la rizósfera, a

chorro directo con agua de la llave. Posteriormente, se procedió a cuantificar su volumen, con una probeta de 10 ml, midiendo el volumen de agua desplazado.

4.1.7.6.- Porcentaje de colonización de las raíces.

Determinado por el método de intersección de cuadrantes (Giovanetti y Mosse, 1980), después de clarificar las raíces con KOH al 10%, durante 60 minutos, a temperatura ambiente, y teñirlas con azul de tripano al 0.05% en solución con lactofenol, por 2 minutos, a 90° C (Phillips y Hayman, 1970). Los datos obtenidos se transformaron mediante la fórmula $\text{arco seno } \%$ (Reye, 1984).

4.1.8.- Análisis estadístico.

Los datos, para cada una de las variables de respuesta, fueron analizados bajo el diseño de experimentos simples, con una distribución de los tratamientos completamente al azar. Estos análisis se realizaron mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS 2.0 en la computadora AcerPower 386SX del Departamento de Edafología, del Instituto de Geología de la UNAM. Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos. En todos los casos, se emplearon los niveles de significancia al 5 y al 1% de probabilidad (Reyes-Castañeda, 1984).

4.2.- Experimento II. Determinación del efecto de cinco niveles de fósforo en la colonización y desarrollo en almácigo, bajo condiciones de invernadero.

4.2.1.- Localización del experimento.

El presente experimento se realizó durante el período del 5 de octubre al 9 de noviembre de 1993, en el invernadero del Departamento de Edafología del Instituto de Geología, de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se estableció en charolas de germinación con capacidad para 73 conos.

4.2.2.- Material biológico.

Se utilizaron plantas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. var. "Rendidora").

Endófitos. Se utilizaron *Glomus fasciculatum* E₃ (Thaxter) (Gerdeman y Trappe) y el aislado micorrízico M1 del experimento I (4.1.2.).

4.2.3.- Sustrato.

Como sustrato para la realización de este experimento se usó una mezcla

de paja de arroz, suelo calcimagnésico (capa arable 0-30 cm) de la región de Alpuyecá, estado de Morelos y arena sílica, en la proporción 1:1:1 (peso). Esta mezcla ha mostrado tener excelentes resultados para la propagación de plántulas en invernadero así como para el mejor desarrollo de la colonización (Palacios-Mayorga *et al.*, 1992).

Para prevenir las enfermedades causadas por fitopatógenos contaminantes y asegurar la eliminación de los hongos micorrízicos arbusculares nativos, el sustrato se esterilizó con calor húmedo durante 3 días consecutivos a 10 libras de presión, por 15 minutos.

4.2.4.- Inoculación y siembra del almácigo.

Las semillas fueron tratadas, superficialmente, con hipoclorito de calcio al 7.5%, durante 3 minutos, se enjuagaron con agua de la llave, hasta la desaparición del olor a cloro.

Siembra. Una vez lavadas y desinfectadas, las semillas fueron colocadas en las cavidades de los conos de las charolas, conteniendo el sustrato esterilizado más 3 g del inóculo de los dos aislados de hongos (MA) utilizados, cubriéndolas con una ligera capa de la mezcla sustrato. Los inóculos de *Glomus spp 1* y *Glomus fasciculatum* (E₃), consistieron en segmentos de raíz (0.5-1.0 cm de longitud, aproximadamente), con 54 y 57% de colonización promedio, respectivamente, más suelo proveniente de las macetas donde se desarrolló el maíz y el pasto, como plantas propagadoras de los hongos, con un contenido de esporas aproximado de 30 y 19/gr de suelo seco y una viabilidad de 54 y 56%, respectivamente.

4.2.5.- Riegos y soluciones nutritivas.

Para conservar la humedad del sustrato (50-60% de la capacidad de campo) y satisfacer los requerimientos hídricos de las plántulas, se aplicaron riegos ligeros con agua de la llave, diariamente a fin de mantener, aproximadamente, la humedad inicial. La aplicación de las soluciones nutritivas se realizó los días 20, 26 y 28 de octubre y el 2 de noviembre de 1993, por la mañana, dando un total de 4 riegos.

4.2.6.- Diseño y variables experimentales.

El diseño de tratamientos fue completamente al azar, con quince tratamientos y tres repeticiones. Cada repetición consistió de 4 conos y conteniendo 5 plántulas.

Los tratamientos correspondieron a los dos aislados de hongos (MA), ya mencionados, aplicados como inoculante y a las soluciones nutritivas conteniendo tres niveles de fósforo (cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos del Experimento II

Tmto.	Nivel de Fertilización Fosfatada (Soluciones nutritivas)	Biofertilización (MA)
1	Testigo absoluto	No inoculado
2	Long Ashton (2 ppm de P)	No Inoculado
3	Long Ashton (4 ppm de P)	No Inoculado
4	Long Ashton (6 ppm de P)	No Inoculado
5	INIA-SARH (1988)	No Inoculado
6	Testigo	<i>Glomus fasciculatum</i>
7	Long Ashton (2 ppm de P)	<i>Glomus fasciculatum</i>
8	Long Ashton (4 ppm de P)	<i>Glomus fasciculatum</i>
9	Long Ashton (6 ppm de P)	<i>Glomus fasciculatum</i>
10	INIA-SARH (1988)	<i>Glomus fasciculatum</i>
11	Testigo	<i>Glomus spp</i> 1
12	Long Ashton (2 ppm de P)	<i>Glomus spp</i> 1
13	Long Ashton (4 ppm de P)	<i>Glomus spp</i> 1
14	Long Ashton (6 ppm de P)	<i>Glomus spp</i> 1
15	INIA-SARH (1988)	<i>Glomus spp</i> 1

4.2.7.- Variables de respuesta.

El experimento se cosechó a los 35 días después de la siembra en el almácigo. Las variables de respuesta fueron las mismas determinadas en el experimento anterior (4.1.7).

4.2.8.- Análisis estadístico.

Se aplicaron los mismos análisis que en el experimento I (4.1.8.).

4.3.- Experimento III. Evaluación del efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del fruto, bajo condiciones de campo y temporal.

4.3.1.- Localización del experimento.

El lote experimental se localiza en la propiedad del Ingeniero Raymundo Mérida Rivera en el ejido de "Campo Ameyalco" de la localidad de Alpuyeca, Municipio de Xochitepec, Morelos, localizado geográficamente a 18° 59' latitud Norte y 98° 59' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1109 m.s.n.m. (Figura 5).

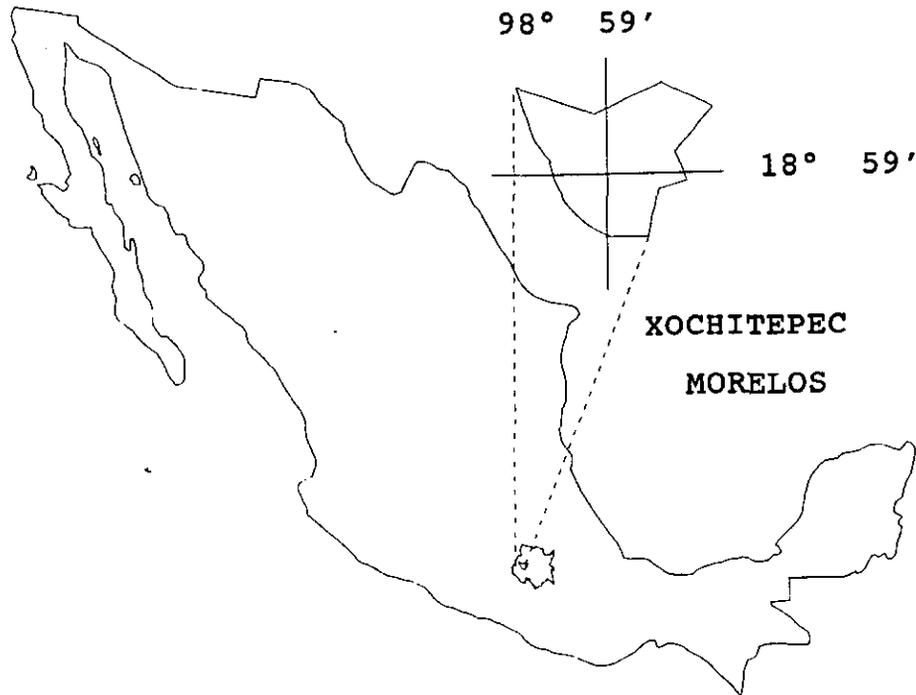


Figura 5. Localización geográfica del experimento de campo.

4.3.2.- Características climáticas.

La región tiene un clima templado, caliente semiseco, con invierno poco definido y la mayor sequía al final del otoño e invierno, y principios de primavera; registra una temperatura media de 23.7° C, y una precipitación pluvial media anual de 840 mm. El período de lluvias es de junio a octubre. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), el clima de Xochitepec se expresa como Awo (w)ig que significa:

- Awo Cálido subhúmedo. El más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano y con una presencia de canícula a medio verano.
- (w) Porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la total anual.
 - i Temperatura media anual entre 22 y 26° C, y la del mes más frío superior a los 18° C. La oscilación térmica es de 5 a 7° C.
 - g La temperatura más alta ocurre poco antes de junio.

Durante el desarrollo del experimento, se registraron las temperaturas máximas, mínimas y medias, así como la precipitación pluvial y evaporación diaria.

4.3.3.- Condiciones edáficas.

La zona, donde se estableció el experimento, posee un relieve plano, con suelos poco profundos, de 30-40 cm, de color café a gris, y de origen calcimagnésico.

4.3.4.- Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Para el análisis del suelo se tomaron, del lote experimental, cinco muestras del suelo con base en un muestreo en zigzag a una profundidad de 0-30 cm, con el propósito de obtener una muestra representativa completa. Los análisis se realizaron en el Departamento de Edafología del Instituto de Geología, de la UNAM, de acuerdo a las siguientes técnicas:

a).- Para la determinación de la densidad aparente, se siguió el método de la probeta, modificado; Blacke (1965).

b).- La reacción del suelo se determinó en una suspensión, usando una relación suelo-agua 1:2.5. Jackson, (1964).

c).- Para la determinación del nitrógeno total, se utilizó el procedimiento Kjeldhal, A.O.A.C., (1970).

d).- En la determinación de la materia orgánica, se siguió el método de Walkley y Black, (1974).

e).- La determinación del fósforo disponible se hizo según el método de Olsen *et al.*, (1982).

f).- La capacidad de intercambio catiónico total se determinó por el método de percolación y filtración, saturando con acetato de amonio 1N pH 7 (Jackson, 1964).

g).- La capacidad de retención de fósforo en el suelo, se determinó según el método de Fitts y Waugh (1966).

h).- La textura se determinó por el método de Bouyucos (1963).

4.3.5.- Procedimiento experimental en almácigo.

4.3.5.1.- Material biológico.

Se utilizaron plantas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. var. "Rendidora").

Endófitos. El aislado micorrízico utilizado fue *Glomus fasciculatum* E₃ (Thaxter) (Gerdeman y Trappe), conservado en raíces de maíz (*Zea mays*) y pasto Rhodes (*Chloris gayana* Kunt.).

4.3.5.2.- Sustrato.

Como sustrato para la realización de este experimento se usó una mezcla de paja de arroz, suelo calcimagnésico (capa arable 0-30 cm) de la región de Alpuyecá, estado de Morelos, y arena sílica, en la proporción 1:1:1 (peso).

Para prevenir las enfermedades causadas por fitopatógenos contaminantes y hongos micorrízicos nativos, el sustrato se esterilizó de igual forma que en el experimento anterior (4.2.3).

4.3.5.3.- Inoculación y siembra del almácigo.

Las semillas fueron tratadas, superficialmente, con hipoclorito de calcio al 7.5%, durante 3 minutos, y enjuagadas con agua de la llave, esterilizada, hasta la desaparición del olor a cloro.

Siembra. Una vez lavadas y desinfectadas, las semillas fueron colocadas en las cavidades de las charolas, conteniendo el sustrato esterilizado más 3 g del inóculo del aislado de hongo micorrízico arbuscular utilizado, cubriéndolo con una ligera capa de la mezcla del sustrato. El inóculo de *Glomus fasciculatum* (E₃) consistió de segmentos de raíz (0.5-1.0 cm de longitud, aproximadamente), con 68.6% de colonización promedio, más suelo proveniente de las macetas donde se desarrolló el maíz y pasto, con un contenido de esporas aproximado de 34/gr de suelo seco, y una viabilidad de éstas del 58%.

4.3.5.4.- Riegos y soluciones nutritivas.

Para conservar la humedad del sustrato (50-60% de la capacidad de campo) y satisfacer los requerimientos hídricos de las plántulas, se aplicaron riegos ligeros con agua de la llave, diariamente a fin de mantener, aproximadamente, la humedad inicial. La aplicación de las soluciones nutritivas se realizó los días 7, 9, 14 y 16 de mayo de 1994, por la mañana, dando un total de 4 riegos.

4.3.5.5.- Diseño y variables experimentales.

El experimento III, se estableció en el campo, del 23 de mayo al 10 de septiembre de 1994, en una área de 899 m² (figura 6).

Los tratamientos correspondieron a los cuatro niveles de fertilización química con y sin la aplicación de *Glomus fasciculatum* (E₃) como inoculante (cuadro 6), de acuerdo con un diseño experimental en bloques al azar con ocho tratamientos y seis repeticiones (figura 6).

Cuadro 6. Diseño experimental del experimento III.

Tratamiento	Nitrógeno (Kg/Ha)	Fósforo (HMA)	Biofertilización
1	00	00	No Inoculado
2	60	20	No Inoculado
3	90	30	No Inoculado
4	120	40	No Inoculado
5	00	00	Inoculado
6	60	20	Inoculado
7	90	30	Inoculado
8	120	40	Inoculado

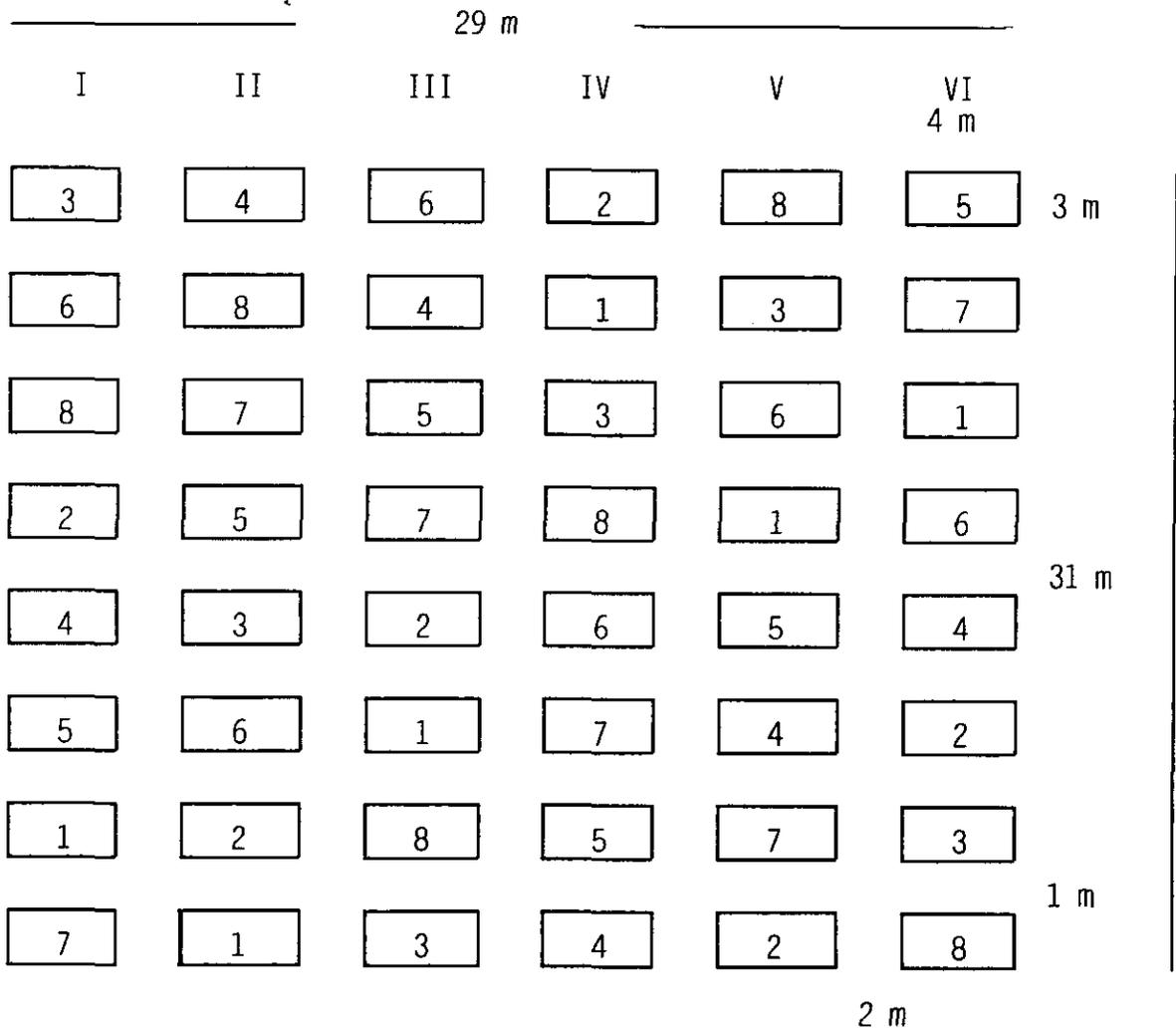
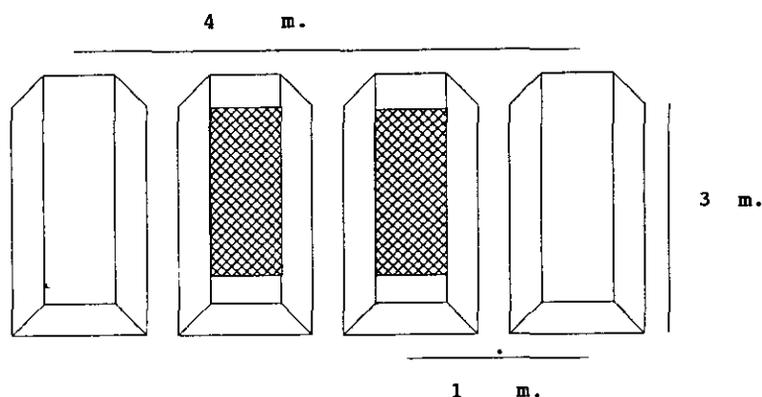


Figura 6. Distribución de los tratamientos en el campo, alojados en un diseño de bloques al azar con seis replicas.

La unidad experimental, o subparcela, estuvo constituida por 4 surcos de 3.00 m de largo, espaciados a 1.00 m entre surco y surco, en donde la parcela útil se constituyó por los dos surcos centrales, eliminándose una mata de cada extremo, de tal forma que quedaron 20 plantas útiles en competencia completa (figura 7).



 **PARCELA ÚTIL**

Figura 7. Dimensiones de la unidad experimental.

4.3.6.- Prácticas agrícolas.

4.3.6.1.- Preparación del terreno.

Para que la planta alcance su desarrollo radical óptimo, requiere de una cama de siembra bien preparada, por lo que fue necesario el arado de la tierra a 25 cm de profundidad, aproximadamente, para mejorar la estructura del suelo, lo que significa una mejor aereación y mayor capacidad de almacenamiento de agua. Posteriormente, el día 20 de mayo, se realizó el surcado con un arado de vertederas, a una separación entre surco y surco de 1.00 m. Finalmente, se procedió a trazar el experimento y realizar la distribución de las unidades experimentales con las dimensiones ya indicadas.

4.3.6.2.- Trasplante.

El trasplante se llevó a cabo el día 23 de mayo de 1994, cuando las plántulas tuvieron de 2 a 4 hojas verdaderas, una altura aproximada de 10 cm y un 29% promedio de colonización micorrízica, en las plantas inoculadas; este nivel de colonización se alcanzó a los 30 días después de sembradas, es decir, a los 25 días después de la emergencia. El trasplante se realizó aprovechando una precipitación adecuada, lo que significó una humedad suficiente para que las plántulas soportaran el cambio brusco del almácigo al campo. La operación se efectuó en forma manual, colocando en el talud del

surco un cepellón con matas integradas por 4 a 5 plantas, con una separación entre matas de 50 cm. A los 5 días se realizó un conteo de la sobrevivencia y, donde fue necesario, se hizo un replantado. A los 7 días, después del trasplante, se efectuó el aclareo eliminando las plantas excedentes dejando dos por mata, quedando las plantas más vigorosas para todos los tratamientos y obteniéndose, de este modo, una densidad poblacional de 40,000 plantas/hectárea.

4.3.6.3.- Fertilización química en campo.

Esta práctica se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos. La aplicación de fertilizantes se efectuó en forma manual, en banda y a un costado del surco, la cual se fundamentó en los tratamientos 120-40-00; 90-30-00 y 60-20-00, respectivamente, aplicados sobre una superficie de 100 m². La fertilización nitrogenada (sulfato de amonio) se fraccionó en dos partes: la primera se colocó a los 13 días del trasplante y el resto a los 20 días después de aplicada la primera. La fertilización fosfatada (superfosfato de calcio triple) se realizó en una sola aplicación, cuando se adicionó la primera fracción del nitrógeno.

4.3.6.4.- Labores de cultivo.

Para mantener, en la capa superficial del suelo, una capacidad adecuada de aereación y absorción de agua, se realizó una labor de cultivo con arado de tracción animal, a los 11 días después del trasplante, la cual consistió en aflojar la tierra entre las plantas, y destruir las malas hierbas. Esta práctica evita la competencia por luz, nutrimentos, espacio y agua. Durante el curso del experimento se realizaron tres desyerbas en forma manual.

4.3.6.5.- Control de plagas.

Las plagas que se presentaron durante el establecimiento del experimento fueron, inicialmente, "gusanos trozadores" (*Feltia spp* y *Agrostis spp*). Para combatirlos se aplicó, en el follaje, Folidol 2% a razón de 15 kg/Ha. Posteriormente, se presentó la "mosquita blanca" (*Trialeurodes vaporariorum* West.), la cual no fue necesario combatirla, debido a que las poblaciones fueron mínimas, manteniéndose así durante todo el ciclo vegetativo de la planta. Finalmente, se realizaron varias aspersiones del insecticida biológico NOVO-BIOBIT WP (*Bacillus turingensis* var. *Kurstaki*), para prevenir y controlar la presencia del gusano del fruto (*Heliothis suflexa* Gueneé).

4.3.6.6.- Cosecha.

La cosecha se inicio el 11 de agosto de 1994, cuando la mayoría de las plantas tenían de 1 a 2 frutos maduros, lo cual ocurrió a los 77 días después del trasplante, finalizando a los 108 días. Durante el período de cosecha se realizaron un total de 8 cortes, a intervalos de 3-5 días. No obstante, debe aclararse que el primer corte sufrió un retraso de 7 días (cuadro 7).

Cuadro 7. Actividades realizadas durante el establecimiento del cultivo, a nivel de almácigo y campo.

Fecha	Actividad	Observación
25/IV/94	Siembra	- Desinfección de semillas con Hipoclorito de calcio al 7.5% por 3 min.
30/IV/94	"Arada"	- Inoculación y siembra de los semilleros. - 25 cm de profundidad.
02/V/94	Suspensión bacteriana	- Aplicación de 5 ml de la suspensión por cavidad.
2-4/V/94	Aclareo de charolas	- 5 plántulas por cavidad.
06/V/94	Fertilización	- 1ra. fertilización en almácigo.
08/V/94	Fertilización	- 2da. fertilización en almácigo.
13/V/94	Fertilización	- 3ra. fertilización en almácigo.
16/V/94	Fertilización	- 4ta. fertilización en almácigo.
20/V/94	Surcado	- 1 m entre surco y surco.
22/V/94	Trazo del experimento	- Distribución de las parcelas experimentales.
23/V/94	Trasplante	- 4 a 5 plántulas por mata.
28/V/94	Replanteo	- Substitución de plántulas muertas.
	Control de plagas	- Folidol 2%, 15 Kg/ha.
	Estrés al trasplante	- Cuantificación de plántulas muertas.
30/V/94	Aclareo.	- Eliminación de plántulas excedentes.
05/VI/94	Fertilización	- 1ra. fertilización en campo.
05/VI/94	Labores de cultivo	- Tracción animal.
11/VI/94	Control de plagas	- Folidol 2%, 15 Kg/ha.
11/VI/94	1ra desyerba	- Eliminación de malezas.
25/VI/94	Fertilización	- 2da. fertilización en campo.
02/VII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
09/VII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
20/VII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
	2da desyerba	- Eliminación de malezas.
25/VII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
29/VII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
	Riego	- Ligero, por gravedad.
10/VIII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
11/VIII/94	Cosecha	- 1 a 2 frutos maduros en la plantas.
16/VIII/94	Cosecha	- Frutos grandes y medianos.
	3a desyerba	- Eliminación de malezas.
20/VIII/94	Control de plagas	- NOVO-BIOBIT WP.
21/VIII/94	Cosecha	- Frutos maduros.
26/VIII/94	Cosecha	- Frutos maduros.
30/VIII/94	Cosecha	- Frutos maduros.
03/IX/94	Cosecha	- Predominio de frutos medianos y chicos.
06/IX/94	Cosecha	- Predominio de frutos medianos y chicos.
10/IX/94	Cosecha	- Predominio de frutos chico.

4.3.7.- Variables de respuesta en campo.

Durante el ciclo del cultivo, se llevó a cabo el registro de datos de las diferentes variables de respuesta. Las variables que se consideraron necesarias para el cumplimiento de los objetivos del trabajo se indican a continuación: Resistencia al trasplante, rendimiento total de frutos, categoría comercial (RC), frutos grandes (TG), frutos medianos (TM), frutos chicos (TCH), así como número total de frutos, en sus respectivas categorías.

4.3.7.1.- Resistencia al trasplante.

En toda la unidad experimental, se muestreó y contabilizó la población de plantas vivas al final del experimento. Los datos de número de plantas vivas, se transformaron a porcentajes, considerando la densidad original de plantas. Los datos obtenidos en porcentaje se transformaron mediante la fórmula arco seno % (Reyes-Castañeda, 1984).

4.3.7.2.- Rendimiento total de frutos comerciales.

Durante la cosecha, los datos de peso de los frutos se tomaron de acuerdo con su categoría y tamaño (Say y Miranda, 1986; y Saray y Loya, 1987), quedando dentro de la categoría comercial (RC): Todos aquellos frutos que presentaron una buena forma y firmeza, color uniforme y sin daño de tipo fisiológico, o causado por plaga o enfermedad.

4.3.7.2.1.- Peso total de frutos grandes (TG).

Con diámetro mayor de 4.5 cm.

4.3.7.2.2.- Peso total de frutos medianos (TM).

Con diámetro mayor de 3.0 cm y menor o igual a 4.5 cm.

4.3.7.2.3.- Peso total de frutos chicos (TCH).

Con diámetro mayor de 1.5 cm y menor o igual a 3.0 cm.

4.3.7.3.- Número total de frutos comerciales.

Durante la cosecha, el número de frutos se tomó de acuerdo con su categoría y tamaño (Say y Miranda, 1986; y Saray y Loya, 1987), considerando la clasificación, por diámetro, arriba indicada (figura 8).



Figura 8. Desarrollo de *Physalis ixocarpa* en campo a los 90 días después del trasplante. El cultivo se encuentra en plena floración y fructificación.

4.3.8.- Análisis Estadístico.

Los datos, para cada una de las variables de respuesta, fueron analizados bajo el diseño de experimentos simples, comprendidos en un diseño experimental de bloques al azar, con seis réplicas. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS en la computadora AcerPower 386SX del Departamento de Edafología, del Instituto de Geología de la UNAM. Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos en el estudio. En todos los casos, se emplearon niveles de significancia al 5 y al 1% de probabilidad (Reyes, 1984).

V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1.- Experimento I. Determinación de la dependencia a la micorriza arbuscular (M.A), bajo condiciones de invernadero.

El 25 de junio de 1993, 30 días después de la emergencia, se evaluaron las variables de respuesta establecidas en el diseño experimental.

5.1.1.- Porcentaje de sobrevivencia.

Los resultados obtenidos para esta variable, aparecen en el cuadro 8, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro A-2 del Apéndice), muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P < 0.01$).

Cuadro 8. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos endomicorrízicos arbusculares (HMA), respecto a la sobrevivencia de las plántulas.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	41.3 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	77.0 b
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	83.5 b
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	86.0 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Al analizar el cuadro, se observa que los valores máximos en la sobrevivencia se obtuvieron con el tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2), con un promedio del 86.0. Este tratamiento fue estadísticamente similar a los tratamientos 1 y 4 (inoculados con *Glomus spp* 1 y con *Glomus*

4.3.8.- Análisis Estadístico.

Los datos, para cada una de las variables de respuesta, fueron analizados bajo el diseño de experimentos simples, comprendidos en un diseño experimental de bloques al azar, con seis réplicas. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS en la computadora AcerPower 386SX del Departamento de Edafología, del Instituto de Geología de la UNAM. Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos en el estudio. En todos los casos, se emplearon niveles de significancia al 5 y al 1% de probabilidad (Reyes, 1984).

V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1.- Experimento I. Determinación de la dependencia a la micorriza arbuscular (M.A), bajo condiciones de invernadero.

El 25 de junio de 1993, 30 días después de la emergencia, se evaluaron las variables de respuesta establecidas en el diseño experimental.

5.1.1.- Porcentaje de sobrevivencia.

Los resultados obtenidos para esta variable, aparecen en el cuadro 8, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro A-2 del Apéndice), muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P < 0.01$).

Cuadro 8. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos endomicorrízicos arbusculares (HMA), respecto a la sobrevivencia de las plántulas.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	41.3 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	77.0 b
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	83.5 b
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	86.0 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Al analizar el cuadro, se observa que los valores máximos en la sobrevivencia se obtuvieron con el tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2), con un promedio del 86.0. Este tratamiento fue estadísticamente similar a los tratamientos 1 y 4 (inoculados con *Glomus spp* 1 y con *Glomus*

fasciculatum, respectivamente). Al respecto, Wilson (1988), al estudiar las respuestas diferenciales de las plantas con dos hongos MA, demostró que los diferentes hongos aislados del mismo suelo, pueden interactuar de manera diferente con una misma planta hospedera. Además, este efecto benéfico, que se tradujo en índices altos de sobrevivencia, fue posible observarlo quizás, por una parte, al buen manejo del experimento y, por la otra, a la utilización de inóculos libres de patógenos radicales.

El análisis estadístico indicó, además, que el tratamiento 3 (inoculado con *Glomus spp* 3), resultó ser el que presentó el menor índice de sobrevivencia, con una media de 41.3 y, además, resultó estadísticamente diferente a los demás tratamientos.

Al comparar los tratamientos 1, 2 y 4, con respecto al 3 (cuadro 8), se observa, claramente, un incremento en sobrevivencia, de 108%, con la utilización de *Glomus spp* 2 (figura 9).

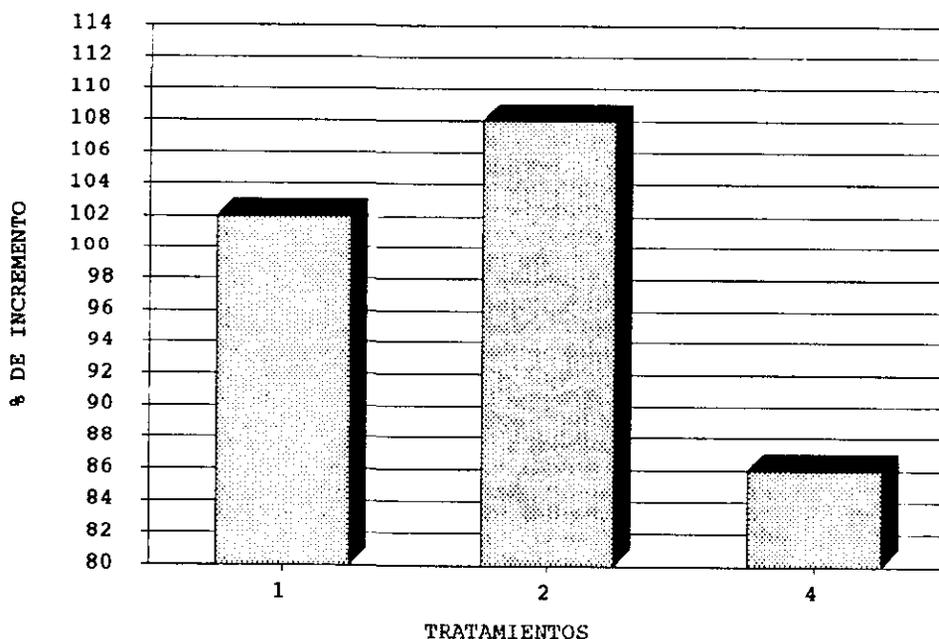


Figura 9. Efecto en la sobrevivencia de plántulas, respecto al tratamiento 3, (inoculado con *Glomus spp* 3).

5.1.2.- Peso fresco del follaje.

El análisis estadístico para esta variable (cuadro A-4 del Apéndice) mostró un efecto altamente significativo en la mayoría de los tratamientos analizados ($P < 0.01$).

El promedio de los pesos frescos de las plántulas, en gramos, obtenidos

para cada uno de los tratamientos estudiados, se presenta en el cuadro 9, que incluye la prueba de Tukey al 1% de probabilidad.

Cuadro 9. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos (HMA), respecto al peso fresco total.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (g/rep.)
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	0.3198 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	0.3585 a b
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	0.4047 a b
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	0.4221 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

En el mismo cuadro, se observa que el máximo rendimiento de materia fresca lo produjo el tratamiento 1 (inoculado con *Glomus spp* 1).

Al analizar el cuadro antes indicado, se observa que los mayores pesos los presentaron las plantas inoculadas con *Glomus spp* 1. Sin embargo, este tratamiento fue estadísticamente similar al tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2) y al 4 (inoculado con *Glomus fasciculatum*).

En este mismo análisis se muestra, además, que los rendimientos de los tratamientos: 3 (inoculado con *Glomus spp* 3); 4 (inoculado con *Glomus fasciculatum*) y 2 (inoculado con el *Glomus spp* 2), resultaron estadísticamente similares. El rendimiento más bajo lo presentó el tratamiento 3 (inoculado con *Glomus spp* 3), con un promedio de 0.31 g por repetición. Estos resultados son acordes con los de Palacios *et al.*, (1986 y 1987); Schubert *et al.*, (1988); y Wilson (1988) entre otros autores, quienes indican que algunos endófitos micorrízicos pueden ser más efectivos que otros.

Al comparar el tratamiento 3 (inoculado con *Glomus spp* 3), con el 4 (inoculado con *Glomus fasciculatum*), se encontró que este último tratamiento tuvo un incremento de 12.10%, en peso fresco. El tratamiento 2, (inoculado con *Glomus spp* 2) alcanzó un incremento de 26.55% con respecto al 3 y, finalmente, el 1 (inoculado con *Glomus spp* 1) mostró un incremento de 32.03%; también, respecto al 3, en esta misma variable de respuesta (figura 10). Los diferentes grados de respuesta entre aislados fúngicos se debe, probablemente, a la diferente efectividad de los hongos en este hospedero. Estos resultados concuerdan con lo publicado por Khan (1980), quien indica que, entre los diferentes endófitos, se encuentran diferencias cuantitativas en el crecimiento de plantas de cebolla, atribuyéndose estas diferencias a la mayor o menor producción de hifas extramatriciales.

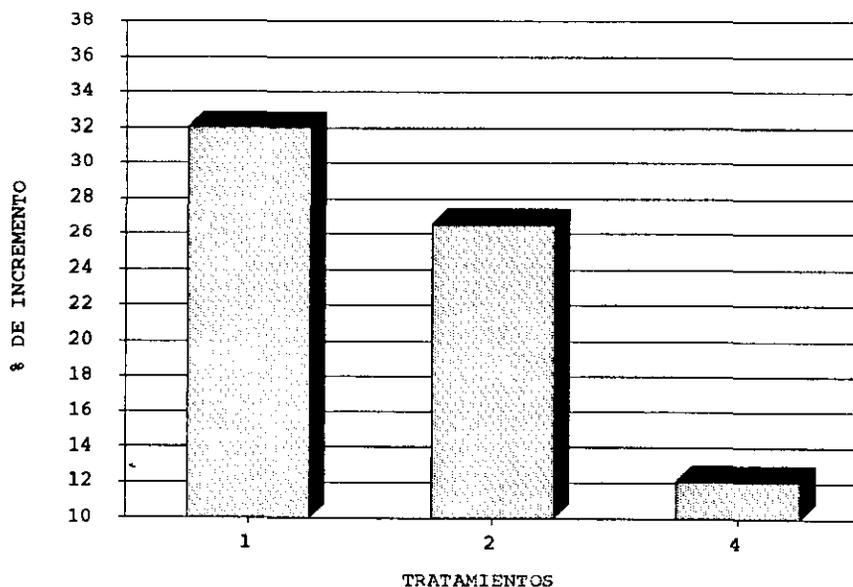


Figura 10. Efecto en el peso fresco de plántulas, respecto al tratamiento 3, (inoculado con *Glomus spp* 3).

Al comparar los tratamientos 1, 2 y 4, con respecto al 3 (inoculado con *Glomus spp* 3), se observó un aumento en el peso fresco, con *Glomus spp* 1. Este efecto positivo entre cultivos monospóricos nativos de la región de Miacatlán, Morelos se debe, tal vez, a la mayor efectividad de este aislado endomicorrízico, además de su elevada capacidad para colonizar la raíz. Estos resultados concuerdan con los resultados de Palacios et al. (1987), quienes obtuvieron incrementos del orden del 45% al inocular plantas de cebolla var. "Cojumatlán" con el hongo endomicorrízico *Glomus fasciculatum*, comparadas con aquellas plantas inoculadas con *Glomus caledonius*. Además, estos mismos investigadores observaron los mayores incrementos (61.53%) en cebolla var. "Santa Cruz", con el hongo endomicorrízico *Glomus fasciculatum*, en comparación con *Gigaspora margarita*. Sobre esta misma variable de respuesta, Louis y Lim (1988) encontraron, con *Glomus clarum* A, el máximo incremento (54%) con respecto al obtenido con *Glomus clarum* B, en plantas de soya, fertilizadas con 5 g de superfosfato, en un suelo no estéril. Por otra parte, Khan (1980), logró obtener incrementos superiores a 1280% al inocular plantas de cebolla con *Glomus fasciculatum*, comparadas con aquellas inoculadas con *Sclerocystis rubiformis*.

5.1.3.- Rendimiento de materia vegetal seca.

El rendimiento de materia vegetal seca es una de las variables de respuesta más importantes para medir el vigor que alcanzaron las plantas (Soto, 1988; citado por Quezada, 1992).

Los resultados obtenidos para esta variable, se presentan en el cuadro 10, en el que se incluye la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro A-6 del Apéndice) muestra diferencias altamente significativas en la mayoría de los tratamientos ($P < 0.01$). Estos resultados concuerdan con los de Louis y Lim (1988), quienes indican evidencias claras acerca de la existencia de diferencias en la especificidad.

El mayor peso seco de las plántulas, se obtuvo con el tratamiento 1 (inoculado con *Glomus spp* 1). No obstante, este tratamiento fue, estadísticamente, similar al tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2).

Cuadro 10. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos (HMA), sobre el peso seco total de plántulas.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (g/rep.)
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	0.0289 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	0.0363 ab
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	0.0426 bc
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	0.0474 c

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Los valores medios en materia seca fueron observados en los tratamientos 2 y 4 (inoculados con *Glomus spp* 2 y con *Glomus fasciculatum*, respectivamente). Finalmente, la producción más baja, en relación a esta variable de respuesta, se observó en el tratamiento 3 (inoculado con el *Glomus spp* 3). No obstante, este tratamiento resultó ser, estadísticamente, similar al tratamiento 4 (inoculado con *Glomus fasciculatum*).

Al observar los resultados obtenidos con los tratamientos 1 (inoculado con *Glomus spp* 1), con respecto al 3 (inoculado con *Glomus spp* 3), se nota que el aislado endomicorrízico M1 fué el más efectivo, ya que dió un incremento de 65% (figura 11). Efectos similares fueron obtenidos por Palacios *et al.* (1987), al conseguir incrementos del 50%, al inocular plantas de cebolla var "Santa Cruz" con *Glomus fasciculatum*, comparados con *Gigaspora margarita*; e incrementos del orden del 112.9% al inocular con *Gigaspora margarita* en cebolla var. "Cojumatlan", comparadas, a su vez, con aquellas inoculadas con *Glomus caledonius*. Así mismo, Plenchette *et al.* (1982), obtuvieron incrementos del 84.22%, al inocular plantas de poro con *Glomus monosporum*, respecto a las inoculadas con *Gigaspora calospora*. Sobre esta variable de respuesta, Schuber *et al.* (1988), al estudiar el crecimiento y la colonización de la raíz de la vid, inoculada con cinco diferentes endófitos micorrízicos y en tres suelos diferentes, encontraron que, *Glomus monosporum*, *Glomus occulum* y *Glomus sp* E3 fueron los que más incrementaron el peso seco del tallo, indicando, además, incrementos del 309.2% al utilizar el hongo *Glomus sp* E₃ en comparación con aquellas plantas inoculadas con *Glomus*

fasciculatum. Los resultados de este estudio sugieren que algunos hongos MA son mas efectivos que otros.

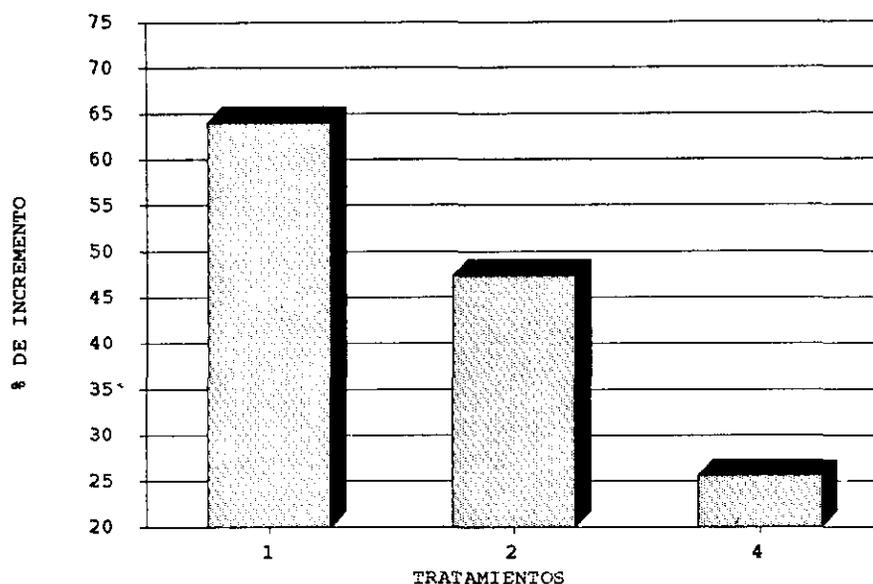


Figura 11. Efecto en el peso seco de plántulas, respecto al tratamiento 3 (inoculado con *Glomus* spp 3).

Khan (1980), menciona incrementos del 1280%, en esta misma variable, al inocular plantas de cebolla con *Glomus fasciculatum* E₃, comparadas con aquellas cebollas desarrolladas en simbiosis con el hongo *Sclerocystis rubiformis*, indicando que la inoculación con diferentes endófitos vesículo-arbusculares presentó diferentes efectos en el crecimiento de cebolla; este efecto lo atribuyó a que *Sclerocystis rubiformis* presentó una colonización más localizada, mientras que el crecimiento de *Glomus fasciculatum* E₃ fue más generalizado, produciendo mas hifas extramatriciales.

Raju et al. (1990), indican que los mayores incrementos (144%) se obtienen al inocular plantas de sorgo con *Glomus fasciculatum*, comparadas con aquellas plantas inoculadas con *Glomus intraradices*. Indicando que las razones de por qué las plantas de sorgo no respondieron favorablemente a *Glomus intraradices* son desconocidas. El efecto benéfico de una asociación de *Glomus intraradices* con plantas de sorgo parece ser menor.

Efectos importantes fueron encontrados, también, por Plenchette et al. (1982), quienes obtuvieron incrementos superiores al 84.22%, al inocular plantas de poro con *Glomus monosporum*, respecto a las inoculadas con *Gigaspora calospora*.

De los cuatro aislados de hongos (MA), ensayados en este experimento, *Glomus* spp 1 estimuló el mayor rendimiento de materia seca de las plantas de

tomate. Estos resultados confirman el criterio de algunos investigadores acerca de que, en las interacciones que hacen mas complejo el sistema micorrízico, se encuentra el hecho de que los endófitos difieren grandemente en su capacidad para incrementar el crecimiento de las plantas (Khan, 1980; Palacios *et al.*, 1987; Louis y Lim, 1988; Schubert, 1988; Raju *et al.*, 1990). Aún aquellos hongos micorrízicos V.A. nativos, aislados del mismo suelo, pueden interactuar con la planta hospedera en la cual producirían grandes diferencias (Wilson, 1988). En este caso, es aplicable el concepto de efectividad, es decir, el grado de compatibilidad entre el hongo endomicorrízico y la planta hospedera, de cuya relación deriva el mayor o menor beneficio a la planta (Palacios *et al.*, 1987).

5.1.4.- Altura de la Planta.

Esta es, quizá, una de las variables de respuesta que muestra, en la mayoría de los experimentos, una respuesta baja o nula a los diferentes tratamientos en estudio; este hecho coincide con lo encontrado por otros autores Khan 1980; Plenchette *et al.*, 1982; Musito, 1990; Jaime y Urbano, 1991; Castillo, 1993.

El análisis estadístico (cuadro A-8 del Apéndice), para esta variable, no mostró un efecto significativo ($P < 0.05$), entre los tratamientos estudiados. Palacios *et al.* (1987), al estudiar el efecto de la inoculación de dos variedades de cebolla con 4 hongos endomicorrízicos en un suelo deficiente en fósforo, concluyeron que la inoculación con *Glomus fasciculatum* estimuló grandemente el crecimiento de la planta; lo que significa que, sobre esta variable de respuesta, el efecto puede variar según la planta hospedera.

La altura promedio de cada uno de los tratamientos estudiados, se presentan en el cuadro 11, el cual incluye la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Cuadro 11. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos (HMA), en la altura de las plántulas.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (cm)
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	5.45 a
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	5.52 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	6.22 a
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	6.23 a

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

En términos generales, los valores promedio que se muestran en el cuadro, indican que las plantas más altas se desarrollaron con los

tratamientos 3 y 4 (inoculados con *Glomus spp* 3 y con *Glomus fasciculatum*, respectivamente), las cuales obtuvieron valores que superaron al promedio general (5.75 cm).

Sin embargo, la mayor altura (aproximadamente de 6.23 cm), se presentó con el 3 (inoculado con *Glomus spp* 3). No obstante, en el cuadro se puede observar que las diferencias numéricas muestran que las plantas del tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2), con altura promedio de 5.45 cm, presentaron un menor crecimiento.

Estos resultados, dan indicios de la efectividad de algunos aislados de (HMA) para incrementar la altura de la planta; como ocurrió con los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 3 hasta en un 14.35%, con respecto al tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2) (figura 12). No obstante, Khan en 1980, al inocular plantas de cebolla con el hongo *Glomus fasciculatum* (E₃) obtuvo el mayor incremento, el cual fue del orden de 5.06%, comparado con el de las inoculadas con *Sclerocystis rubiformis*. Sobre esta variable de respuesta, Plenchette *et al.* (1982), obtuvieron incrementos significativos al inocular plantas de manzano con cuatro diferentes endófitos, además, mencionan que el máximo incremento (217.12%) se obtuvo al inocular plantas con *Glomus sp* #2, comparado con las inoculadas con *Gigaspora calospora*.

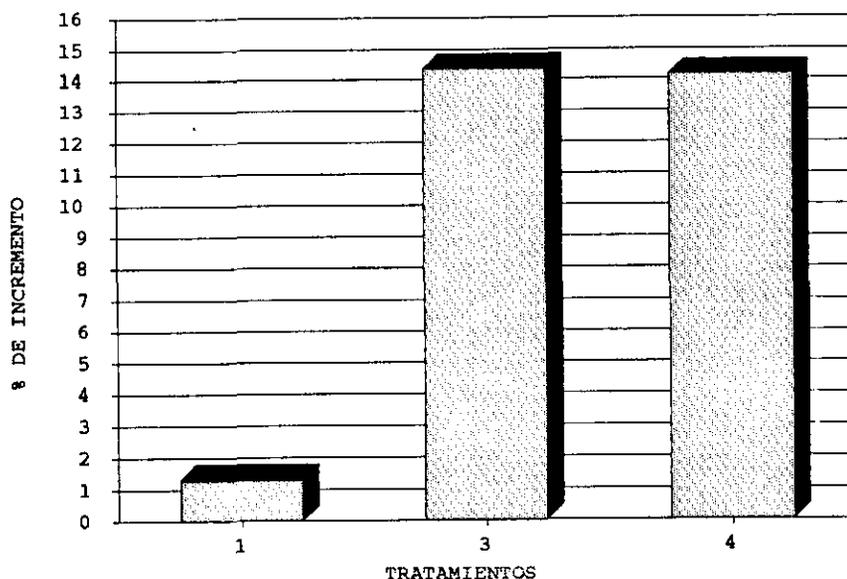


Figura 12. Efecto de la MA en la altura, respecto al tratamiento 2, (inoculado con *Glomus spp* 2).

5.1.5.- Volumen de la raíz.

Una alta densidad de ramificación de las raíces más finas, es el resultado de una elongación reducida y de un incremento simultáneo del desarrollo de las raíces laterales, presentándose las condiciones óptimas para el desarrollo de la micorriza (Feil *et al.*, 1988).

El substrato de suelo-arena sílica (1:1) utilizado en el ensayo de inoculación, se recomienda como un buen medio para la producción masiva de raíces en condiciones de inoculación (Sreenivasa y Bagyaraj, 1988; Palacios-Mayorga *et al.*, 1992).

En esta variable, con el análisis de varianza al 1% de probabilidad, se aprecian diferencias altamente significativas entre tratamientos (cuadro A-10 del Apéndice). Asimismo, la prueba de Tukey ($P < 0.01$) indica que, estadísticamente, los tratamientos en estudio resultaron diferentes (cuadro 12). Estos resultados coinciden con lo indicado por Plenchette *et al.* (1982); Louis y Lim (1988); Schubert *et al.* (1980); Simson y Daft (1990); y Raju *et al.* (1990).

Cuadro 12. Efecto de la inoculación con cuatro aislados de hongos (MA), en el volumen de raíz de plántulas.

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (cc/rep)
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	0.65 a
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 3	0.72 a b
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	0.85 a b
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	1.03 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Al analizar el cuadro 12, se observa que la mayor producción de raíz la presentó el tratamiento 1 (inoculado con *Glomus spp* 1), con una media de 1.03 cc (promedio de 5 plántulas analizadas). No obstante, este tratamiento resultó ser estadísticamente igual al tratamiento 2 (inoculado con *Glomus spp* 2) y al tratamiento 3 (inoculado con *Glomus spp* 3).

En el mismo cuadro se observa, además, que el menor valor del volumen de la raíz, con una media de 0.65 cc, lo presentó el tratamiento 4 (inoculado con *Glomus fasciculatum*). Sin embargo, este tratamiento resultó ser estadísticamente similar a los tratamientos 3 y 2, inoculados con *Glomus spp* 3 y con *Glomus spp* 2, respectivamente.

Se indica, además, en el mismo cuadro, que las plantas del tratamiento 1 (inoculado con *Glomus spp* 1), presentaron el máximo desarrollo radical. Mientras que el valor más bajo, se observó con el 4 (inoculado con *Glomus*

fasciculatum). Al comparar estos tratamientos, con respecto al 4, se observa claramente, que con *Glomus spp* 1, se obtuvieron incrementos del orden de 57.14% (figura 13). Estos resultados son superiores a los obtenidos por Louis y Lim (1988), quienes al estudiar las diferentes respuestas del crecimiento y colonización micorrízica en soya, inoculada con dos aislados de *Glomus clarum*, en suelos con diferente disponibilidad de fósforo, encontraron que al no aplicarse fósforo al suelo, el aislado de *Glomus clarum* A, incrementó el peso fresco de la raíz hasta en un 19.67%, con respecto al aislado de *Glomus clarum* B. Sin embargo, Raju *et al.* (1990), al estudiar los efectos de tres especies de hongos (MA) en el crecimiento y nutrición mineral de sorgo, a diferentes temperaturas, encontraron que la mayor longitud de la raíz (cm/planta) y el máximo incremento en la nutrición (1128 y 157%, respectivamente), se obtuvieron con la colonización de *Glomus macrocarpum* y *Glomus fasciculatum* con respecto a *Glomus intraradices*.

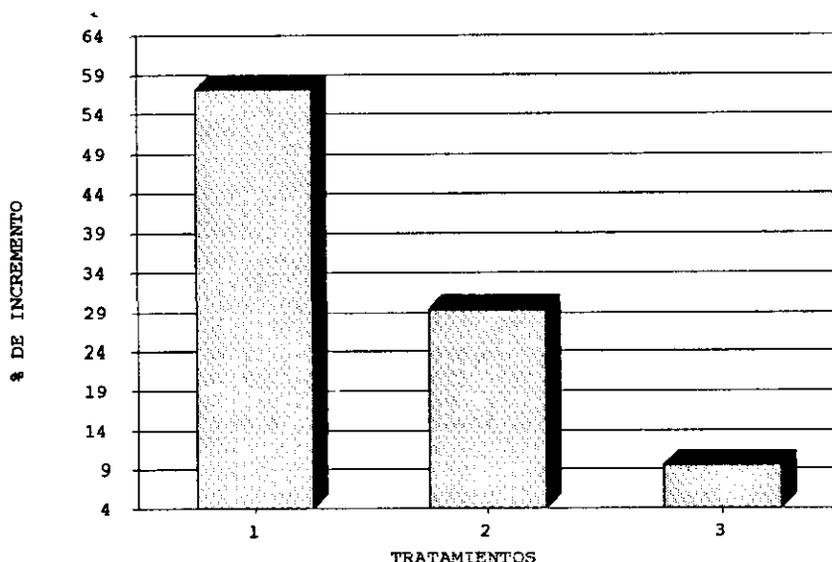


Figura 13. Efecto de la MA en el volumen de raíz, respecto al tratamiento 4, (inoculado con *Glomus fasciculatum*).

Schubert (1988), al estudiar el crecimiento y colonización de raíces de vid, inoculada con cinco diferentes endófitos micorrízicos en tres suelos distintos, concluyó que en el suelo A se incrementó la longitud de la raíz hasta en un 49%, con *Glomus occulum*, con respecto a *Glomus fasciculatum*. En el suelo B, la raíz se incrementó con *Glomus monosporum* hasta 318%, con respecto a *Glomus caledonium* y en el suelo C, con *Glomus occulum* alcanzó hasta 187% de incremento, con respecto a *Glomus monosporum*.

Plenchette *et al.* (1982), al estudiar los efectos de diferentes hongos endomicorrízicos en el crecimiento de cinco plantas hospederas; encontraron que el mayor incremento en peso seco de raíz (84% en plantas de poro), se obtuvo con *Glomus monosporum*, con respecto a *Gigaspora calospora*.

Simson y Daft (1990), al estudiar las interacciones de diferentes inóculos de micorriza al estrés hídrico, en el crecimiento de plantas de maíz y sorgo, así como en el desarrollo de la micorriza indican que, en cuanto a esta variable, para el maíz se obtiene el máximo incremento (49.01%) al utilizar el hongo *Glomus clarum*, en contraste con el inoculado con *Acaulospora sp* y, para el sorgo, se observó un incremento en la raíz de 186.9% al inocular con *Acaulospora morroweae*, comparado con el inoculado con *Acaulospora sp*. Lo anterior pone de manifiesto la diferencia en efectividad entre los distintos endófitos.

5.1.6.- Porcentaje de colonización.

Todos los inóculos usados en este experimento, produjeron endomicorriza en el tomate de cáscara (figuras 14, 15 y 16). Esto se confirma con el trabajo de Plenchette *et al.* (1982), quienes demostraron que los hongos endomicorrízicos no son altamente específicos.



Figura 14. Microfotografía óptica (10X) de raíces densamente colonizadas, notándose un desarrollo importante de micelio externo (ME). Las raíces proceden de plántulas de 30 días crecidas en almácigo.

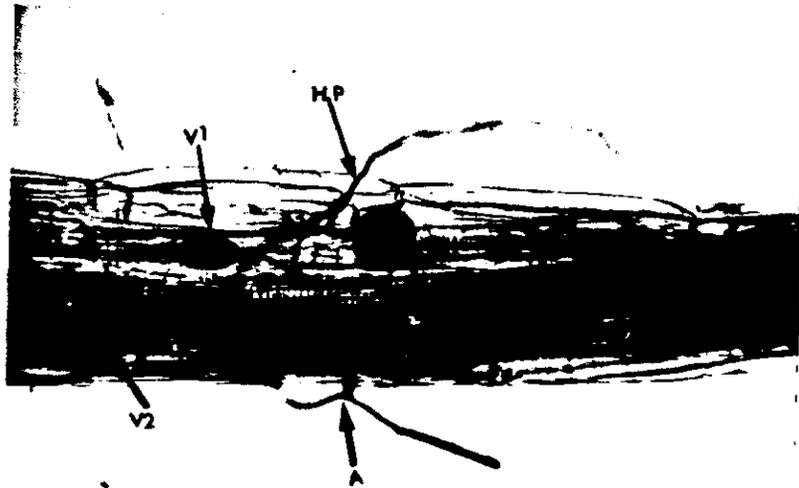


Figura 15. Microfotografía óptica de una raíz de plántulas a 30 días crecida en almácigo. Se observa el desarrollo del micelio interno con vesículas inter e intracelulares (V1 y V2) e hifas de penetración (HP) que forman apresorios (A).



Figura 16. Formación de una hifa de penetración (HP) a partir del tubo de germinación (TG) de una espora (E). Microfotografía óptica 20X.

No obstante, la intensidad de la colonización varió, grandemente, con los diferentes hongos utilizados, por esta razón, el análisis de varianza, para esta variable, arrojó resultados diferentes, estadísticamente, entre tratamientos, al 1% de probabilidad (cuadro A-12 del Apéndice), lo cual indica que la inoculación con *Glomus* spp 2 tiene influencia directa y

positiva en la colonización de la raíz del tomate de cáscara. Plenchette et al. (1982), para explicar los diferentes índices de colonización endomicorrízica, en una planta hospedera determinada, sugieren que el hongo puede variar su potencial de colonización, bajo las condiciones del estudio. Sin embargo, también, es probable que el inóculo de algunas especies no estuviera en condiciones fisiológicas favorables.

Los valores promedio de la colonización se presentan en el cuadro 13, incluyendo la prueba de Tukey al 1% de probabilidad, con lo cual no se observaron diferencias significativas en los niveles de colonización entre los tratamientos 2 y 4 (inoculado con *Glomus spp* 2 y con *Glomus fasciculatum*, respectivamente), en comparación con el tratamiento 3 (inoculado con *Glomus spp* 3) y el tratamiento 1 (inoculado con *Glomus spp* 1).

Cuadro 13. Niveles de colonización obtenidos con cuatro hongos (HMA).

TRAT.	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
1	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 1	46.06 a
3	Inoculado con <i>Glomus spp</i>	48.24 a
4	Inoculado con <i>Glomus fasciculatum</i>	57.15 b
2	Inoculado con <i>Glomus spp</i> 2	60.91 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Como se observa en el cuadro 13, el valor más bajo en la colonización se presentó con *Glomus spp* 1 (tratamiento 1). En este caso, no se apreció un efecto directo entre la colonización y la estimulación del crecimiento vegetativo. Estos resultados están de acuerdo con lo detectado por Plenchette et al. (1982) y Schubert et al. (1988).

Al comparar los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 2 (tratamiento 2) y con *Glomus spp* 1 (tratamiento 1), se observa que los niveles de colonización producidos por estos hongos fueron los más altos y bajos, respectivamente, obteniéndose un incremento del 32% en el primero (figura 17). En donde se observa que no siempre se presenta una relación directa entre los niveles de colonización y la efectividad. Estos resultados concuerdan con lo indicado por Khan (1980) quien menciona que, para la cebolla, los mayores porcentajes de raíz colonizada obtenidos con *Glomus fasciculatum* E₃ correspondieron con un estímulo significativo en el crecimiento de las plantas, que se tradujo en incrementos del 778.7% con respecto a los tratamientos inoculados con *Sclerocystis rubiformis*.

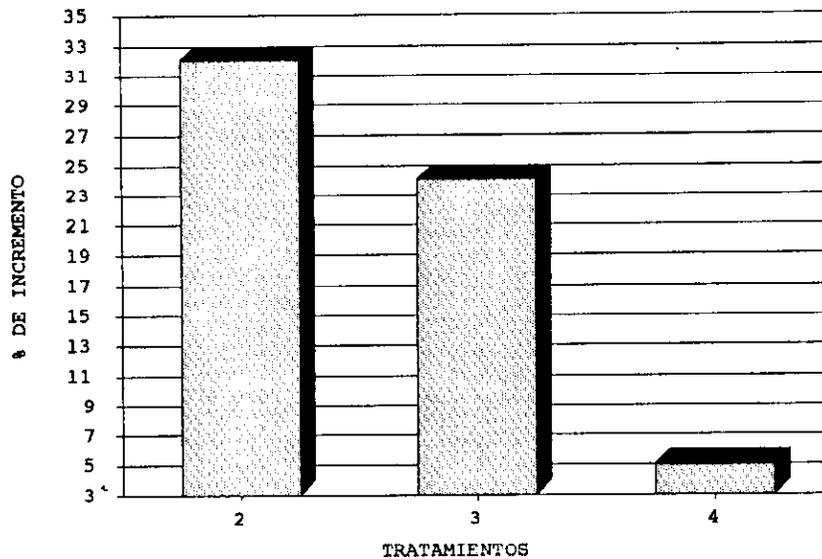


Figura 17. Incremento en colonización obtenido con respecto al tratamiento 1, (inoculado con *Glomus spp* 1).

Simson y Daft (1990), mencionan que los pesos más grandes en maíz y en sorgo, así como los niveles más altos de colonización bajo condiciones de estrés, los obtuvieron con *Glomus clarum*. Indicando, además, que con *Acaulospora sp* se incrementa la colonización en el maíz hasta en un 77.37% y en el sorgo 29.75%, con respecto a lo obtenido con *Acaulospora morroweae*.

Plenchette *et al.* (1982), indican que en el manzano, la mayor producción de biomasa seca, tanto de tallos como de raíces, se obtuvo con aquellas plantas que presentaron un 100% de colonización por el hongo *Glomus epigaeus*, obteniendo hasta un 1566.6% de incremento en la colonización de la raíz con respecto a las inoculadas con el endófito *Glomus macrocarpus*. Estos mismos investigadores, mencionan que en el cultivo del poro se presenta la misma tendencia, obteniéndose la mayor producción de materia seca foliar en aquellas plantas que obtuvieron el máximo índice de colonización con *Glomus epigaeus*; 1087% de incremento, en comparación con aquellas plantas inoculadas con *G. macrocarpus*.

5.2.- Experimento II. Determinación del efecto de cinco niveles de fósforo en la colonización y desarrollo en almácigo, bajo condiciones de invernadero.

Los datos de las 5 variables de respuesta evaluadas, se concentran en los cuadros B-1, B-3, B-5, B-7 y B-9 y, en los cuadro B-2, B-4, B-6, B-8 y B-10 del apéndice, se presentan los análisis de varianza respectivos. Estos análisis muestran que tanto las soluciones nutritivas como la inoculación provocaron variaciones altamente significativas en todas las variables de respuesta evaluadas en esta planta.

5.2.1.- Peso fresco del follaje.

La inoculación con *Glomus fasciculatum* y la solución nutritiva con 6 ppm de fósforo (tratamiento 9), son los factores que más influyeron positivamente en la capacidad de la planta para crecer y producir biomasa; quizás por esta razón, el análisis de varianza (cuadro B-2 del Apéndice) muestra diferencias altamente significativas en los tratamientos estudiados (cuadro 14), entre los cuales destacaron los siguientes: 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); y 3 (testigo más 4 ppm de P); que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. Estos resultados tienen cierta semejanza con los resultados de Waterer y Coltman (1988); y Amijee *et al.* (1988 y 1990), quienes indican que los pesos frescos totales, tanto en jitomate como en cebolla, fueron influenciados de manera semejante por la variación de los niveles de fertilizante fosfórico.

Cuadro 14. Efecto de la inoculación con dos aislados de hongos endomicorrízicos arbusculares (HMA) y 5 niveles de fósforo, en el peso fresco.

TRAT	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (g/muestra)
9	<i>Glomus fasciculatum</i> más 6 ppm de P	18.9a
10	<i>Glomus fasciculatum</i> más fertilización química INIA-SARH	17.2ab
8	<i>Glomus fasciculatum</i> más 4 ppm de P	16.9ab
3	Testigo más 4 ppm de P	15.3abc
7	<i>Glomus fasciculatum</i> más 2 ppm de P	14.9 bcd
2	Testigo más 2 ppm de P	14.8 bcd
4	Testigo más 6 ppm de P	14.3 bcd
15	<i>Glomus spp</i> 1 más fertilización química INIA-SARH	14.3 bcd
12	<i>Glomus spp</i> 1 más 2 ppm de P	13.5 bcd
13	<i>Glomus spp</i> 1 más 4 ppm de P	13.3 bcd
14	<i>Glomus spp</i> 1 más 6 ppm de P	11.7 cde
6	<i>Glomus fasciculatum</i> únicamente	11.0 de
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	8.9 e
1	Testigo absoluto	8.5 e
5	Testigo y fertilización química INIA-SARH	8.2 e

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra, son significativamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

En el cuadro 14 se observa que los tratamientos: 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 2 (testigo más 2 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); y 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P), resultaron estadísticamente iguales.

El análisis estadístico indicó, además, que en los tratamientos: 3 (testigo más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 2 (testigo más 2 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P) y 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P), los valores en peso, fluctuaron de 11.76 a 15.37, y no presentaron diferencias significativas.

En el mismo cuadro, se indica que los tratamientos: 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 2 (testigo más 2 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P) y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente), resultaron iguales.

Por último, los tratamientos que presentaron los valores más bajos de producción de materia fresca, como se muestra en este mismo cuadro, y que tampoco presentaron diferencias significativas, fueron los siguientes: 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente); 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); 1 (testigo absoluto); y 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH).

Es interesante hacer notar que los rendimientos en peso fresco de los tratamientos inoculados con *Glomus fasciculatum* y *Glomus spp* 1 (tratamientos 6 y 11, respectivamente), en comparación con el testigo absoluto (1), indican, claramente, que la inoculación permitió obtener la producción mas alta en esta variable, en comparación con el tratamiento no inoculado. Este efecto positivo constituye la prueba de que los aislados micorrízicos usados produjeron endomicorrizas funcionales en esta planta. Sin embargo, sobre este tópico, Waterer y Coltman en 1988, encontraron que el principal efecto de la inoculación con *Glomus aggregatum*, tanto en jitomate como en cebolla, no dio diferencias significativas sobre el peso fresco total. No obstante, indican que, al aplicar bajas concentraciones de fósforo, las plantas inoculadas fueron más grandes que aquellas no inoculadas. A este respecto, Wilson (1988), encontró que *Acaulospora laevis* produjo incrementos tanto en el crecimiento de trébol como de lespedeza, en la proporción más baja de fósforo.

En el mismo cuadro, se compara la producción en el peso fresco entre los tratamientos 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH) y 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH), observándose hasta un 72.73% de incremento (figuras 18 y 19) con la aplicación del inóculo de M1. Este efecto positivo fue aún más evidente al comparar el tratamiento 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH), que presentó la producción más baja de materia fresca, con el tratamiento 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH), al obtenerse hasta un 108.08% de incremento. Estos efectos positivos, probablemente, fueron debidos a que la inoculación y esta

fórmula de fertilización química, proporcionaron los medios adecuados para la producción de plántulas de tomate vigorosas para el trasplante. Waterer y Coltman (1988) mencionan que la producción de plántulas de jitomate y cebolla, hortícolamente aceptables para el trasplante, requieren una adición moderada de fósforo que propicie el crecimiento vigoroso de la planta hospedera y, de este modo, se mantenga un nivel bajo de fósforo en el tejido de la planta, para promover el establecimiento y dispersión de la simbiosis micorrízica.

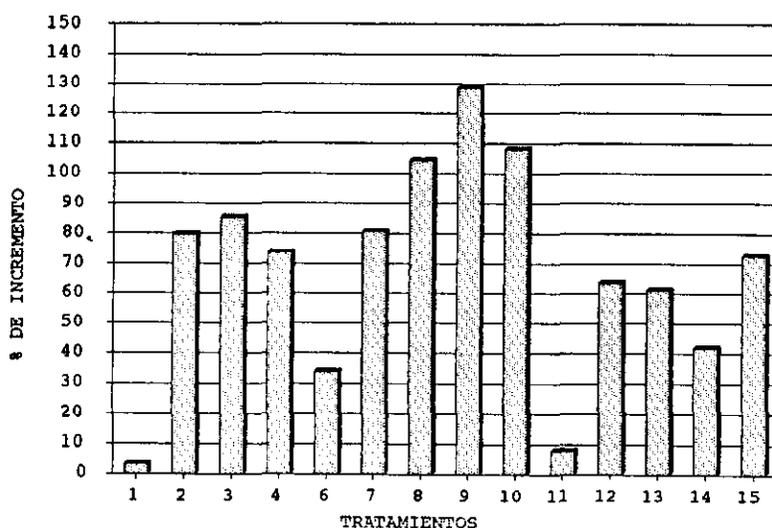


Figura 18. Efecto de la MA y 5 niveles de fósforo, en el peso fresco, con respecto al tratamiento 5.

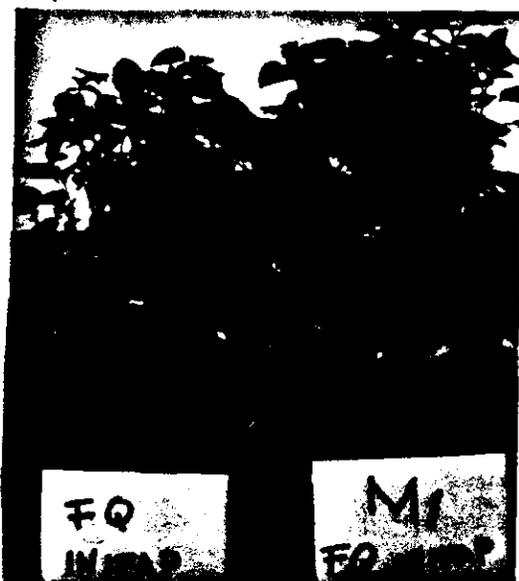


Figura 19. Efecto de la aplicación de la fórmula química (INIA-SARH, 1988) en el tratamiento inoculado.

5.2.2.- Rendimiento de materia seca.

La determinación de la materia seca constituye una de las variables más útiles para la evaluación de la respuesta a la inoculación y a la fertilización (Palacios *et al.*, 1987; Musito, 1990).

La inoculación y la aplicación de diferentes soluciones nutritivas presentaron efectos altamente significativos ($P < 0.01$) sobre esta variable, tal como lo indican los resultados del análisis de varianza (cuadro B-4 del apéndice). En el cuadro 15, se observan los resultados promedio, así como la prueba de rangos múltiples de Tukey (HSD 1%).

Cuadro 15. Efecto de la inoculación con dos aislados de hongos endomicorrízicos arbusculares y 5 niveles de fósforo, en el peso seco.

TRAT	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO g/muestra
9	<i>Glomus fasciculatum</i> más 6 ppm de P	1.38a
8	<i>Glomus fasciculatum</i> más 4 ppm de P	1.22ab
10	<i>Glomus fasciculatum</i> más fertilización química INIA-SARH	1.12ab
12	<i>Glomus spp</i> 1 más 2 ppm de P	1.07abc
7	<i>Glomus fasciculatum</i> más 2 ppm de P	1.06abc
3	Testigo más 4 ppm de P	1.05abc
13	<i>Glomus spp</i> 1 más 4 ppm de P	1.04abc
15	<i>Glomus spp</i> 1 más fertilización química INIA -SARH	1.02abc
2	Testigo más 2 ppm de P	1.00 bc
4	Testigo más 6 ppm de P	0.97 bcd
14	<i>Glomus spp</i> 1 más 6 ppm de P	0.95 bcd
6	<i>Glomus fasciculatum</i> únicamente	0.94 bcd
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	0.74 cde
1	Testigo absoluto	0.61 de
5	Testigo y fertilización química INIA-SARH	0.50 e

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

En el cuadro, se observa que las plantas inoculadas con *Glomus fasciculatum* y con 6 ppm de P (tratamiento 9), alcanzaron la mayor producción

de materia seca. Esto fue debido, probablemente, a la efectividad del hongo para aumentar la capacidad de la planta para la absorción de nutrimentos (principalmente de fósforo) ya que la concentración de 6 ppm de P fue compatible con el desarrollo micorrízico.

Como se nota en el cuadro 15, las plantas con los mayores pesos se desarrollaron con el tratamiento 9 (1.38 g por repetición). No obstante, este tratamiento resultó, estadísticamente similar a los siguientes: 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); y 15 (M1 más fertilización química INIA-SARH).

Al analizar el cuadro, se observa, además, que entre los tratamientos: 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 2 (testigo más 2 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente), no se observaron diferencias estadísticas.

En el mismo cuadro, se aprecia, también, que los tratamientos: 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 2 (testigo más 2 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente); y 11 (*Glomus spp* 1 únicamente), presentaron valores similares en peso y, por lo mismo, no presentaron diferencias estadísticas.

El análisis estadístico indicó, además, que los resultados de los tratamientos: 4 (testigo más 6 ppm de P); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente); 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); y 1 (testigo absoluto), son iguales.

Finalmente, los tratamientos: 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); 1 (testigo absoluto); y 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH), presentaron los pesos secos más bajos, por tanto, resultaron estadísticamente iguales. Esto se debe, probablemente, a que el suelo usado fue pobre en nutrimentos lo que, consecuentemente, significó un menor desarrollo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Bååth y Spokes (1988) quienes, al trabajar con *Allium schoenoprasum* inoculado con *Glomus caledonium*, con 4 niveles de fósforo y dos fuentes de nitrógeno con 4 niveles; encontraron que los niveles de P y N, aplicados al suelo, afectaron grandemente la respuesta de las plantas. Además, indican que las plantas no micorrizadas, más grandes, se obtuvieron con 48 ppm de P en el suelo y 100 ppm de N. Sin embargo, las plantas micorrizadas cultivadas en el suelo con 5.5 y 16 ppm de P, fueron siempre más altas que las plantas no micorrizadas, correspondientes.

Al comparar los tratamientos: 9 (*Glomus fasciculatum* más 6 ppm de P) y 4 (testigo más 6 ppm de P), se observó una marcada tendencia positiva a la producción de materia vegetal seca, en comparación con el tratamiento

inoculado con *Glomus fasciculatum* sin P. En este sentido, Bååth y Spokes (1988), al trabajar con plantas de cebollino inoculadas con *Glomus caledonium*, y fertilizadas con 5.5 ppm de P, observaron que las plantas inoculadas presentaron incrementos notablemente mayores que las plantas no inoculadas y fertilizadas con esta misma dosis.

Otra observación interesante, es la que resulta al comparar el tratamiento 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH) con el 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH), en donde, el efecto de la inoculación se pone de manifiesto al ayudar a incrementar la producción de materia seca hasta en un 124%. Este efecto positivo es aún más evidente al comparar al tratamiento 9 (*Glomus fasciculatum* con 6 ppm de P) con el 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH), en donde el efecto de la inoculación y la adición de 6 ppm de P incrementó la producción de materia seca hasta en un 176% (figura 20).

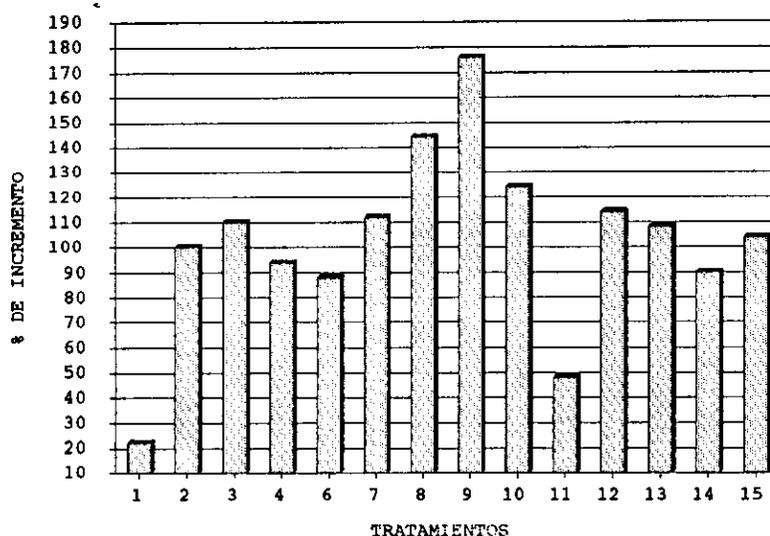


Figura 20. Efecto de la MA y 5 niveles de fósforo, en el peso seco, respecto al 5 (testigo y una fertilización química INIA-SARH).

Sobre esta variable, Furlan y Bernier-Cardou (1988), indican que la producción de biomasa seca por las plantas de cebolla inoculadas con *Gigaspora calospora* presentan un 41% de incremento en contraste con las plantas no inoculadas. Recomendando, en general, que la mayor cantidad de biomasa seca (2.7 g/repetición) se obtiene al inocular las plantas, haciendo aplicaciones de P y K, únicamente.

5.2.3.- Porcentaje de sobrevivencia.

La influencia ejercida por las condiciones medioambientales y del sustrato, así como de la inoculación, la humedad y las soluciones nutritivas,

propiciaron que la sobrevivencia, también, se viera influenciada.

En el análisis de varianza (cuadro B-6 del apéndice), la mortalidad de las plántulas en los diferentes tratamientos mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

La prueba de Tukey, estableció que el tratamiento 5 fue el menos afectado, debido a que presentó un 95% de sobrevivencia.

En el cuadro 16, se observa que el mayor valor de sobrevivencia lo presentó el tratamiento 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH). No obstante, este tratamiento fue estadísticamente igual a los tratamientos 1 (testigo absoluto); 2 (testigo más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); y 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P).

Cuadro 16. Efecto de la inoculación con dos aislados (MA) y 5 niveles de fósforo, en la sobrevivencia.

TRAT	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
5	Testigo y fertilización química INIA-SARH	85.2 a
1	Testigo absoluto	83.8 a
2	Testigo más 2 ppm de P	76.8 ab
3	Testigo más 4 ppm de P	74.5 ab
4	Testigo más 6 ppm de P	73.2 abc
12	<i>Glomus spp</i> 1 más 2 ppm de P	67.2 abcd
13	<i>Glomus spp</i> 1 más 4 ppm de P	65.6 abcd
7	<i>Glomus fasciculatum</i> más 2 ppm de P	60.3 bcde
15	<i>Glomus spp</i> 1 más fertilización química INIA-SARH	53.0 cde
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	50.7 de
10	<i>Glomus fasciculatum</i> más fertilización química INIA-SARH	49.7 de
14	<i>Glomus spp</i> 1 más 6 ppm de P	48.4 de
8	<i>Glomus fasciculatum</i> más 4 ppm de P	48.1 de
6	<i>Glomus fasciculatum</i> únicamente	47.3 de
9	<i>Glomus fasciculatum</i> más 6 ppm de P	42.3 e

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

En el mismo cuadro se observa, además, que los tratamientos: 2 (testigo más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 4 (testigo más 6 ppm de P); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); y 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P), no presentaron diferencias estadísticas entre ellos.

El mismo análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos: 4 (testigo más 6 ppm de P); 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); y 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH)

En el cuadro antes citado, se observa que los valores obtenidos con los tratamientos: 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente), resultaron estadísticamente similares.

Los índices de sobrevivencia más bajos (42.3), obtenidos en este experimento, los presentó el tratamiento 9 (*Glomus fasciculatum* y la solución nutritiva con 6 ppm de fósforo). En donde se puede apreciar, además, que este tratamiento resultó estadísticamente similar a los siguientes: 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente).

Al comparar los tratamientos: 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH) y 9 (*Glomus fasciculatum* y la solución nutritiva con 6 ppm de fósforo) se detecta, claramente, un incremento máximo en la sobrevivencia de las plántulas hasta del 101% (figura 21). Este efecto se debió, probablemente, a patógenos presentes en los inóculos, que propiciaron infecciones fungosas en la raíz y la base del tallo, ocasionando el marchitamiento y muerte de plántulas, más que al efecto de la inoculación.

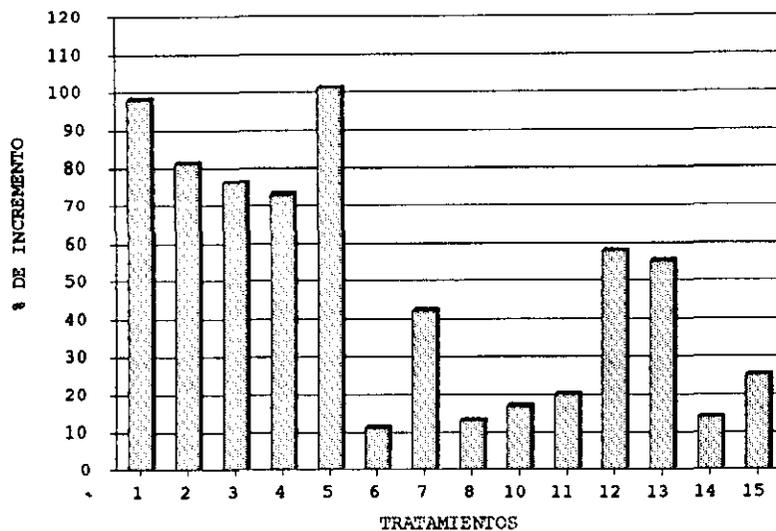


Figura 21. Efecto de la MA y 5 niveles de fósforo en la sobrevivencia, con respecto al tratamiento 9 (*G. fasciculatum* más 6 ppm de P).

5.2.4.- Volumen de la raíz.

Los cambios morfológicos y el desarrollo de la raíz se presentan, generalmente, como una respuesta a las condiciones ambientales del suelo, para minimizar el costo metabólico del mantenimiento del sistema radical y/o incrementar la adquisición de nutrimentos. En respuesta a las condiciones que limitan los nutrimentos en el suelo, las plantas pueden incrementar el desarrollo del sistema radical o, específicamente, la longitud de la raíz, la relación raíz/tallo o, la longitud y/o el número de los pelos radicales (Hetrick, 1991).

La cantidad de raíces formadas por las plantas de tomate fue afectada, tanto por la inoculación como por las soluciones nutritivas, mostrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), como se pueden corroborar en el análisis de varianza (cuadro B-8 del apéndice).

Los resultados promedio obtenidos para esta variable, se presentan en el cuadro 17, incluyendo la comparación de medias por Tukey.

En el cuadro antes citado, se observa que los valores máximos en el desarrollo de la raíz, se obtuvieron con el tratamiento 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P). En donde, además, este tratamiento fue estadísticamente igual a los tratamientos 9 (*Glomus fasciculatum* y la solución nutritiva con 6 ppm de fósforo); 14 (*Glomus spp* 1 más 6 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 10 (*Glomus fasciculatum* más fertilización química INIA-SARH); 4 (testigo más 6 ppm de P); 11 (*Glomus spp* 1 únicamente); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 1 (testigo

absoluto); 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente); y 2 (testigo más 2 ppm de P).

En el análisis estadístico, los rendimientos entre los tratamientos: 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 3 (testigo más 4 ppm de P); 1 (testigo absoluto); 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente); 2 (testigo más 2 ppm de P) y 5 (testigo más fertilización química INIA-SARH), resultaron estadísticamente similares.

Cuadro 17. Efecto de la inoculación con dos aislados de MA y 5 niveles de fósforo, en el volumen de la raíz.

TRAT	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (cc)
12	<i>Glomus spp</i> 1 más 2 ppm de P	8.01 a
9	<i>Glomus fasciculatum</i> más 6 ppm de P	7.95 a
14	<i>Glomus spp</i> 1 más 6 ppm de P	7.77 a
13	<i>Glomus spp</i> 1 más 4 ppm de P	7.75 a
10	<i>Glomus fasciculatum</i> más fertilización química INIA-SARH	7.73 a
4	Testigo más 6 ppm de P	7.59 a
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	7.46 a
8	<i>Glomus fasciculatum</i> más 2 ppm de P	7.29 a
15	<i>Glomus spp</i> 1 más fertilización química INIA-SARH	7.09 a
7	<i>Glomus fasciculatum</i> más 4 ppm de P	5.92 ab
3	Testigo más 4 ppm de P	5.60 ab
1	Testigo absoluto	5.59 ab
6	<i>Glomus fasciculatum</i> únicamente	4.80 ab
2	Testigo más 2 ppm de P	4.56 ab
5	Testigo y fertilización química INIA-SARH	2.60 b

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Al analizar el cuadro 17, se observa que los 6 tratamientos que presentaron los máximos valores en la producción masiva de raíz, son los tratamientos inoculados y testigo con aplicaciones de P (tratamientos 12, 9, 14, 13, 10 y 4). En este sentido, algunos investigadores indican que la producción de raíces, tanto en longitud como en peso, es afectada ampliamente por adiciones de fósforo (Amijee *et al.*, 1988 y 1990; Bååth y Spokes, 1988).

Al comparar los tratamientos: inoculados con *Glomus spp 1* y una fertilización química INIA-SARH (15), con respecto a los tratamientos testigo y esa misma solución nutritiva (5), se pone de manifiesto el efecto benéfico que puede aportar la micorriza arbuscular al inocular plantas de tomate, para ayudar a incrementar el crecimiento de la raíz hasta un 172.69% (figura 22) y, así, aumentar el volumen de suelo explorado. Este efecto positivo de la inoculación, es aún más apreciable al comparar a los tratamientos inoculados con *Glomus fasciculatum* y la fertilización química INIA-SARH (12), con aquellos no inoculados más la fertilización química recomendada por INIA-SARH (5), en donde se obtienen incrementos superiores del 208% al utilizar *Glomus fasciculatum*. Estos resultados son similares a los encontrados por Bååth y Spokes (1989), quienes indican que el efecto detrimental del nitrógeno se encontró en las aplicaciones altas de este elemento. Finalmente, mencionan que, las plantas micorrizadas usualmente presentaron el peso seco de raíz más grande cuando se aplicó amonio (48 ppm) y fósforo (100 ppm) comparadas con las de los tratamientos no inoculados, y fertilizados con las mismas cantidades.

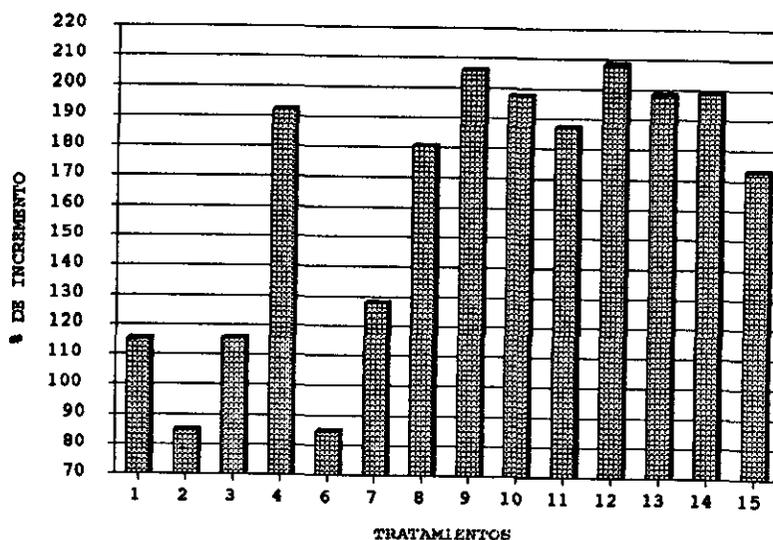


Figura 22. Efecto de la MA y 5 niveles de fósforo, en el volumen de raíz, con respecto al tratamiento 5 (testigo y una fertilización química INIA-SARH).

5.2.5.- Porcentaje de Colonización de Raíces.

Dentro de los principales factores que afectan la intensidad de colonización de los sistemas radicales por los hongos endomicorrízicos se tiene, entre otros, al pH y el nivel de nutrientes presentes en la solución del medio (Waterer y Coltman, 1988).

El análisis de varianza (cuadro B-10 del apéndice), muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos.

El porcentaje promedio de la colonización de las raíces del tomate de cáscara, por los dos hongos endomicorrízicos empleados, se vio afectado con las diferentes soluciones nutritivas usadas; como se aprecia en el cuadro 18, el cual incluye la prueba de Tukey al 1% de probabilidad.

Cuadro 18. Efecto de la inoculación con dos aislados MA y 5 niveles de fósforo, en la colonización.

TRAT	DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
10	<i>Glomus fasciculatum</i> más fertilización química INIA-SARH	36.31 a
14	<i>Glomus spp</i> 1 más 6 ppm de P	35.60 a
15	<i>Glomus spp</i> 1 más fertilización química INIA-SARH	35.50 ab
9	<i>Glomus fasciculatum</i> más 6 ppm de P	34.97 ab
8	<i>Glomus fasciculatum</i> más 4 ppm de P	34.22 abc
13	<i>Glomus spp</i> 1 más 4 ppm de P	33.51 abcd
7	<i>Glomus fasciculatum</i> más 2 ppm de P	32.53 bcd
12	<i>Glomus spp</i> 1 más 2 ppm de P	31.92 cde
6	<i>Glomus fasciculatum</i> únicamente	30.61 de
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	29.25 e

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

En el cuadro 18, se observa claramente que, con la inoculación con *Glomus fasciculatum* y una fertilización química INIA-SARH (10), se obtuvieron los máximos valores de colonización, con una media de 36.31. No obstante, estos tratamientos resultaron iguales, estadísticamente, a los siguientes: 14 (*Glomus spp* 1 y la solución nutritiva con 6 ppm de fósforo); 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 9 (*Glomus fasciculatum* más 6 ppm de P); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P) y 13 (*Glomus spp* 1 y 4 ppm de P).

El análisis estadístico mostró, también, que los tratamientos: 15 (*Glomus spp* 1 más fertilización química INIA-SARH); 9 (*Glomus fasciculatum* más 6 ppm de P); 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); y 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P), no presentan diferencias estadísticas.

El análisis de varianza, no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos: 8 (*Glomus fasciculatum* más 4 ppm de P); 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); y 12 (*Glomus spp* 1 más 2 ppm de P).

En el mismo cuadro, se aprecia, también, que los tratamientos: 13 (*Glomus spp* 1 más 4 ppm de P); 7 (*Glomus fasciculatum* más 2 ppm de P); 12 (*Glomus spp* 1 mas 2 ppm de P); y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente), presentaron valores similares en colonización y, por lo mismo, no mostraron diferencias estadísticas.

Como se observa en el cuadro, los niveles cero de fertilizante fosfórico, presentaron el valor más bajo en la velocidad de colonización micorrízica, por lo tanto, el tratamiento 11 (*Glomus spp* 1 únicamente), presentó el valor más reducido de colonización, siendo significativamente similar a los tratamientos: 12 (*Glomus spp* 1 mas 2 ppm de P) y 6 (*Glomus fasciculatum* únicamente). Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Bááth y Spokes (1988), quienes notaron una tendencia hacia el incremento de las tasas de colonización en niveles bajos de fósforo y niveles intermedios de nitrógeno en el suelo. Al comparar los promedios de colonización de las raíces, se presenta un incremento del 24% (figura 23), al inocular plantas de tomate con *Glomus fasciculatum* y una fertilización química INIA-SARH (10), con respecto a los tratamientos inoculados con *Glomus spp* 1 únicamente (11).

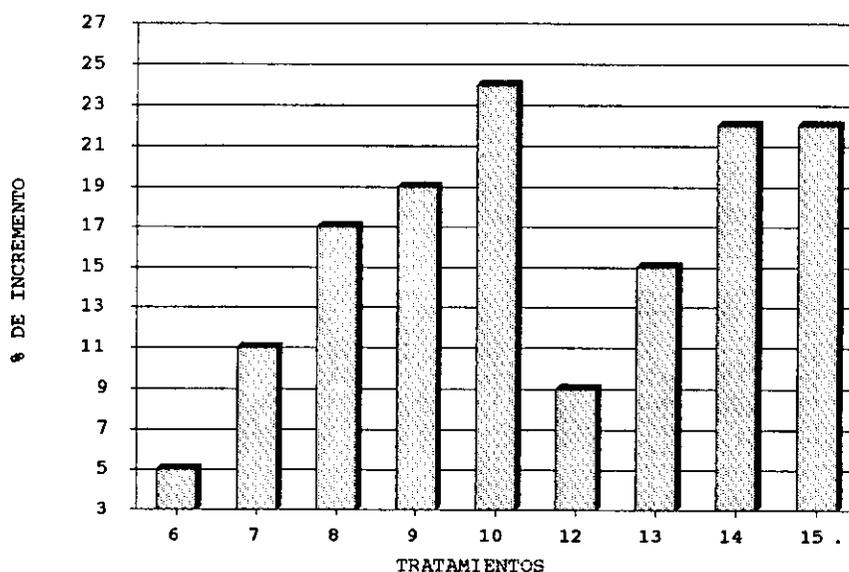


Figura 23. Efecto de la MA y 5 niveles de fósforo, en la colonización, con respecto al tratamiento 11 (*Glomus spp* 1 únicamente).

Al analizar el cuadro 18 y la figura 23, se nota, para los dos aislados de hongos arbusculares, que al incrementar la concentración de fósforo en el suelo, a los niveles probados, se aumenta la velocidad de colonización de las raíces por los hongos endomicorrízicos, sin llegar a presentar efectos detrimentales en la colonización, ni síntomas de toxicidad, debido a las concentraciones de fósforo. Estos resultados están de acuerdo con lo que han encontrado, entre otros autores: Amijee *et al.* (1990), quienes sugieren que para plantas de poro inoculadas con *Glomus mosseae*, la máxima cantidad de

raíz micorrizada (302 cm) se alcanza con la aplicación de 75 ppm de P, sin que este elemento sea tóxico para la planta. Sobre este particular, Bååth y Spokes (1988), encontraron que con plantas de cebollín inoculadas con *Glomus caledonium* y la aplicación al suelo de 5.5 ppm de P y 50 ppm de nitrógeno (NH_4), se obtienen los máximos porcentajes de colonización de raíz (hasta 75%), a las 10 semanas.

Sin embargo, Waterer y Coltman (1988), al trabajar con 4 concentraciones de P aplicadas en tres intervalos de tiempo, inoculando plantas de jitomate y cebolla con el HMVA *Glomus aggregatum*, concluyeron que la intensidad de la colonización micorrízica en las dos hortalizas, se vio influenciada significativamente, tanto por la concentración de P, como por el intervalo de aplicación, indicando que al acortar el intervalo entre aplicaciones y aumentar las concentraciones de P se reduce la intensidad de colonización micorrízica. Por tanto, recomiendan que para obtener una intensidad de colonización alta en el jitomate, se realicen aplicaciones, cada 8 días, con una solución de 4 ppm de P.

Furlan y Bernier-Cardou (1988), al estudiar los efectos de N, P y K, y la formación de MVA en el crecimiento y nutrición mineral de cebolla, utilizando el hongo *Gigaspora calospora*, determinaron que la fertilización fosfórica reduce el porcentaje de colonización en la raíz, indicando, además, que la fertilización nitrogenada (NH_4NO_3) con 7 mg Kg^{-1} de suelo seco se estimula la colonización hasta un 87%.

5.3.- Variables climáticas.

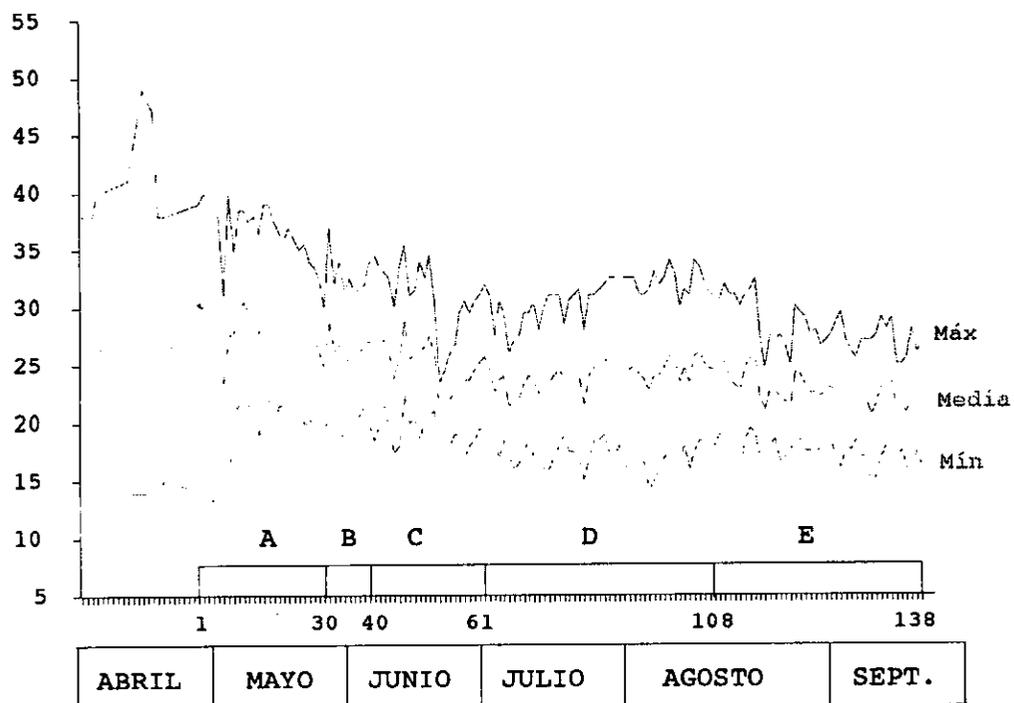
Dentro de los principales cultivos hortícolas en el estado de Morelos, se da una opción particular para la producción del tomate de cáscara considerada, principalmente, como un cultivo de riego (debido a su baja producción cuando son cultivados bajo condiciones de temporal), tomando en cuenta la ocurrencia de las lluvias y tipo de suelo.

Este experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano, en suelos poco fértiles, dando una alternativa para la utilización de los suelos calcimagnésicos. Por lo tanto, la ocurrencia y distribución de las lluvias son importantes para predecir el crecimiento y desarrollo de las plantas, y determinar las épocas de floración y formación de los frutos.

Los datos climatológicos de temperatura, evaporación y precipitación, registradas durante el experimento, se concentran en los cuadros 4 al 8 del apéndice.

En la figura 24 se observa, esquemáticamente, el comportamiento que presentaron las temperaturas, las cuales variaron entre los 14° y 34.5°C . Las temperaturas más altas, se registraron después del trasplante, durante la etapa de diferenciación de yemas y flores de la fase vegetativa (29 de mayo). No obstante, el cultivo mantuvo un buen crecimiento y apariencia. Por el contrario, las bajas temperaturas se registraron durante el período final de la cosecha (5 de septiembre) sin que, durante el experimento, se presentaran heladas.

Temperaturas



ETAPAS DEL CULTIVO

- A = Yemas florales.
- B = Inicio de la floración.
- C = Inicio de la fructificación.
- D = Cuajado de frutos.
- E = Cosecha.

Figura 24. Distribución de la temperatura máxima, media y mínima diaria, registrada durante el experimento, en las etapas del cultivo.

Con respecto al régimen de lluvias, durante el ciclo del cultivo (figura 25), la distribución de las lluvias fue normal para la región. Es importante mencionar que la mayor cantidad de lluvia diaria (66.4 mm), se presentó a mediados de la cosecha, después del segundo corte (18 de agosto); por lo que podemos afirmar que esta precipitación tuvo un efecto benéfico para el desarrollo de la planta, lo cual repercutió en la producción de frutos.

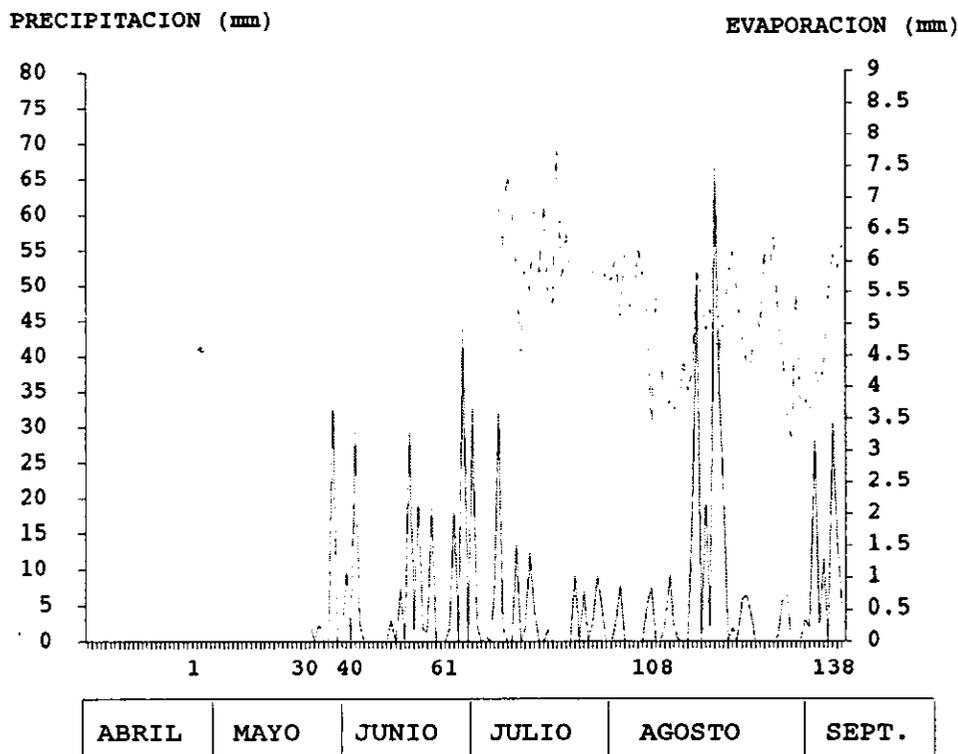


Figura 25. Distribución de la evaporación y precipitación pluvial diaria, registrada durante el experimento, en las etapas del cultivo.

5.4.- Análisis físicos y químicos del suelo.

Para el análisis del suelo se tomaron, del lote experimental, cuatro muestras en zig-zag a una profundidad de 0-30 cm, con el propósito de obtener una muestra representativa completa la cual, una vez seca y tamizada, se analizó en el laboratorio. Como se puede observar en el cuadro 19, el suelo se caracteriza por tener una textura migajón arcillosa, la densidad aparente (1.17), se estima como media. La reacción (7.70) resultó ligeramente alcalina, acorde con la conductividad eléctrica, la cual indica que no hay exceso de sales. La capacidad de intercambio catiónico total se detectó como valor medio, congruente con el contenido y tipo de arcilla (2:1). El contenido de materia orgánica (1.16) es pobre y el nitrógeno total (0.13) se clasifica como un valor medio. La capacidad de retención de fósforo que, teóricamente, debería de ser muy alta en suelos de esta naturaleza, resultó baja (25%). No obstante, por la cantidad de fósforo disponible para las plantas (2.3 ppm) este suelo es extremadamente pobre. Este resultado se debió al nivel muy alto de magnesio intercambiable (17.0 meq/l) mayor que el del

calcio (14.5 meq/l) lo que, por lo tanto, da una relación Ca/Mg muy baja (0.85). Este hecho significa que el Mg, por antagonismo al Ca libre, propicia una notable reducción de la capacidad de retención de fósforo. Finalmente, la relación Ca+Mg/K indica que es probable que se presenten deficiencias de K. El sodio y el potasio intercambiables, correspondieron a valores bajos y medios, respectivamente.

Cuadro 19. Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de la localidad de Alpuyeca, Morelos.

Propiedad		
Color	Seco	10YR4/1
	Húmedo	10YR3/1
Densidad aparente		1.17
Textura		Migajón arcilloso
pH 1:2.5 H ₂ O		7.70
Conductividad eléctrica mmhos/cm ³		0.76
Capacidad de intercambio Cationico Total meq/100g		33.00
Materia orgánica (%)		1.16
Nitrógeno total (%)		0.13
Retención de P (%)		25.00
P Asimilable ppm		2.30
Ca ⁺⁺ soluble meq/l		27.50
Cationes intercambiables meq/l	Ca ⁺⁺	14.50
	Mg ⁺⁺	17.00
	Na ⁺	0.14
	K ⁺	0.47

5.5.- Experimento III. Evaluación del efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del fruto, bajo condiciones de campo y temporal.

Los datos de las 9 variables de respuesta estimadas, se concentran en los cuadros C-1 al C-17 del Apéndice, con los respectivos análisis de varianza, en donde es evidente que las dosis de fertilización unidas a la inoculación con *Glomus fasciculatum*, provocaron variaciones significativas sólo en algunas de las características evaluadas de las plantas, bajo condiciones de campo y durante el ciclo Primavera-Verano en un suelo calcimagnésico.

Existen muchos trabajos que apoyan los resultados de experimentos de invernadero, y en donde el interés agronómico por las micorrizas arbusculares ha sido demostrado. Hasta el momento, la información para el cultivo de plántulas colonizadas con hongos endomicorrízicos arbusculares, para el trasplante, bajo condiciones de campo, es muy limitada (Waterer y Colman, 1988; Orozco, Furrázola y Pouyu, 1994; Trouvelot *et al.*, 1994). Una de las mayores limitaciones para el establecimiento, a gran escala, de las micorrizas arbusculares es la falta de inoculantes confiables, en formas convenientes y

en cantidades económicamente aceptables para la producción de plantas (Lovato y Gianinazzi, 1994).

5.5.1.- Resistencia al Trasplante.

Una de las funciones de la micorriza Arbuscular, es la de promover una mayor resistencia a condiciones de estrés durante el trasplante (Ortega et al., 1994).

Los resultados para esta variable de respuesta, se concentran en el figura 26, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro C-2 del apéndice) muestra diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Al analizar la figura 26, se observa que los valores promedio más altos de la sobrevivencia, y que resultaron estadísticamente iguales, se obtuvieron con el tratamiento testigo y una fertilización química alta (4), así como con todos los tratamientos inoculados con hongos endomicorrízicos (7, 8, 5 y 6). Esto se debe, probablemente, a que la micorriza aumenta aún más la capacidad de resistencia al trasplante, siendo importante para plantas sembradas en invernadero (Menge et al., 1978; citado por Waterer y Coltman, 1988; Mosse y Hayman, 1980; De la Viña, Azcon-Aguilar y Azcon, 1994; Ortega et al., 1994). A este respecto, el estrés por agua en la planta es considerado como el mayor factor limitativo en la producción de los cultivos en áreas de temporal (Begg y Turner, 1976; Boyer y McPherson, 1975; Hanson y Nelsen, 1980; citados por Nelsen y Safir, 1982). En lo referente a esta problemática se manifiesta la influencia positiva de las micorrizas sobre el comportamiento de las plantas que se desarrollan en el suelo, haciendo posible que las plantas micorrizadas adquieran, durante los períodos de sequía en su medio de desarrollo, una mayor resistencia al estrés hídrico durante el trasplante, que aquellas no micorrizadas (Gianinazzi-Person, 1992). Levy y Syversten (1983), mencionan que con la colonización de *Citrus jambhiri* por el hongo MA *Glomus intraradices* se incrementa el crecimiento y la tasa de transpiración de las raíces y se reduce el agua potencial de las hojas; además, las plantas inoculadas son capaces de hacer un uso eficiente del agua (Sieverding, 1983; citado por Simson y Daft, 1989; Ortega et al., 1994).

No obstante, Simson y Daft (1989), mencionan que el uso del agua por las plantas de maíz y sorgo presentan una correlación positiva con el tamaño de la planta, así, las plantas que han sido beneficiadas en el crecimiento, debido a la colonización micorrízica (MA) en campo, pueden usar más agua y, eventualmente, sufrir más estrés que aquellas plantas no micorrizadas.

Sin embargo, la regulación de los estomas puede ser modificada por las plantas micorrizadas (Allen et al., 1981). Estos autores sugieren que una modificación hormonal, consecuencia de la micorriza, puede hacer que la planta micorrizada presente una mayor capacidad en los procesos de absorción de agua, como consecuencia de la inoculación (Gianinazzi-Person, 1992).

Nelsen y Safir (1982), al trabajar con plantas de cebolla cultivadas en macetas y colonizadas con *Glomus etunicatus*, encontraron que las plantas

Trat	DESCRIPCION	SOBREVIVENCIA (%)	TUKEY AL 95% DE PROBABILIDAD
4	Testigo mas 120-40-00	87.5	a
7	G fasciculatum mas 90-30-00	80.0	a b
8	G fasciculatum mas 120-40-00	80.0	a b
5	G fasciculatum unicamente	79.1	a b
6	G fasciculatum mas 60-20-00	77.5	a b
2	Testigo mas 60-20-00	60.3	b
3	Testigo mas 90-30-00	66.6	b
1	Testigo absoluto	65.0	b

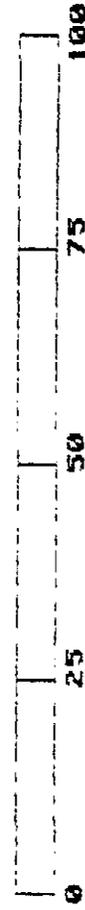


Fig. 26. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, respecto a la sobrevivencia.

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

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey $P < 0.05$).

micorrizadas presentaron el crecimiento más grande debido a una mejor nutrición fosfórica. Además, resultaron ser mas tolerantes a la sequía que las plantas no micorrizadas, cuando fueron expuestas a varios periodos por sequía en el suelo.

Para el tomate de cáscara, las etapas críticas de humedad son la germinación y la emergencia, siendo particularmente exigente al agua durante el trasplante (Saray, 1977; citado por Verdejo, 1987), observándose que, cuando se realiza esta operación, aparecen fallas (INIA-SARH, 1988).

Los resultados en este trabajo mostraron, como era de esperarse, que los menores porcentajes de sobrevivencia se tuvieron con los tratamientos en donde el tomate de cáscara no se desarrolló en simbiosis con hongos MA (1, 2 y 3), a excepción del tratamiento testigo con fertilización química alta (4).

Al comparar los tratamientos inoculados, y sin fertilización química (5), con los tratamientos testigo absoluto (1) se observó, claramente, que con la inoculación se produjo un incremento del 18.3% en el porcentaje de sobrevivencia (figura 27). Estos resultados son inferiores a los indicados por De la Viña, Azcon-Aguilar y Azcon (1994), quienes mencionan incrementos del 60% al inocular plantas de aguacate con *Glomus deserticola*. El efecto positivo se debe, probablemente, a la interacción hongo-planta.

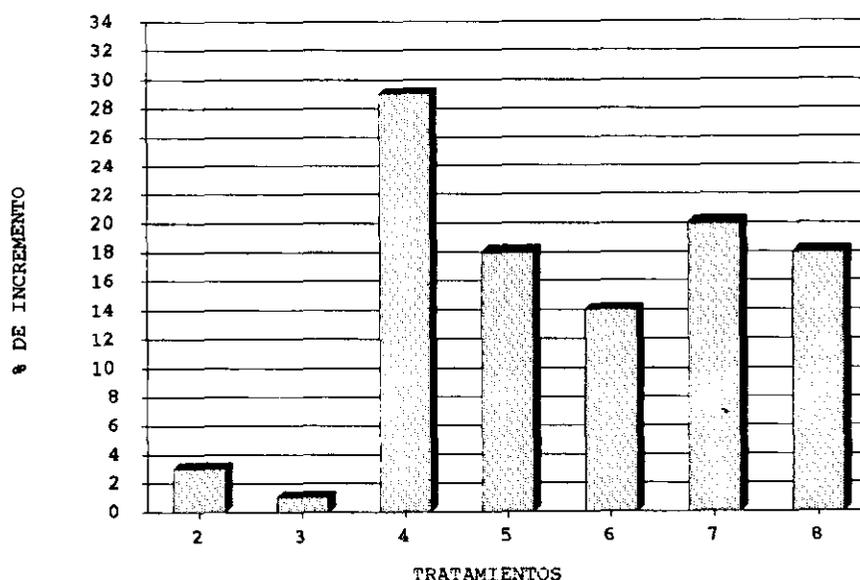


Figura 27. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización química en la sobrevivencia de las plántulas en el campo, con respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto).

El hongo endomicorrízico V.A. es capaz de estimular el crecimiento de la planta (Plenchette *et al.*, 1982). Además, se ha demostrado que la micorriza incrementa la tolerancia de las plantas a las condiciones de estrés (como

temperaturas extremas y sequía), y que facilita la recuperación de las plantas cuando han estado sometidas a un estrés de humedad propiciando, a la vez, mas eficiencia en el uso del agua (Ferrara, 1981); este hecho, se reafirma en el sentido de que una de las funciones más importantes de las micorrizas es absorber los elementos minerales del suelo y trasferirlos a la planta huésped la cual, por si sola, no puede absorber a través de sus raíces, los elementos minerales solubles que se encuentran en cantidades muy pequeñas en el suelo, en condiciones naturales (Le Tacon, 1985). Por tanto, las micorrizas facilitan la absorción de todos los elementos minerales pero, sobre todo, de los elementos menos solubles y menos móviles en el suelo, como el fósforo, el cobre y el zinc (Gray y Gerdemann, 1967; Hayman y Mosse, 1970; Mosse *et al.*, 1973; Owusu-Bennoalt y Mosse, 1979; Boddy *et al.*, 1980; y Azcon y Barea, 1980). Además, Nelsen y Safir (1982), indican que los hongos micorrízicos presentan una capacidad para mantener una adecuada nutrición de fósforo en plantas de cebolla, bajo condiciones de estrés por falta de agua en el suelo.

La comparación entre los tratamientos con una dosis media de fertilización química (90-30-00) con o sin la inoculación de *Glomus fasciculatum* (7 y 3, respectivamente), nos muestra que la aplicación del inóculo de micorriza produjo un efecto benéfico, debido a que se obtuvieron valores de sobrevivencia del 66.6 al 80.8%

5.5.2.- Rendimiento total de frutos comerciales.

La inoculación del tomate de cáscara con hongos (MA), supera en la producción al tratamiento testigo. Tales incrementos en la producción son, generalmente, atribuidos al aumento en el crecimiento, a la alta absorción de fósforo, y a otros nutrimentos por las plantas previamente micorrizadas. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Palacios *et al.*, 1986, 1987, 1990 y 1994; Babu *et al.*, 1988; Davies y Linderman, 1990; y Bryla y Koide, 1990, entre otros.

Los rendimientos promedio del peso total de fruto comercial se presentan en la figura 28, incluyendo la prueba de Tukey al 1% de probabilidad. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Babu *et al.* (1988), quienes al trabajar con plantas de chile inoculadas con diferentes endófitos, recomiendan, para la mayor producción bajo condiciones de campo, la inoculación con *Gigaspora margarita* y la aplicación de 32.5 Kg de P_2O_5 /Ha.

La mayor producción total de frutos de calidad comercial (12.5 Ton/Ha) se obtuvo con el tratamiento 7 (fertilización biológica, más 90-30-00). Es probable que este efecto sea debido, en este experimento, a que dadas las condiciones de pobreza en fósforo de estos suelos, la adición moderada de este elemento aumenta la respuesta a la inoculación (Musito, 1990). Además, la aplicación de nitrógeno (90 kg/Ha) favorecen más a la micorrización (Jaime y Urbano 1991, Palacios *et al.*, 1994). Estos resultados concuerdan ampliamente con lo encontrado por Nelsen *et al.* (1981); citado por Plenchette *et al.* (1991), quienes al estudiar la producción de cebolla tanto en un suelo rico en fósforo (97 Kg de P/Ha) como en otro pobre en el mismo elemento (3 Kg de P/Ha) e inoculando con *Glomus etunicatus* y fertilizando con cuatro dosis de fósforo (0, 30, 97 y 193 Kg/Ha); encontraron que en el suelo rico en fósforo el

Trat	DESCRIPCION	PESO DE FRUTOS TOTALES (Ton/ha)	TUKEY AL 99 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	12.50	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	11.27	a b
4	Testigo mas 120-40-00	10.19	a b
6	G fasciculatum mas 60-20-00	9.40	a b
5	G fasciculatum unicamente	9.22	a b
3	Testigo mas 90-30-00	9.14	a b
2	Testigo mas 60-20-00	8.29	a b
1	Testigo absoluto	7.9	b



Fig. 20. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en la produccion total.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey P<0.01).

desarrollo de las micorrizas se inhibió y, por este motivo, el aporte de fertilizantes fosfatados no aumento el rendimiento. Por el contrario, en el suelo pobre en fósforo, la inoculación permitió un aumento del peso de los bulbos del 34%, y que el mayor peso (64%) se obtuviera con un aporte de 30 Kg de P/Ha y la inoculación con *Glomus etunicatus*. Sobre este particular, HauBer et al. (1994), al estudiar el crecimiento y absorción de nutrimentos por dos leguminosas y 4 dosis de fertilización en un Oxisol, estimaron conveniente recomendar la aplicación 20 Kg/Ha de fertilizante fosfórico, indicando, además, que la colonización micorrízica es muy importante para el crecimiento de las leguminosas forrajeras y la absorción del fósforo. No obstante, este tratamiento (7) fue estadísticamente similar (cuadro C-4 del Apéndice) a los tratamientos: inoculado con una fertilización química alta (8); testigo con fertilización química alta (4); inoculado y con una fertilización química baja (6); inoculado únicamente (5); testigo y con una fertilización química media (3); y el tratamiento testigo con una fertilización baja (2); y diferente, estadísticamente, al tratamiento testigo absoluto (1).

Al comparar los tratamientos 7 y 8, inoculados y con una fertilización química media y alta, respectivamente, se observa que una aplicación de 120-40-00 de fertilizante nitrogenado y fosfórico, no produce un efecto significativo en el peso total del fruto. Esto se debe, probablemente, a que en suelos fertilizados con grandes cantidades de fertilizantes fosfatados, se incrementa el nivel de fósforo en la solución del suelo en una proporción mayor a la capacidad de asimilación de la planta (Hayman y Mosse, 1970).

Otra observación importante resulta al comparar el tratamiento 7 (inoculado más 90 kg de N/Ha y 30 kg de P₂O₅/Ha) con el 1 (testigo absoluto); es el aumento que se aprecia en el tratamiento 7 (12.5 Ton/Ha) cuyo rendimiento total de fruto comercial, presentó el mayor incremento del orden del 58.09% (figura 29). Este incremento es inferior al obtenido por Say y Miranda (1986) quienes, al hacer un estudio del resultado en el corte de precosecha (calentamiento) acerca del rendimiento y precosidad del tomate de cáscara, encontraron un incremento medio del 72.61% de fruto comercial, con respecto al testigo absoluto. Sobre esta variable de respuesta, Waterer y Coltman (1989), mencionan que para obtener hasta un 327.5% de incremento en la producción de chile, recomiendan inocular las plantas con *Glomus aggregatum* y aplicar una fertilización química alta, en comparación con aquellas plantas no inoculadas y fertilizadas con una dosis baja en fósforo. No obstante, Palacios et al. (1994) indican que el máximo rendimiento de grano de Soya, bajo condiciones de campo, se obtuvo únicamente con la inoculación de *Bradyrhizobium japonicum* y *Glomus fasciculatum* y sin la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, Sáinz y Taboada (1994), hacen notar que la aplicación de 50 Kg/Ha de superfosfato aumenta significativamente la producción de soya, en comparación al testigo. A este respecto, Davies y Linderman (1991), indican que para obtener los máximos rendimientos de peso de fruto del chile, recomiendan inocular con *Glomus deserticola* y aplicar una solución mineral Long Ashton con una alta concentración de fósforo (44 ppm), con lo cual se incrementa hasta en un 87.5% la producción con respecto al tratamiento testigo, fertilizado con 1 ppm de fósforo.

La menor producción de frutos comerciales fue observada, como era de esperarse, con el tratamiento testigo absoluto (1). Este resultado es

congruente con la naturaleza problemática de los suelos calcimagnésicos (escaso desarrollo y su elevada capacidad de retención del fósforo), de tal modo que el desarrollo del cultivo, bajo condiciones de temporal y la falta de fertilización química y biológica, dio por resultado un escaso crecimiento y desarrollo de la planta, que influyó en la formación de frutos, obteniéndose una producción aproximada de 7.91 Ton/Ha.

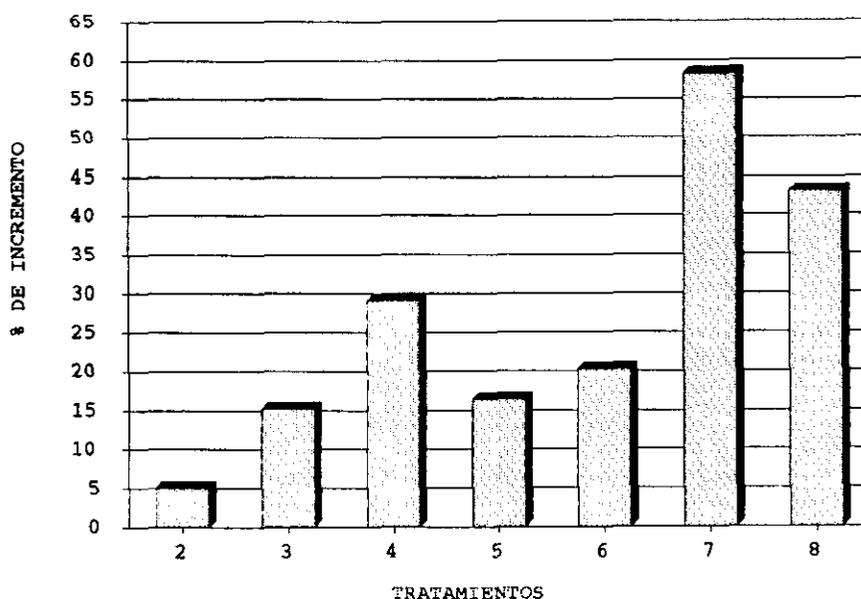


Figura 29. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización química, en el rendimiento total de frutos, con respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto).

Al comparar el tratamiento 6 (*Glomus fasciculatum* más 60-20-00) con el 4 (testigo más 120-40-00), se observa como en el tratamiento 6 hay una tendencia de las plantas a producir menor cantidad de frutos, que con la aplicación de una fertilización química alta. Estos resultados concuerdan con lo indicado por Waterer y Coltman (1989) quienes, al trabajar con chile e inocularlo con el hongo *Glomus aggregatum*, encontraron que, bajo condiciones de campo, las plantas desarrolladas con altas concentraciones de fósforo fueron más grandes y tuvieron más frutos, o rendimientos altos, comparados con aquellas plantas inoculadas y fertilizadas con bajas concentraciones de este elemento.

Al comparar el tratamiento inoculado con *Glomus fasciculatum* (5) y el tratamiento no inoculado (1), se observa un incremento del 16.45%. Este incremento es muy similar a los encontrados por Davies y Linderman (1991), quienes mencionan incrementos del 15.38%, al inocular plantas de chile con *Glomus deserticola* y fertilizarlas con 44 ppm de P, comparadas con los tratamientos no inoculados y fertilizados con la misma solución nutritiva. Sin embargo, Waterer y Coltman (1989), lograron obtener incrementos superiores

a 229.7%, al inocular plantas de chile con *Glomus aggregatum* y fertilizadas con 0.30 mg de P/litro, comparadas con las no inoculadas y fertilizadas con la misma solución nutritiva. Sobre este particular, Palacios et al., (1986), mencionan incrementos del 171.4% al inocular plantas de cebolla var. "Cojumatlan" con *Glomus fasciculatum* comparadas con los tratamientos no inoculados. Finalmente, Bryla y Koide (1988), indican incrementos del 81.82% en el peso de frutos totales de tomate (*Lycopersicon esculentum* var. "Cerasiforme" (accesión LA1314-Granja Pichari, Cuzco, Perú) inoculadas con *Glomus etunicatum*, con respecto a las plantas no inoculadas.

Una observación interesante es la que resulta al comparar los tratamientos inoculados con *Glomus fasciculatum* y fertilizados con 120-40-00 (8) con los tratamientos inoculados únicamente (5), en los cuales no se observa una diferencia estadística, no obstante, el efecto positivo de la fertilización junto con la inoculación, se refleja en el aumento hasta de 2.05 Ton/Ha de los frutos (22.23% de incremento). Estos resultados son muy similares a los mencionados por Babu et al. (1988) quienes, bajo condiciones de campo, obtuvieron un máximo rendimiento (10.15 Ton/Ha) al fertilizar con 32 Kg de P₂O₅/Ha e inocular plantas de chile con *Gigaspora margarita*. Además, mencionan que la producción más baja (8.28 Ton/Ha) se obtiene con los tratamientos inoculados únicamente.

5.5.2.1.- Rendimiento total de fruto grande (TG).

Los resultados obtenidos para esta variable, se encuentran en el figura 30, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro C-6 del Apéndice), no muestra diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Al analizar la figura 30, se observa que la mayor producción de fruto grande se obtuvo con el tratamiento 7 (*Glomus fasciculatum* más 90-30-00), con un promedio de 2.4 Ton/Ha; seguido por los tratamientos: 3 (testigo más 90-30-00) con 1.8; 4 (testigo más 120-40-00) con 1.6; 6 (*Glomus fasciculatum* más 60-20-00) con 1.5; 5 (*Glomus fasciculatum* únicamente) con 1.5; 2 (testigo más 60-20-00) con 1.4; 1 (testigo absoluto) con 1.4; y, finalmente, la producción de fruto grande más baja se obtuvo al inocular las plantas con *Glomus fasciculatum* más 120-40-00 (8), con un valor promedio de 1.2 Ton/Ha.

En general, al observar los promedios entre los tratamientos, en el cuadro anterior, se puede apreciar que las plantas inoculadas y con una fertilización química de 90-30-00 (7), muestran la producción de fruto grande más alta. Estos resultados concuerdan con los conceptos ya establecidos acerca de que, por lo regular, la mayor respuesta a la inoculación con hongos endomicorrízicos se consigue en suelos de moderada y baja fertilidad (Palacios et al., 1994) y que, además, la adición moderada de fertilizantes, tanto nitrogenados como fosfatados, favorecen aún más a la micorrización (Waterer y Coltman, 1989; Furlan y Bernier-Cardou, 1989; Musito, 1990; Davies y Linderman, 1991; Jaime y Urbano, 1991; Palacios et al., 1994).

Trat	DESCRIPCION	PESO DE FRUTOS GRANDES (Ton/ha)	TUKEY AL 95 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	2.41	a
3	Testigo mas 90-30-00	1.86	a
4	Testigo mas 120-40-00	1.61	a
6	G fasciculatum mas 60-20-00	1.55	a
5	G fasciculatum unicamente	1.52	a
2	Testigo mas 60-20-00	1.46	a
1	Testigo absoluto	1.45	a
0	G fasciculatum mas 120-40-00	1.22	a



Fig. 30. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en la produccion de fruto grande.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey $P < 0.05$).

La menor cantidad de fruto grande se obtuvo con el tratamiento 8. Este efecto se debió, probablemente, a que las plantas, bajo condiciones de inoculación y una fertilización química nitrogenada y fosfórica alta (120-40-00), tienden a disminuir su rendimiento. No obstante, en este tratamiento se alcanzó el mayor rendimiento de frutos medianos. Esto se corrobora con el análisis de correlación (cuadro 19 del Apéndice), debido a que esta variable se asoció en forma positiva con el rendimiento de fruto total ($r=.6359$); con el de frutos mediano ($r=.3491$); número de fruto total ($r=.4851$); número de fruto grande ($r=.9912$); número de fruto mediano ($r=.2651$); número de fruto chico ($r=.0051$); y con la sobrevivencia ($r=.3118$).

Al comparar los tratamientos que presentaron los máximos rendimientos de fruto grande, se observa que los tratamientos inoculados y fertilizados con 90-30-00 (7) y el tratamiento testigo (3) con la misma dosis de fertilización, tuvieron rendimientos similares, por lo tanto, aún cuando no se presentaron diferencias estadísticas, se observó una mayor producción. Este efecto positivo se debió, probablemente, a que la aplicación del inóculo de micorriza, produjo un efecto benéfico, lo que significó una mayor producción comercial de fruto grande con las plantas micorrizadas.

Otra observación muy interesante, al comparar los tratamientos inoculados únicamente (5) y testigo absoluto (1), es que éstos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Sin embargo, cabe hacer notar que, aritméticamente, la mayor producción se consiguió con los tratamientos inoculados, en donde se obtuvo un aumento en el rendimiento, entre 1.4 y 1.5 Ton/Ha. Estos resultados corroboran el papel que desempeñó la micorriza nativa y el de la micorriza inducida por la inoculación; pudiéndose apreciar que la micorriza nativa fue más susceptible a la adición de fertilizantes químicos, ya que los rendimientos obtenidos con *G fasciculatum* y una fertilización moderada (tratamientos 5, 6, 7 y 8; figuras 25 y cuadro C-6 del Apéndice), fueron siempre mayores a los obtenidos con los testigos fertilizados es decir, con la micorriza nativa y con la adición de fertilizantes (tratamientos: 1, 2, 3 y 4; figuras 25 y 26 y cuadro C-6 del Apéndice).

Es interesante hacer notar que el máximo incremento en la producción de fruto grande (97.36%) se obtuvo con el tratamiento inoculado con *Glomus fasciculatum* más una fertilización química de 90-30-00 (7) (figura 31), con respecto al tratamiento inoculado con *Glomus fasciculatum* más una fertilización química de 120-40-00 (8), el cual presentó la cantidad más baja de fruto grande.

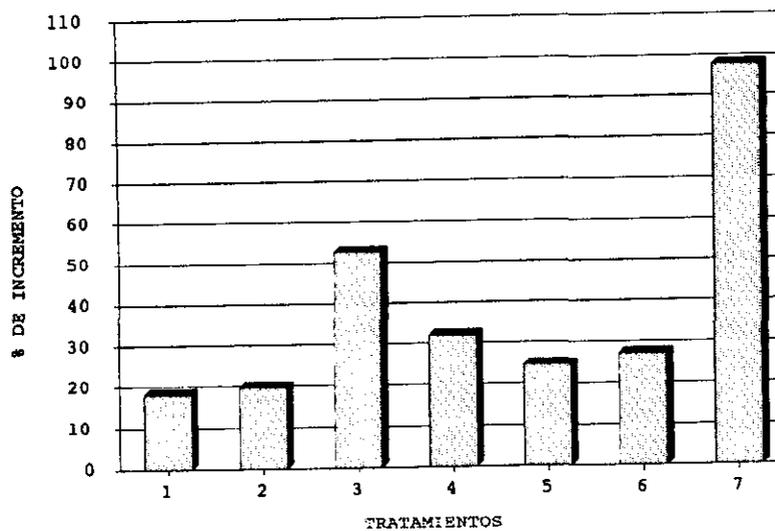


Figura 31. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el rendimiento total de frutos grande, respecto al tratamiento 8 (fertilización biológica más 120-40-00).

5.5.2.2.- Rendimiento total de fruto mediano (TM).

Como se aprecia en la figura 31, se presentó una marcada diferencia entre los tratamientos inoculados y fertilizados. El análisis de varianza al 5 y 1% de probabilidad (cuadro C-8 del Apéndice) permitió detectar diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

En la figura 32, se observa el mayor rendimiento con el tratamiento inoculado con *Glomus fasciculatum* más 90-30-00 (7), con una media de 10.0 Ton/Ha, mientras que, el menor valor correspondió al testigo absoluto (1) con 6.3 Ton/Ha.

En este trabajo, se encontró que el rendimiento total de fruto de tamaño mediano constituyó la variable de respuesta en la que se pudo observar más claramente el efecto combinado de la inoculación con *Glomus fasciculatum* y de la fertilización química 90-30-00 (7).

Al hacer la comparación de medias de rango múltiple por Tukey, al 99% de probabilidad (cuadro C-8 del Apéndice), se encontró que el tratamiento 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* más 90-30-00), resultó ser el mejor, y estadísticamente similar a los siguientes: 8 inoculado con *Glomus fasciculatum* más 120-40-00; el 4 testigo más 120-40-00; 6 inoculado con *Glomus fasciculatum* más 60-20-00; el 5 inoculado con *Glomus fasciculatum* únicamente; el 3 testigo más 90-30-00; y el 2 testigo más 60-20-00.

Trat	DESCRIPCION	PESO DE FRUTOS MEDIANOS (Ton/ha)	TUKEY AL 99 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	10.00	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	9.97	a b
4	Testigo mas 120-40-00	8.47	a b
6	G fasciculatum mas 60-20-00	7.86	a b
5	G fasciculatum unicamente	7.61	a b
3	Testigo mas 90-30-00	7.19	a b
2	Testigo mas 60-20-00	6.60	a b
1	Testigo absoluto	6.36	b



Fig. 32. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en la produccion de frutos medianos.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey $P < 0.01$).

El análisis estadístico indicó, además, que los tratamientos: 4 testigo mas 120-40-00; 6 inoculado con *Glomus fasciculatum* mas 60-20-00; 5 inoculado con *Glomus fasciculatum* únicamente; 3 testigo mas 90-30-00; 2 testigo mas 60-20-00; y 1 testigo absoluto, no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Es interesante hacer notar el efecto producido, tanto por los tratamientos inoculados y fertilizados con 60-20-00 (6), como por los tratamientos testigo con esta misma dosis (2). A este respecto, es necesario indicar que, a pesar de la falta de respuesta estadística entre ambos, se presentó un aumento aritmético, en cuanto a esta variable, en los tratamientos inoculados. Este efecto positivo se debió, probablemente, a que, a pesar de no haber obtenido los máximos rendimientos, se consiguieron aumentos en la producción de fruto mediano, con la aplicación de dosis bajas de fertilizantes (60-20-00). Además, se observa que *Glomus fasciculatum* fue más efectivo que los hongos nativos. Este hecho coincide con lo encontrado por otros autores acerca de la superioridad de aislados introducidos (Mosse, 1981; citados por Palacios et al., 1994; Palacios et al., 1987; Musito, 1990; Jaime y Urbano, 1991).

Es importante observar el efecto producido, por la inoculación más 90-30-00 (7) y en el testigo absoluto (1), los cuales presentaron diferencias estadísticas en el peso total de frutos medianos. Este efecto indica que el tomate presentó una relación directa entre la inoculación y una fertilización química moderada, la cual ayudó a incrementar la producción de frutos medianos totales de las plantas hasta en un 57%, con respecto al tratamiento testigo absoluto (figura 33).

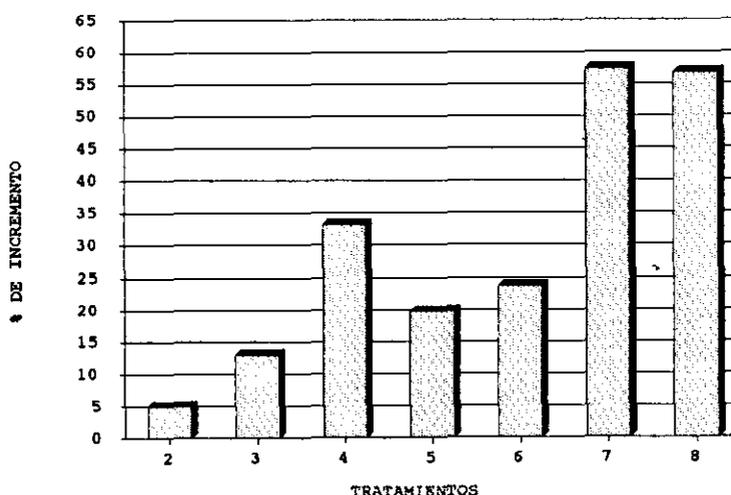


Figura 33. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el rendimiento total de frutos medianos, respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto).

5.5.2.3.- Rendimiento total de fruto chico (TCH).

Los rendimientos promedio de fruto chico, se presentan en la figura 33, incluyendo la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El análisis de varianza (cuadro C-10 del apéndice) no detectó diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Al analizar cuidadosamente la figura 34, se observa que los mayores valores en la cantidad de fruto chico, se obtuvieron con los tratamientos testigos. Se distingue, además, que la mayor producción de fruto chico comercial se obtuvo con el tratamiento testigo más una fertilización de 60 Kg de N y 20 Kg de P_2O_5 /Ha (2). Es probable que este efecto sea debido a que, dadas las condiciones de pobreza en fósforo de estos suelos, principalmente, así como su capacidad de retención de este macronutriente, la aplicación de una dosis baja de fertilizantes, tanto nitrogenados como fosfatados, propiciaron la producción de fruto chico en la planta. Esto, tal vez, como un mecanismo de la planta para asegurar la supervivencia de la especie, con la producción de grandes cantidades de frutos pequeños ricos en semillas.

Además, es importante mencionar que la adición baja de fertilizantes en el tratamiento testigo (2) tampoco tuvo un efecto positivo para la producción de frutos medianos o grandes; ya que la producción de frutos chicos presenta una correlación negativa (cuadro C-19 del apéndice) para las variables peso de fruto total ($r = -0.0631$), peso de fruto grande ($r = -0.0367$) y peso de fruto mediano ($r = -0.0909$).

Al comparar los tratamientos fertilizados (60-20-00) con y sin inocular (6 y 2, respectivamente), se observa, claramente, que sin la inoculación se obtiene un 214.35% de incremento en la producción total de fruto chico (figura 35), lo cual es debido, probablemente, a que al producir una mayor cantidad de fruto chico, los rendimientos en la producción total disminuyeron. Esto se reflejó en las variables: peso de fruto grande y mediano, en las cuales este tratamiento presentó uno de los valores más bajos. En estos tratamientos, es interesante mencionar el efecto positivo de la inoculación, debido a que ésta induce a una mayor y mejor producción de fruto mediano y grande lo que, como se observa en las figuras 34 y 35, corresponden con la producción más baja de fruto chico con todos los tratamientos inoculados (6, 5, 7 y 8).

Trat	DESCRIPCION	PESO DE FRUTOS CHICOS (Ton/ha)	TUKEY AL 95 % DE PROBABILIDAD
2	Testigo mas 60-20-00	0.147	a
1	Testigo absoluto	0.113	a
4	Testigo mas 120-40-00	0.096	a
3	Testigo mas 90-30-00	0.089	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	0.080	a
7	G fasciculatum mas 90-30-00	0.075	a
5	G fasciculatum unicamente	0.071	a
6	G fasciculatum mas 60-20-00	0.062	a



Fig. 34. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en la produccion de frutos chicos.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey P(0.05)).

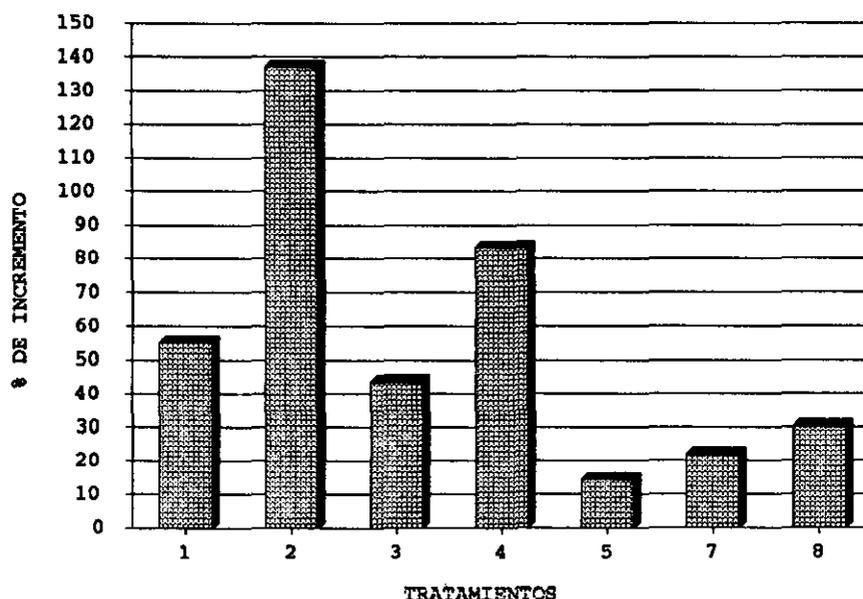


Figura 35. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el rendimiento total de frutos chico, con respecto al tratamiento 6 (inoculado únicamente mas 60-20-00).

5.5.3.- Número Total de Frutos Comerciales.

Los resultados obtenidos para esta variable, se presentan en la figura 36, incluyendo la comparación de medias por la prueba de Tukey. El análisis de varianza (cuadro C-12 del Apéndice), muestra diferencias significativas ($P < 0.05$).

Al analizar la figura 36, se observa que el valor máximo en el número de frutos totales, con una media de 437,666, se obtuvo con el tratamiento inoculado más 90-30-00 (7). Mientras que el menor valor correspondió al testigo absoluto (1) con 288,000 frutos/Ha, lo cual indica que la inoculación y una aplicación moderada de fertilización química nitrogenada y fosfórica (90-30-00) tienen una influencia positiva en el número de frutos totales.

En esta variable, de acuerdo con la prueba de Tukey al 95% de probabilidad, los tratamientos inoculados más 90-30-00 (7), resultaron estadísticamente iguales a los tratamientos: inoculados con fertilización química alta (8); testigo con fertilización química alta (4); inoculado y con una fertilización química baja (6); inoculado únicamente (5); testigo y una fertilización química media (3); y el tratamiento testigo con una dosis de fertilización baja (2). Sin embargo, se observa una ligera tendencia a una producción de una mayor en el tratamiento 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y una dosis de fertilización 90-30-00). Estos resultados de producción de

Trat	DESCRIPCION	NUMERO DE FRUTOS TOTALES (Frutos/ha)	TUKEY AL 95 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	437,666.6	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	408,666.3	a b
4	Testigo mas 120-40-00	391,333.3	a b
6	G fasciculatum mas 60-20-00	359,000.0	a b
5	G fasciculatum unicamente	340,333.3	a b
3	Testigo mas 90-30-00	337,666.6	a b
2	Testigo mas 60-20-00	330,333.3	a b
1	Testigo absoluto	280,000.0	b



Fig. 36. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en la cantidad total de frutos.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey P<0.05).

frutos no concuerdan con los resultados de Saray (1982); y Say y Miranda (1986), quienes indican incrementos en la producción de frutos de tomate de cáscara superiores a los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, es necesario hacer notar que estos autores realizaron sus experimentos en suelos más fértiles, con dosis más altas de fertilización y bajo condiciones de riego, por lo que no es aceptable una comparación con nuestros resultados.

El análisis estadístico indicó, además, que los tratamientos: inoculados con *Glomus fasciculatum* y con una fertilización química alta (8); testigo con fertilización química alta (4); inoculado con *Glomus fasciculatum* y una fertilización química baja (6); inoculado con *Glomus fasciculatum* únicamente (5); testigo y una fertilización química media (3); tratamiento testigo con una fertilización baja (2); y el tratamiento testigo absoluto (1), no presentaron diferencias estadísticas significativas. Estos resultados indican la existencia de una población heterogénea de HMA nativos, con diferentes niveles de efectividad y de tolerancia a la fertilización química lo que, muy probablemente, enmascaró en esta variable, tanto el efecto de la inoculación como el de las diferentes dosis de fertilización.

Respecto al testigo absoluto (tratamiento 1), el número total de frutos (frutos grandes, medianos y chicos) fue la más baja, lo cual indica, por una parte, la pobreza de nutrimentos en el suelo, tanto de nitrógeno como de fósforo, dada la baja fertilidad natural que presenta este tipo de suelos y, por la otra, la necesidad de una fertilización biológica con aislados de hongos endomicorrízicos efectivos.

Al comparar los tratamientos inoculados, con las dosis de fertilización media y alta (7 y 8, respectivamente), se nota que no presentaron diferencias estadísticas entre ambos. No obstante, con la aplicación de la dosis de fertilización 90-30-00, se logró aumentar el número de frutos totales hasta en un 7.09%. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con lo encontrado por Waterer y Coltman (1989), quienes obtuvieron incrementos del 35.86% al inocular plantas de Chile con *Glomus aggregatum* y fertilizarlas con una dosis alta en fósforo (0.30 mg de P/litro), comparadas con aquellas inoculadas y fertilizadas con 0.03 mg de P/litro. Al respecto, Davies y Linderman (1991), indican, también, incrementos en la producción de frutos del 61.1% al inocular con *Glomus deserticola* plantas de Chile y aplicar 44 ppm de P, con respecto a las inoculadas con esta misma especie y fertilizadas con 11 ppm de P.

La comparación del tratamiento 7, inoculado y adicionado con una fertilización química de 90-30-00, con el tratamiento 4, testigo con una fertilización de 120-40-00, indica que la aplicación de 30 Kg de N/Ha y 10 Kg de P_2O_5 /Ha, es equivalente al efecto de la inoculación con *G. fasciculatum*.

Es importante observar, que al comparar los tratamientos de inoculación más fertilización química alta (8), y el de inoculación únicamente (5), no obstante que entre ellos hubo una diferencia en relación a la fertilización química de 120-40-00 (N, P_2O_5 y K_2O), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, es decir, no se apreció ningún efecto negativo en la micorrización debido a la fertilización. Es decir, en este caso, aún cuando la producción total de frutos se favoreció al aplicar una fertilización química alta, su efecto no fue significativo debido a que

Los hongos micorrízicos nativos de estos suelos enmascararon el efecto de la inoculación. Esto mismo se corrobora al observar que, tanto el tratamiento 5 (inoculado únicamente), como el testigo absoluto (1), no presentaron diferencias estadísticas, en cuanto al número total de frutos. Este efecto indica que, en estos suelos, la inoculación con *Glomus fasciculatum* en el tomate no tuvo una relación directa con la producción de frutos totales. Sin embargo, es importante enfatizar que se presentaron diferencias aritméticas entre estos dos tratamientos, en esta variable de respuesta, lo que significó un incremento del 18.17% en la producción con respecto al testigo absoluto (figura 37). Es probable que, cuando en el suelo existen deficiencias moderadas de fósforo y una elevada capacidad de retención de este elemento, la colonización micorrízica promueva la habilidad de las plantas para absorber no solo el fósforo, sino, también, el nitrógeno, zinc, cobre, boro, potasio y calcio del suelo (Swaminathan y Verma, 1979; Palacios *et al.*, 1986; Manjunath y Habte, 1987; Gnekow y Marschner 1989; Furlan y Bernier-Cardou, 1989; Bell *et al.*, 1989; Davies y Linderman, 1991; Allen, 1992). El trabajo de Bryla y Koide (1988), es un ejemplo sobre el efecto de la inoculación en una solanácea cercana, en el que se mencionan incrementos del 36.36% en el número de frutos de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. "Cerasiforme", inoculadas con *Glomus etunicatus*, con respecto a las plantas no inoculadas.

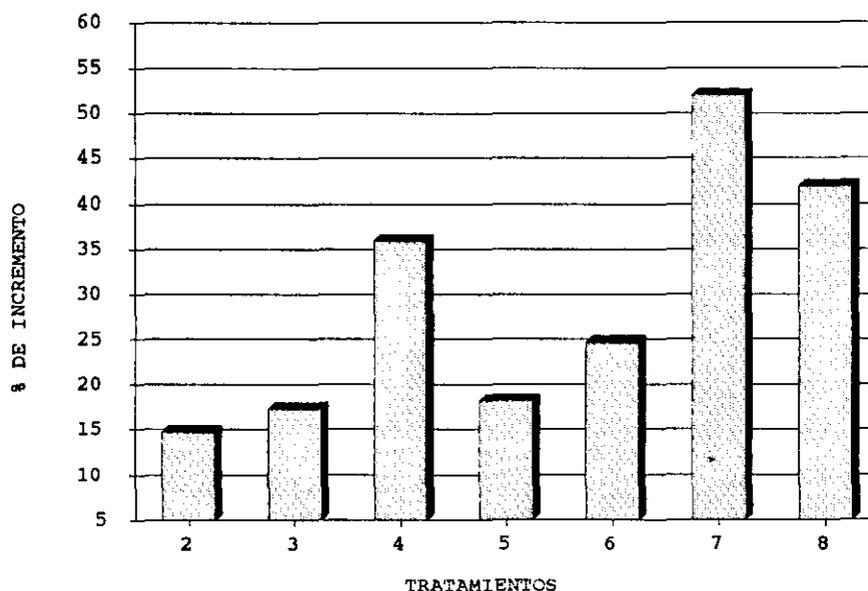


Figura 37. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el número total de fruto, con respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto).

A este respecto Bryla y Koide (1989), mencionan en sus resultados que la colonización con *Glomus etunicatus* tuvo efectos variables en la proporción de flores que producen frutos maduros en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. "Cerasiforme"), por lo cual hubo una interacción

significativa entre cultivares e inoculación, indicando, además, que la proporción de flores que producen frutos, se incrementó por la colonización en algunos cultivares.

5.5.3.1.- Número total de frutos grandes (FG).

En la figura 38, se puede observar una cierta uniformidad entre tratamientos. Sin embargo, se nota que la producción de frutos mayores de 4.5 cm de diámetro resultó ligeramente mayor en el tratamiento 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 90-30-00), alcanzado un valor promedio de 58,333 frutos/Ha, comparado con el 8 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 120-40-00) que produjo 31,333 frutos/Ha (cuadro C-11 del apéndice).

El análisis de varianza no indica diferencias significativas entre tratamientos (cuadro C-14 del apéndice). La verificación de estos resultados con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) indica que, estadísticamente, todos los tratamientos en este estudio resultaron iguales en cuanto a esta variable (cuadro C-14 del apéndice). Es probable que la falta de diferencias estadísticas significativas, se deba a la heterogeneidad de la eficacia de los hongos micorrízicos nativos en estos suelos, lo que dió por resultado variaciones en las repeticiones.

Es importante hacer notar, en este ensayo de inoculación, que la fertilización química con 120-40-00 (tratamiento 8), significó una disminución en la producción de fruto grande y, consecuentemente la producción más baja de fruto mayor de 4.5 cm de diámetro.

Al comparar el tratamiento 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 90-30-00), con el 8 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 120-40-00), se observó que con la aplicación de una dosis media de fertilizantes químicos, fué posible obtener el máximo porcentaje de incremento, el cual fue del 86% (figura 39).

Trat	DESCRIPCION	NUMERO DE FRUTOS GRANDES (Frutos/ha)	TUKEY AL 95 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	50,333.3	a
3	Testigo mas 90-30-00	46,666.6	a
4	Testigo mas 120-40-00	39,000.0	a
5	G fasciculatum unicamente	38,000.0	a
6	G fasciculatum mas 60-20-00	36,666.6	a
2	Testigo mas 60-20-00	35,666.6	a
1	Testigo absoluto	34,666.6	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	31,333.3	a

20,000	30,000	40,000	50,000	60,000
--------	--------	--------	--------	--------

Fig. 38. Efecto de la inoculación con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilización química, en el número de fruto grande.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales. (Tukey P<0.05).

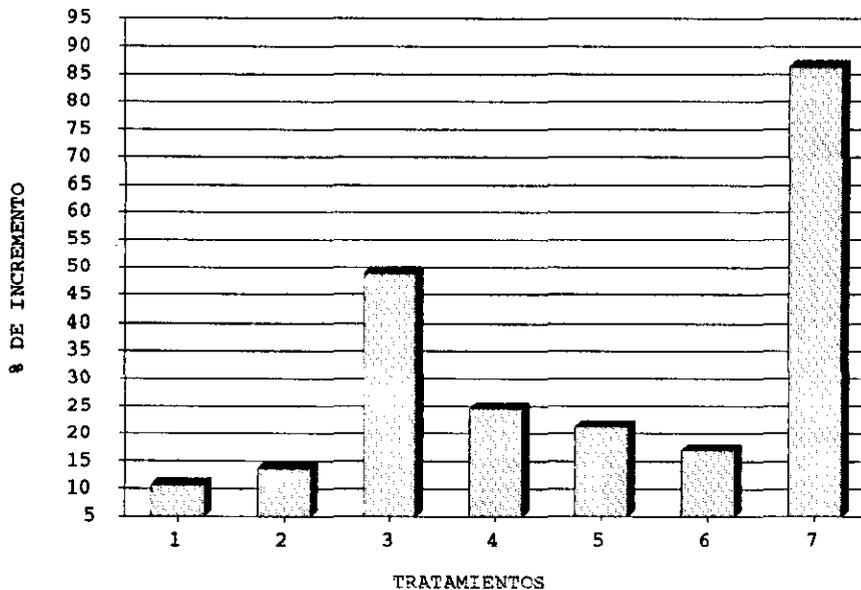


Figura 39. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos grandes, con respecto al tratamiento 8 (inoculado y fertilizado con 120-40-00).

5.5.3.2.- Número total de frutos medianos (FM).

Como se observa en la figura 40, se presentó una marcada diferencia entre los tratamientos inoculados y fertilizados. El análisis de varianza al 5% de probabilidad, permitió encontrar diferencias significativas entre tratamientos (cuadro C-16 del apéndice) registrándose el mayor rendimiento en el 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 90-30-00), con una media de 371,000 frutos/Ha, mientras que el menor valor correspondió al testigo absoluto (1) con 243,666 frutos/Ha.

Realizando la comparación de medias de proporción múltiple por Tukey (HSD 0.01), se encontró que el tratamiento 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 90-30-00) resultó ser el mejor, siguiendo, en orden decreciente en importancia: el 8 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 120-40-00); el 4 (testigo y fertilizado con 120-40-00); el 6 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 60-20-00); el 5 (inoculado con *Glomus fasciculatum* únicamente); el 3 (testigo y fertilizado con 90-30-00); y el 2 (testigo y fertilizado con 60-20-00).

Trat	DESCRIPCION	NUMERO DE FRUTOS MEDIANOS (Frutos/ha)	TUKEY AL 99 % DE PROBABILIDAD
7	G fasciculatum mas 90-30-00	371,000.0	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	269,666.6	a b
4	Testigo mas 120-40-00	341,000.0	a b
6	G fasciculatum mas 60-20-00	316,666.6	a b
5	G fasciculatum unicamente	295,000.0	a b
3	Testigo mas 90-30-00	202,666.6	a b
2	Testigo mas 60-20-00	200,333.3	b
1	Testigo absoluto	243,666.6	b

200,000 250,000 300,000 350,000 400,000

Fig. 40. Efecto de la inoculación con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilización química, en el número de frutos medianos.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales. (Tukey $P < 0.01$).

Es necesario hacer notar el efecto positivo de la inoculación y fertilización química, sobre el rendimiento en la producción de frutos medianos, al comparar el tratamiento 1 (testigo absoluto) y el 5 (inoculado con *Glomus fasciculatum*, únicamente), lo cual, indicó, que solamente el trasplante de plántulas inoculadas con *Glomus fasciculatum*, incrementó el rendimiento del fruto mediano hasta un 21%. Este efecto fue aún más notable al apreciar que con el 7 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 90-30-00) se alcanzó hasta un 52% de incremento con respecto al testigo absoluto (figura 41).

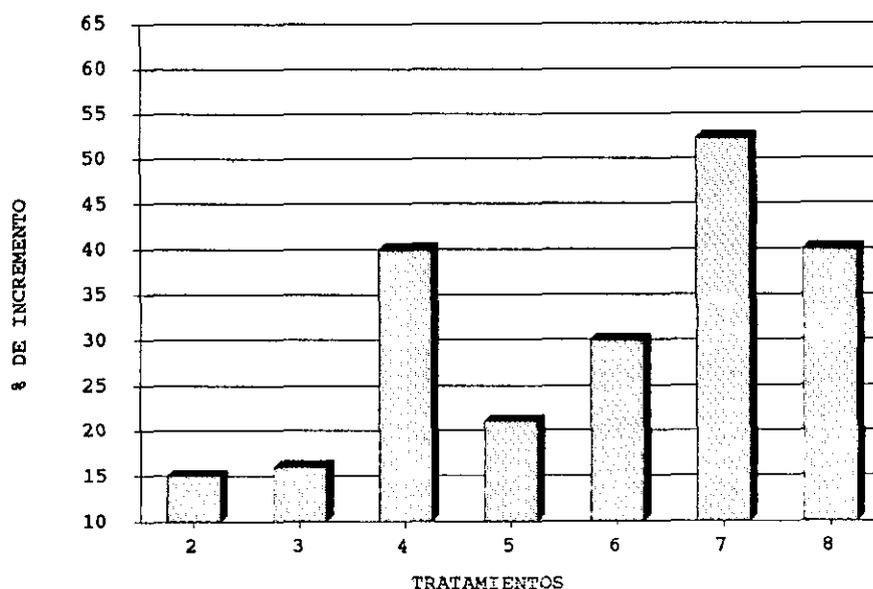


Figura 41. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos medianos, con respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto).

En las figuras 40 y 41, se presentan los tratamientos testigo, mostrando los valores más bajos de fruto mediano. Sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos: 4 (testigo fertilizado con 120-40-00); el 6 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 60-20-00); el 5 (inoculado con *Glomus fasciculatum* únicamente); el 3 (testigo y fertilizado con 90-30-00); el 2 (testigo y fertilizado con 60-20-00); y el 1 (testigo absoluto).

Siguiendo, en orden de importancia, el tratamiento testigo absoluto (1) que rindió 243,666 frutos/Ha y los tratamientos inoculados con *Glomus fasciculatum* únicamente (tratamiento 5), con 295,000 frutos/Ha, resultaron estadísticamente iguales. Por consiguiente, no se detectó un efecto de la micorriza únicamente sobre la producción de frutos medianos.

Al observar la figura 40, se nota claramente que, los tratamientos con fertilización química media y alta e inoculados con *Glomus fasciculatum* (tratamientos 7 y 8, respectivamente), presentaron los valores mas altos en la producción de fruto mediano. Además, resultaron estadísticamente diferentes al tratamiento testigo absoluto (1).

Al realizar el análisis de correlación (cuadro C-19 del apéndice), se observó que esta variable se asocia, en forma significativa y positiva, con las variables: número de fruto total ($r=0.9287$); número de fruto grande ($r=0.2776$); peso de fruto total ($r=0.857$); peso de fruto grande ($r=0.2651$); peso de fruto mediano ($r=0.9325$); y con el porcentaje de sobrevivencia ($r=0.5482$).

5.5.3.3.- Número total de frutos chicos (FCH).

Al analizar, estadísticamente, las cantidades de frutos pequeños que se cosecharon por tratamiento (cuadro C-18 del apéndice), no se encontraron diferencias significativas. La prueba de Tukey al 5% de probabilidad (figura 42 y cuadro C-18 del apéndice) estableció que el tratamiento 2 (testigo y fertilizado con 90-30-00) fue el mejor para esta variable, con un promedio de 14,333 frutos/Ha.

En la misma figura, se puede observar, que el tratamiento 6 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 60-20-00) presentó el valor promedio más bajo (5,666 frutos/Ha).

Es importante mencionar el efecto benéfico de la inoculación, observado al analizar los tratamientos que presentaron los valores extremos. Al comparar el tratamiento 6 (inoculado con *Glomus fasciculatum* y fertilizado con 60-20-00) con el 2 (testigo fertilizado con 90-30-00), se determina que con la inoculación se reduce la cantidad de frutos pequeños. Este efecto se debe, probablemente, a que con la micorriza se aumenta la cantidad de frutos medianos y/o grandes. Se observa además, que con la aplicación de fertilizantes químicos, únicamente, se obtuvo el máximo incremento en esta variable (152.9%; figura 43).

El análisis de correlación (cuadro C-19 del apéndice), indicó que esta variable se asoció, en forma positiva, con el número total de frutos ($r=0.0105$); número de frutos grandes ($r=0.0092$); y peso de frutos chicos ($r=0.9551$).

Trat	DESCRIPCION	NUMERO DE FRUTOS CHICOS (Frutos/ha)	TUKEY AL 95 % DE PROBABILIDAD
2	Testigo mas 60-20-00	14.333.3	a
4	Testigo mas 120-40-00	11.333.3	a
1	Testigo absoluto	9.666.6	a
7	G fasciculatum mas 90-30-00	8.333.3	a
3	Testigo mas 90-30-00	8.333.3	a
8	G fasciculatum mas 120-40-00	7.666.6	a
5	G fasciculatum unicamente	7.333.3	a
6	G fasciculatum mas 60-20-00	5.666.6	a

5.000	7.500	10.000	12.500	15.000
-------	-------	--------	--------	--------

Fig. 42. Efecto de la inoculacion con hongos endomicorrizicos arbusculares y 4 niveles de fertilizacion quimica, en el numero de frutos chicos.

Los valores dentro de una misma columna, seguidos de una misma letra son significativamente iguales, (Tukey P(0.05)).

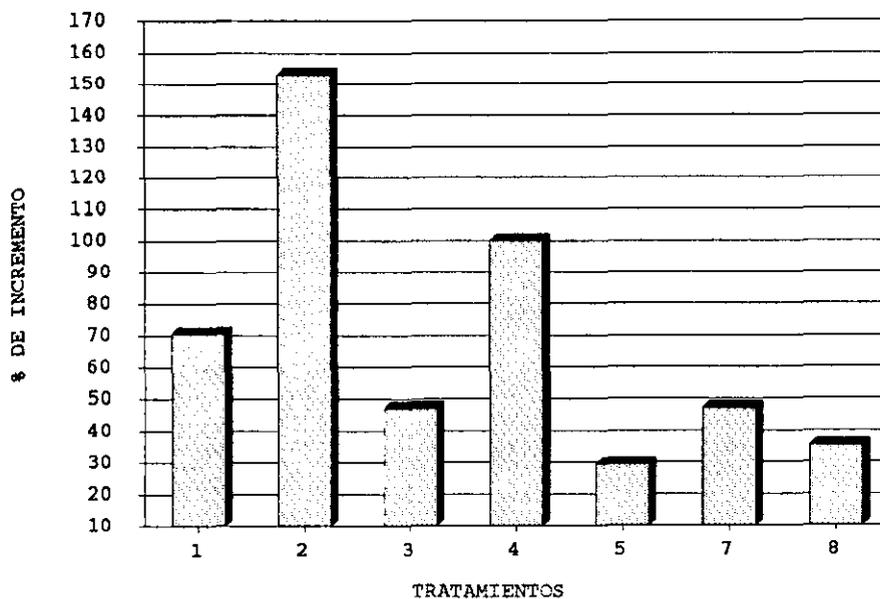


Figura 43. Efecto de *Glomus fasciculatum* y 4 dosis de fertilización, en el número de frutos chicos, con respecto al tratamiento 6 (inoculado y fertilizado con 60-20-00).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y los objetivos e hipótesis planteados, se proponen las siguientes conclusiones:

1.- En el experimento para la selección de endófitos se pudo observar que las variables de respuesta estimadas dieron resultados estadísticamente significativos. En orden de importancia: (a) sobrevivencia, (b) pesos frescos y secos totales, (c) volumen de raíz y (d) la colonización micorrízica. La altura de planta no tuvo significado estadístico.

2.- Los tratamientos inoculados con los tres aislados micorrízicos, en almácigos, mostraron efectos estadísticamente significativos en la colonización.

3.- En vista de la importante respuesta de *Physalis ixocarpa* Brot a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares, esta especie puede ser considerada como una planta hospedera de gran utilidad para el aislamiento y propagación de estos hongos ya que, en comparación con otras plantas propagadoras, en ésta se obtiene un desarrollo más rápido de la micorriza, al observarse la aparición temprana de vesículas, arbuscúlos y esporas.

4.- El ensayo con soluciones nutritivas, bajo condiciones de invernadero, dió resultados estadísticamente significativos. En primer lugar, el mejor crecimiento y colonización de las plántulas, correspondió a los tratamientos inoculados con *Glomus fasciculatum* (E₃) y fertilizados con la solución nutritiva Long Ashton de 6 ppm de P y, en segundo lugar, a los tratamientos también inoculados con *Glomus fasciculatum* (E₃), pero tratados con la solución nutritiva recomendada por INIA-SARH (1988).

5.- Los resultados obtenidos en campo con el tratamiento inoculado y fertilizado (90-30-00), mostraron efectos altamente significativos en el rendimiento total del fruto, lo cual pone de manifiesto que la inoculación con *Glomus fasciculatum* pudo sustituir, una gran parte, de fertilizantes nitrogenados y fosforados que requiere este cultivo ayudando, además, a mejorar sustancialmente su rendimiento. Este tratamiento produjo un 34% de incremento, con respecto al testigo absoluto y un 18%, respecto al tratamiento testigo, sin inocular, fertilizado con las dosis más altas (120-40-00).

6.- La inoculación y una fertilización química media (90-30-00) permitió alcanzar el mayor rendimiento de fruto mediano.

7.- Los resultados experimentales permiten afirmar que la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares, combinada con dosis bajas o medias de nitrógeno y fósforo, constituye una alternativa muy importante para mejorar los rendimientos de esta hortaliza en suelos de baja fertilidad, como son algunos suelos calcimagnésicos, muy pobres en fósforo, del estado de Morelos.

8.- Finalmente, este trabajo, muestra la necesidad de experimentar, aún más, con aislados micorrízicos nativos de cada localidad, con el propósito de encontrar aquellos hongos que estimulen el crecimiento y rendimiento de esta y otras hortalizas.

LITERATURA CITADA

- Allen, M. F. 1991. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press 1991. Primera reimpression 1993.
- Am, T. S. 1990. Soluble carbohydrates in roots of Leeks (*Allium porrum* L) in relation to phosphorus supply and V-A mycorrhizas. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas. Abstracts. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Amijee F., Stribley D. D. and Tinker P. B. 1989. Effects of phosphorus on morphology of V-A mycorrhiza root system of Leeks (*Allium porrum*). Plant and Soil 119:334-336.
- Azcón R. y Barea, J. A. 1980. Micorrizas. Investigación y Ciencia. 47:8-16.
- Bááth E. and Spokes J. 1988. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and interaction in *Allium Schoenoprasum*. Can. J. Bot. 67: 3227-3232.
- Babu, S.H.; Lokeshwar D.; Rao N. and Braskar R., B. 1988. The response of chilli (*Capsicum annum* L) plants to early inoculation with mycorrhizal fungi at diferentes levels of phosphorus. J. of Horticultural Soil Sc. 63(2):315-320.
- Baca M. T., Tobar R. y Azcon R. 1994. Interaction between arbuscular mycorrhiza colonization and doses of Green Manure or urea in soil suplemented or not with phosphorus fertilizer. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Badran O., Aboulkhair K. and Kandeel S. 1994. Effect of Salinity, Boron and Sodium of irrigation-water on the growth of three timber seedlings Grown in soil containing V-A Mycorrhizae spores. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Blacke C., A. 1965. Bult density in: Methods of soils analysis, part 2. Chemical and Microb. properties. Madison, Wisconsin. Am Soc of Agron Inc. Agronomy 9. p 771-1575.
- Bouyucos, G. J. 1963. Direction for making mechanical analysis of soil by hidrometer method. Soil Science 42:25-30.
- Bryla R., D. and Koide T. R. 1988. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of Wild vs Cultivated plants. II. Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. Oecologia 84:82-92.
- Bryla R., D. and Koide T., R. 1989. Regulation of reproduction in Wild and Cultivated *Lycopersicon esculentum* Mill by V-A mycorrhizal infection. Oecologia 84:78-81.
- Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1966. The nature and properties of soil. 6a. ed. New York.
- Cárdenas Ch., I. E. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Castañeda, R., P. 1984. Diseño de experimentos aplicados. Tercera reimpression. Ed. Trillas. México. 344 p.
- Castillo S., C. 1993. Efecto de la cubierta flotante Agribon 17 sobre la expresión de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en Zacatepec, Morelos. Tesis CSAEG. 65p.
- Chávez M., F. y Rodríguez M., R. 1984. El moteado del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), en Tecamachalco Puebla. Agrociencia 56:63-72.
- Cooke R. 1977. The biology of simbiotic fungi. Wiles and Sons. London, New York pp. 185-202.
- Davies F. T. and Linderman R. G. 1991. Short term effects of phosphorus and VA-Mycorrhizal fungi on nutrition, growth and development of *Capsicum annum* L. Scientia Hortic. 45:333-338.
- Dehne, H. W. 1982. Interaction between VA Mycorrhizal and plant patogens. American Phytopatol. Soc. 72(8):8111-8118.
- De la Viña G., Azcon-Aguilar C. and Azcon R. 1994. Effects of arbuscular Mycorrhizas (*Glomus* sp) aclimatization of micropropagated avocado (*Persea americana* Mill). 4to Simposium Europeo sobre Micorrizas. Abstracts. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Estaún V., Camprubí A. and Calvet C. 1994. Effects of temperature on root colonization and development of two isolated of *Glomus mosseae*. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- FAO-UNESCO. 1988. Soil map of the World Revised Legend. Prepared by food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 1-119.
- Fassbender H., W. y Bornemiza E. 1987. Química de suelos con énfasis de América Latina. 2a. ed. revisada. San José, Costa Rica: IICA.
- Feil W.; Kottke I. and Oberwinkler F. 1988. The effect of drought on mycorrhizal production and very fine root system development of Norway spruce under natural and experimental conditions. Plant and Soil 108:221-231.
- Ferrara, C. R. 1981. Las Micorrizas en los diferentes Agroecosistemas. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Memorias. 29 de Nov. al 3 de Dic. de 1981.

- San Luis Potosí. S.L.P. México.
- Fitts, J. W. and D. Wuagh. 1966. Soil test interpretation studies laboratory and potted plan. N.C.S.U. Agric. Exp. Sta. Teach.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía.
- Gerdemann, J. W. and Trape, J. M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest Mycology. Memor. 5:1-76.
- Gerdemann, J.W. 1975. V-A mycorrhiza in the development and function roots (eds. Torrey and Clarkson). p. 575-591.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular interaction in roots New Phytol. 84:489-500.
- Gnekov C. and Marschner, C. 1989. Role of V-A Mycorrhiza in growth and mineral nutrition of apple (*Malus pumila* var domestica) rootstock cuttings. Plants and Soil. 119:285-293.
- Hall, J. R. 1979. Response of *Caprosma robusta* to differens forms of Endomycorrhiza inoculum. Transaction of the British Mycological Society. June pp. 273-313.
- Harley, S. A. and Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal fungi CRC Critical Reviews in Microbiology. June pp 273-313.
- Haymann, D. and Mosse, B. 1970. Plant growth of endogone inoculated plants in phosphate deficient soils. New Phytol. 70:19-27.
- Haymann, D. S. 1982. Micorrhyza and its significance in horticulture. Planta 2(4):214-224.
- HauBler K; Rao I., M. and Marschner H. 1994. Growth and nutrient uptake of two tropical forrage legumes growth or without *Glomus manihotis* in an oxisol. 4to Simposium Europeo sobre Micorrizas. España 11-14 Julio de 1994.
- Hetrick, B. A. D. 1991. Mycorrhizas and root architecture. Experientia 47:355-362.
- Hewitt, E. J. 1966. Sand and Water Culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication No. 22 (2nd ed., revised). CAB, London. 547 p.
- Howeler, R. H. 1983. La función de las micorrizas Vesículo-Arbuscular en la nutrición fosfórica de Yuca. Suelos Ecuatoriales XIII vol. 2:51-61.
- INIA-SARH. 1982. Ciclos de Cultivos: diagrama de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México INIA-SARH.
- INIA-SARH. 1988. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del campo experimental Zacatepec. SARH-INIFAP-CIFAP. Zacatepec, Morelos, México. 3ra. Edición.
- Jackson, M. L. 1964. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Ed. OMEGA. Madrid, España.
- Jaime H., M. A. y Urbano S., L. 1991. Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la inoculación con el hongo endomicorrízico V-A *Glomus fasciculatum* en suelos calcimórficos muy deficientes en fósforo, bajo condiciones de temporal. Tesis profesional. ITA # 9. Miaatlán, Morelos, México.
- Khan, A. G. 1980. Growth response of Endomicorrryzal onions in unsterilized coal waste. New Phytol. 87:363-370.
- Kjeldhal, A.O.A.C. 1970. Association of official agricultural chemis, official methods of analysis. Washintong, D. C. Broad. William and Herwats.
- León A., R. 1984. Nueva Edafología. Regiones tropicales y áreas templadas de México. Ed. GACETA S.A. México.
- Le Tacon, F. 1985. Las micorrizas, una cooperación entre plantas y hongos. Mundo Científico 49(5):776-784.
- Levy Y.; Syverstsen, J. P. and Nemeč S. 1983. Effect of drought stress and V-A mycorrhiza on citrus transpiration and hidraulic conductivity of roots. New Phytol. 93:61-66.
- Lewis D., H. 1973. Concepts in fungal nutrition and the origen of biotrophy. Biol. Rev. 48:262-278.
- Longoria G., G. A. 1975. Prevención de la clorosis férrica en suelos calcáreos, mediante tratamientos de inundación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Louis I. and Lym G. 1988. Differential response in growth and mycorrhizal colonization of soybean to inoculation with two isolates of *Glomus clarum* in soils of different phosphorus availability. Plant and Soil 112:37-43.
- Lovato, P. E. and Gianinazzi S. 1994. Production of soil-based arbuscular mycorrhiza fungal inoculants: Physical factors. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas. Abstracts. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Manjunath, A. and Bagyaraj D., J. 1980. Components of VA mycorrhizal inoculum and their effects on growth of onion. New Phytol. 87(2): 355-361.
- Marronk, D. 1981. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crops production.

- Hort. Reviw. 3:172-213.
- Menge J., A.; Steirle D.; Bagyaraj D., J.; Jhonson E., L. and Leonard R., T. 1977. Phosphorus concentration in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytol.* 80:575-579.
- Mera O., L. M. 1987. Estudio del proceso comparativo de la Arvense *Physalis chenopodifolia* Lamark y *Physalis philadelphica* var. *philadelphica*, cultivar "Rendidora". Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Miller, R. W.; Donahue, R. L. y Schickluna. 1958. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Prentice/Hall Internacional, Colombia. 624p.
- Montes H., S. 1989. Evaluación de los efectos de la domesticación sobre el tomate *Physalis philadelphica* Lam. Tesis MC Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Morton, J. N. and Benny, G. L. (1990): Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, *Glomales*, two new suborders, *Glomineae* and *Gigasporineae* and two new families *Acalosporaceae*, and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. *Mycotaxon* 37: 471-491
- Mosse, B. 1973. Advance in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. Rev. of Phytopatology* 2:171-196.
- Mosse, B. 1977. The role of mycorrhiza on legume nutrition of marginal soil. Rodhamsted Experimental Station Harpended, Herts, U. K.
- Mosse, B. and D. S. Haymann. 1980. Mycorrhizal in agricultural plants. In Mikola (ed) *Tropical Mycorrhizal Research*.
- Musito R., B. 1990. Respuesta de la soya (*Glycine max* (L) Merr) var BM-2 a la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y hongos endomicorrícicos en suelos calcimórficos de Miacatlán Morelos, bajo condiciones de temporal. Tesis de Licenciatura. ITA #9 Miacatlán Morelos, México.
- Nelsen, C.; Bolgiano, N.; Furutani, S.; Safir, G. and Zandstra, B. H. 1981. The effect of soil phosphorus levels of mycorrhizal infection of field grown onion plants and mycorrhizal reproduction. *J. Am. Soc. Hort. Science* 106(6):786-788.
- Nelsen, C. E. and Safir G. R. 1982. Increased drought tolerance of mycorrhizal onion plants caused by improved phosphorus nutrition. *Planta* 154:407-413.
- Olsen, S. R. and L. E. Somers 1982. Phosphorus. In A. L. page (Ed) *Methods of soils analysis*. Agron. 9 part. 2 SSSA, Madison Wisconsin.
- Orozco M., O.; Furrázola E. and Pouyu E. 1994. VA Mycorrhiza effect on growth and yield of two Leguminous plants in field conditions. 4to. Simposium Europeo sobre Micorrizas. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Ortega L., M. P.; Palacio M., S. and Rubluo I. A. 1994. VA Mycorrhizal colonization of *Mamillaria huitzilopochtli* in vitro, an endemic endangered Cactacea of México. 4to Simposium Europe sobre Micorrizas. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Ortiz, B. y C. A. Ortiz. S. 1984. Edafología. 4a. ed. UACH. Suelos. Chapingo, México.
- Ostrizcka, J.; Horbowicz, M.; Dorbzanski, W.; Jankiewicz, L. S. and Borkowski, J. 1988. Nutritive value of tomatillo fruit (*Physalis ixocarpa* Brot). *Acta Soc. Bot. Pol.* 57(4):507-521.
- Owusu B., E. and Mosse, B. 1979. Plant growth response to V-A mycorrhizal. Field inoculation response in Barley, Lucerne and Onion. *New Phytol.* 83:671-679.
- Palacios M., S.; Salinas Ch., C.; y Shimada M., K. 1986. Incremento en crecimiento y en la absorción de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L), como respuesta a la micorriza V-A, en suelos de origen volcánico. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 29:329-336.
- Palacios M., S.; Salinas C. y Shimada M., K. 1987. Efecto de la inoculación de dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L) con cuatro hongos endomicorrícicos en un suelo muy deficiente en fósforo. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 29:303-311.
- Palacios M., S.; Musito R., B.; Cuenca A., E. y Shimada M., K. 1990. Respuesta de la soya (*Glycine max* (L) Merr.) a la doble inoculación, *Bradyrhizobium*-Micorriza V-A, en un suelo calcimórfico muy deficiente en fósforo del Estado de Morelos, México. XV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. Guatemala, C. A.
- Palacios M., S.; Pliego C. y Shimada M., K. 1992. Respuesta de *Lycopersicon esculentum* Mill, var Floradade, a la inoculación con el hongo endomicorrízico *Glomus fasciculatum*, durante el desarrollo en almácigo. XXIII Congreso Nal de Microb. Acapulco Gro. Junio 15-16.
- Palacios M., S.; Gómez H., R; Rodríguez G., R; Shimada M., K. and Cuenca A., E. 1994. The effect of nitrogen and phosphorus on *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis yield under field condition in a degraded calcareous soil from a Mexican Subtropic zone.
- Patil, S. I. 1967. Accessory Chromosomes in *Physalis ixocarpa* Brot. *Experientia* 23(10):862.

- Phillips, J. M. and D. Haymann. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesiculo-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Britis. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Plenchette C; Furlan V. and Fortin, A. 1982. Effect of different Endomycorrhizal fungi on five host plants Grown on Calcined Montmorillonite Clay. *J Am Sc Hort. Sc.* 107(4):535-538.
- Quezada M., C. A. 1992. Efecto del sustrato sobre el desarrollo de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) var. Tonatico, en el almácigo. Tesis CSAEG. 68p.
- Raju P., S; Clark R., B; Ellis J., R. and Maranbille J., W. 1990. Effects of species of VA mycorrhizal fungi of growth and mineral uptake of Sorghum at diferent temperatures. *Plants and Soils* 121:165-170.
- Rhodes L., H. and Gerdemann, J. W. 1978. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and nonmycorrhizal onions. *New Phytol.* 75:555-571.
- Rodríguez G., R. y Rodríguez M., R. 1984. El virus X de la papa en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Agrociencia* 56:73-83.
- Russel, E. J. y Russel, W. E. 1978. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed Aguilar, Madrid, España. pp. 257-404.
- Safir, G. R. 1980. Vesicular-Arbuscular mycorrhizal and crop productivity (ed. Carlson, S. P.) Academic Press New York. pp. 231-249.
- Sains, M. J. and Taboada, M. T. 1994. Effects of Earthwormcasts, composted municipal refuse and soluble fertilizer on yield and arbuscular mycorrhizal infection of *Glicine max.* 4to. Simposium Europeo en Micorrizas. Abstracts. Granada España. 11-14 Julio de 1994.
- Salazar A. y Gaona, J. 1991. Respuesta de cacahuete (*Arachis hypogaea* L) a la inoculación con *Rhizobium* sp bajo condiciones de temporal en un Leptosol rendzínico de la localidad de Miacatlán, Mor. Tesis ITA #9. 67 p.
- Saray M., C. R. 1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento y precocidad del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Saray M., C. R. y Loya R., J. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el Estado de Morelos. Circular 57. Campo Ag. Exp. Zacatepec CIAMEC-INIA-SARH. México.
- Saray M., C. R.; Palacios A., A. y Villanueva N., E. 1978. "Rendidora" nueva variedad de tomate de cáscara. Folleto de divulgación 73. Campo Agric. Exp. Zacatepec. CIAMEC-INIA-SARH, México.
- Say M., C. R. y Miranda C., S. 1986. El corte de precosecha (calentamiento) en el rendimiento y precocidad del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Agric. Tec. México.* 12(2):159-171.
- Schubert A. 1988. Growth and root colonization of Grapevines Inoculated with Different Mycorrhizal Endophytes. *Hortscience* 23(2):302-303.
- Sieverding E. 1991. V-A Mycorrhizal management in tropical agrosystems. Ed. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany. 372p.
- Simson D. and Daft M., J. 1990. Interactions between water-stress and different Mycorrhizal inoculo on Plant Growth and Mycorrhizal development in Maize and Sorghum. *Plant and Soil* 121:179-186.
- Smith, S. E. 1988. Physiological interactions between symbionts, in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Plants. *Plant Mol. Biol.* 329:221-244.
- Smith, S. E. and Gianinazzi-Person, V. 1988. Physiological interactions between symbionts in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:221-244.
- Son C., L; Smith F., A. and Smith S., E. 1988. Effect of lighth intensity on root growth, mycorrhizal interaction and phosphate uptake in onion (*Allium cepa* L.). *Plant and Soil* 111:183-186.
- Souza N., N. 1950. Plantas alimenticias y plantas de condimento que viven en Yucatán. Instituto Nacional Agrícola Henequero. Mérida, Yucatán. México.
- Sreevinasa M. N. and Bagyaraj, J. 1988. Selection of suitable substrate for mass multiplication of *Glomus fasciculatum*. *Plants and Soil.* 109:125-127.
- Strull, D. G. 1991. Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Ed. Technique et Documentation Lavoisier, 1991. Paris, France.
- Swaminathan K. and Berma B., C. 1979. Response of three species to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on zinc deficient soils. *New Phytol.* 82:481-487.
- Tisdale S., L. y W. L. Nelson. 1966. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Tratado de la primera edición en Inglés por Balasch J. y C. Piña. 2a ed, México. Ed UTEHA p 760.
- Trouvelot A., Lovato P., E. and Gianinazzi S. 1994. Agronomic interest of arbuscular mycorrhizas: comparative field trial with a myc pea mutant. 4to Simposium

- Europeo sobre Micorrizas. Granada, España. 11-14 Julio de 1994.
- Verdejo R. R. 1987. Caracterización de la variedad de tomate de cascara "Rendidora" (*Physalis ixocarpa* Brot) para su mejoramiento genético en Chapingo, México. Tesis M. C. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. H. Córdoba, Veracruz.
- Walkey A. and Black A. 1974. Critical examination for determining organic carbon in soil. *Soil Science* 63:251-264.
- Waterer R., D. and Coltman R. 1988. Phosphorus concentration and application interval influence growth and mycorrhizal infection of Tomato and Onion transplants. *J. Am. Soc. Hort. Sc.* 113(5):704-708.
- Waterer R., D. and Coltman R. R. 1989. Response of mycorrhizal bell peppers to inoculation timing, phosphorus and water stress. *Hortscience* 24(4):688-690.
- Wilson D., O. 1988. Differential plant response to inoculation with two VA Mycorrhizal fungi from a Low pH-soil. *Plant and Soil* 110:69-75.

Cuadro 1. Variables Climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología de la UNAM, correspondientes a los meses de mayo y junio de 1993.

Día	Temperaturas			Temperaturas		
	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
1	NR	14	--	33	14	23.5
2	38	NR	--	45	14	29.5
3	NR	14	--	NR	14	--
4	NR	NR	--	NR	15	--
5	41	NR	--	40	NR	--
6	35	13	24.0	39	NR	--
7	NR	14	--	NR	14	--
8	NR	14	--	34	NR	--
9	43	NR	--	33	10	21.5
10	35	13	24.0	30	10	20.0
11	34	13	23.5	15	NR	--
12	27	13	20.0	NR	NR	--
13	30	13	21.5	35	NR	--
14	NR	13	--	28	14	21.0
15	NR	11	--	24	16	20.0
16	34	NR	--	30	15	22.5
17	34	13	23.5	34	16	25.0
18	34	13	23.5	35	14	24.5
19	33	13	26.0	NR	16	--
20	NR	15	--	35	NR	--
21	35	14	24.5	34	16	25.0
22	NR	13	--	35	16	25.5
23	39	NR	--	35	12	23.5
24	34	15	24.5	35	15	20.0
25	35	13	24.0	38	15	26.5
26	34	12	23.0	NR	15	--
27	39	12	25.5	30	NR	--
28	33	12	22.5	29	16	22.5
29	NR	11	--	29	16	22.5
30	38	NR	--	30	15	22.5
31	38	14	26.0			

Cuadro 2. Variables Climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología de la UNAM, correspondientes a los meses de octubre y noviembre de 1993.

Día	Temperaturas			Temperaturas		
	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
1	35	13	24.0	NR	12	--
2	NR	13	--	40	NR	--
3	36	NR	--	37	13	25.0
4	NR	13	--	35	13	--
5	36	NR	--	12	NR	--
6	35	13	24.0	38	12	25.0
7	32	13	22.5	35	12	23.5
8	30	12	21.0	35	13	24.0
9	NR	12	--	36	12	24.0
10	35	NR	--	39	15	27.0
11	35	12	23.5	28	12	20.0
12	34	13	23.5	34	14	24.0
13	37	12	24.5	41	11	26.0
14	37	12	24.5	35	11	23.0
15	NR	12	--	36	13	24.5
16	31	NR	--	NR	14	--
17	38	12	25.0	35	NR	--
18	36	13	24.5	34	14	24.0
19	36	13	24.5	NR	11	22.5
20	35	14	24.5	34	10	22.0
21	34	14	24.0	NR	10	--
22	35	13	24.0	33	11	22.0
23	33	14	23.5	33	11	22.0
24	33	14	23.5	34	11	22.5
25	34	13	23.5	35	8	21.5
26	35	13	24.0	34	12	23.0
27	30	15	22.5	NR	13	--
28	33	14	23.5	34	NR	--
29	34	14	24.0	30	13	21.5
30	NR	14	--	32	11	21.5
31	36	NR	--			

NR= No Registrada

Cuadro 3. Variables Climáticas registradas en el invernadero del Instituto de Geología de la UNAM, correspondientes a los meses de abril y mayo de 1994.

Día	Temperaturas			Temperaturas		
	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
1	38	NR	--	NR	NR	--
2	39	9	24.0	NR	NR	--
3	NR	13	--	NR	NR	--
4	NR	NR	--	NR	NR	--
5	NR	NR	--	41	NR	--
6	NR	NR	--	NR	14	--
7	NR	NR	--	NR	NR	--
8	NR	NR	--	49	NR	--
9	NR	NR	--	NR	14	--
10	NR	NR	--	47	NR	--
11	NR	NR	--	38	13	25.5
12	NR	NR	--	38	15	26.5
13	NR	NR	--	NR	15	--
14	NR	NR	--	NR	NR	--
15	NR	NR	--	NR	NR	--
16	NR	NR	--	NR	NR	--
17	NR	NR	--	NR	NR	--
18	NR	NR	--	NR	NR	--
19	NR	NR	--	NR	NR	--
20	NR	NR	--	40	14	27.0
21	NR	NR	--	NR	13	--
22	NR	NR	--	40	NR	--
23	NR	NR	--	38	14	26.0
24	NR	NR	--	31	16	23.5
25	38	NR	--	40	15	27.5
26	38	11	24.5	40	17	28.5
27	38	11	24.5	NR	17	--
28	40	13	26.5	42	17	29.5
29	NR	14	--	NR	NR	--
30	NR	NR	--	NR	NR	--
31	NR	NR	--	40	NR	--

NR= No Registrada

Cuadro 4. Variables Climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de mayo de 1994.

Día	Temperaturas			Precipitación	Evaporación
	Máx.	Mín.	Media	(mm)	(mm)
	°C				
1	34.8	21.0	27.9	0.0	NR
2	38.5	21.5	30.0	0.0	NR
3	38.5	22.5	30.5	0.0	NR
4	37.5	21.5	29.5	0.0	NR
5	38.0	21.5	29.7	0.0	NR
6	36.5	19.0	27.7	0.0	NR
7	39.0	21.5	30.2	0.0	NR
8	39.0	22.0	30.5	0.0	NR
9	37.5	19.5	28.5	INAP	NR
10	36.5	21.5	29.0	0.0	NR
11	36.0	21.5	28.7	0.0	NR
12	37.0	21.0	29.0	0.0	NR
13	36.0	21.0	28.5	0.0	NR
14	35.0	21.0	28.0	0.0	NR
15	35.5	20.0	27.7	0.0	NR
16	34.0	20.0	27.0	0.0	NR
17	33.5	21.0	27.2	0.0	NR
18	32.5	20.0	26.2	0.0	NR
19	30.0	19.5	24.7	INAP	NR
20	37.0	20.5	28.7	3.0	NR
21	32.0	20.5	26.2	0.0	NR
22	34.0	19.5	26.7	2.5	NR
23	31.5	18.5	25.0	0.0	NR
24	32.5	19.0	25.7	0.0	NR
25	31.5	20.5	26.0	34.5	NR
26	31.5	20.5	26.0	0.0	NR
27	32.0	21.5	26.7	0.0	NR
28	34.0	20.0	27.0	10.0	NR
29	34.5	18.5	26.5	0.0	NR
30	33.5	20.0	26.7	29.5	NR
31	33.0	21.5	27.2	2.5	NR

INAP= Inapreciable
NR= No Registrada

Cuadro 5. Variables Climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de junio de 1994.

Día	Temperaturas			Precipitación	Evaporación
	Máx.	Mín.	Media	(mm)	(mm)
	°C				
1	32.5	19.5	26.0	0.0	NR
2	30.0	17.5	23.7	0.0	NR
3	33.5	18.0	25.7	0.0	NR
4	35.5	22.5	29.0	0.0	NR
5	31.0	20.0	25.5	0.0	NR
6	31.5	20.5	26.0	0.0	NR
7	34.0	18.5	26.2	2.9	NR
8	32.5	20.5	26.5	0.0	NR
9	34.5	20.5	27.5	7.3	NR
10	30.5	21.0	25.7	0.0	NR
11	23.5	18.0	20.7	29.5	NR
12	24.5	18.0	21.2	1.6	NR
13	26.0	18.0	22.0	20.0	NR
14	26.5	19.0	22.7	1.8	NR
15	29.5	19.0	24.2	1.2	NR
16	30.5	17.0	23.7	18.7	NR
17	29.5	18.0	23.7	0.0	NR
18	30.5	18.5	24.5	0.0	NR
19	31.0	19.5	25.2	0.0	NR
20	32.0	19.5	25.7	1.9	NR
21	31.0	18.0	24.5	18.9	NR
22	27.5	18.0	22.7	0.0	NR
23	30.5	17.0	23.7	43.8	NR
24	29.5	18.5	24.0	0.0	NR
25	26.0	17.0	21.5	32.6	NR
26	27.0	16.0	21.5	2.5	NR
27	27.5	16.5	22.0	0.0	NR
28	29.5	17.5	23.5	0.8	NR
29	29.5	18.5	24.0	0.0	NR
30	30.5	17.0	23.7	5.8	NR

INAP= Inapreciable
NR= No Registrada

Cuadro 6. Variables Climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de julio de 1994.

Día	Temperaturas			Precipitación	Evaporación
	Máx.	Mín.	Media	(mm)	(mm)
	°C				
1	28.0	17.0	22.5	32.0	6.39
2	30.0	16.0	23.0	2.0	6.27
3	31.0	16.0	23.5	0.0	7.43
4	31.0	17.0	24.0	0.0	6.85
5	31.0	18.0	24.5	13.8	5.94
6	28.5	19.0	23.7	0.0	4.45
7	30.5	17.5	24.0	1.9	6.18
8	31.0	17.5	24.2	12.4	5.46
9	31.5	17.0	24.2	4.5	6.83
10	28.0	15.0	21.5	0.0	5.75
11	31.0	17.0	24.0	0.0	6.92
12	31.0	18.5	24.7	1.7	5.36
13	31.5	18.5	25.0	0.0	5.16
14	32.0	19.0	25.5	0.0	7.89
15	32.5	17.5	25.0	0.0	5.54
16	32.5	17.0	24.7	0.0	6.44
17	32.0	18.0	25.0	0.0	5.82
18	32.5	16.0	24.2	9.3	6.27
19	32.5	16.5	24.5	0.0	6.35
20	32.5	17.0	24.7	7.0	6.22
21	31.0	17.0	24.0	0.0	5.23
22	31.0	16.5	23.7	2.8	5.80
23	31.5	14.0	22.7	9.0	6.25
24	33.0	15.0	24.0	4.8	5.93
25	32.0	16.0	24.0	0.0	5.72
26	32.5	17.0	24.7	0.0	5.70
27	34.0	17.5	25.7	2.5	6.14
28	33.0	18.0	25.5	7.8	5.12
29	30.0	17.0	23.5	0.2	6.15
30	31.5	18.0	24.7	0.0	5.32
31	31.0	16.0	23.5	0.0	5.18

INAP= Inapreciable
NR= No Registrada

Cuadro 7. Variables Climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de agosto de 1994.

Día	Temperaturas			Precipitación	Evaporación
	Máx.	Mín.	Media	(mm)	(mm)
	°C				
1	34.0	17.5	25.7	0.0	6.21
2	33.5	18.5	26.0	0.0	5.84
3	32.0	18.0	25.0	5.0	5.12
4	31.0	18.0	24.5	7.4	3.23
5	31.0	18.0	24.5	0.0	5.41
6	30.5	19.0	24.7	0.0	4.56
7	32.0	18.5	25.2	2.3	3.65
8	31.0	16.5	23.7	9.2	3.78
9	31.0	15.5	23.2	2.0	3.65
10	30.0	15.5	22.7	0.0	3.73
11	31.0	18.5	24.7	1.0	4.43
12	31.5	19.5	25.5	0.0	3.92
13	32.5	19.0	25.7	18.3	4.26
14	27.5	17.0	22.2	49.9	5.82
15	24.5	17.5	21.0	0.0	5.48
16	27.5	18.0	22.7	20.2	4.89
17	27.0	18.5	22.7	1.0	5.23
18	27.5	16.5	22.0	66.4	4.77
19	26.5	17.0	21.7	35.4	4.58
20	25.0	17.5	21.2	20.0	5.08
21	30.0	18.5	24.2	0.0	5.74
22	29.5	18.5	24.0	2.0	6.17
23	29.0	17.5	23.2	0.0	5.46
24	27.5	17.5	22.5	5.8	4.76
25	28.0	17.0	22.5	6.3	4.35
26	26.5	18.0	22.2	3.8	4.40
27	27.0	18.0	22.5	0.0	5.21
28	27.5	18.5	23.0	0.0	4.89
29	28.5	17.0	22.7	0.0	6.12
30	29.5	16.0	22.7	0.0	5.76
31	27.0	18.0	22.5	0.0	6.43

INAP= Inapreciable
NR= No Registrada

Cuadro 8. Variables Climáticas registradas en la estación climatológica de "El Rodeo", correspondientes al mes de septiembre de 1994.

Día	Temperaturas			Precipitación	Evaporación
	Máx.	Min.	Media	(mm)	(mm)
	°C				
1	26.0	17.5	21.7	0.8	5.12
2	25.5	18.5	22.0	5.8	4.50
3	27.0	17.0	22.0	6.3	3.57
4	27.0	17.0	22.0	0.0	3.16
5	27.0	14.0	20.5	0.0	5.48
6	27.5	15.5	21.5	0.0	3.72
7	29.0	17.0	23.0	3.0	3.82
8	28.0	18.0	23.0	2.0	3.62
9	29.0	18.0	23.5	28.2	4.36
10	25.0	17.0	21.0	2.0	3.97
11	25.0	17.5	21.2	11.5	4.32
12	25.5	16.0	20.7	0.0	5.42
13	28.0	16.0	22.0	30.5	6.14
14	26.0	17.5	21.7	14.0	5.87
15	26.5	16.0	21.2	5.1	6.25
16	27.0	16.0	21.5	13.8	5.64
17	26.0	17.0	21.5	4.2	5.32
18	26.5	18.5	22.5	3.3	5.85
19	28.0	18.5	23.2	0.0	5.65
20	28.0	16.5	22.2	2.5	5.33
21	27.0	18.0	22.5	0.0	5.85
22	29.0	18.0	23.5	0.0	5.42
23	28.5	18.5	23.5	0.0	6.12
24	29.5	17.5	23.5	0.0	5.72
25	29.0	18.0	23.5	0.0	5.65
26	31.0	15.0	23.0	0.0	5.46
27	28.0	18.0	23.0	0.0	5.32
28	28.0	16.5	22.2	0.0	5.42
29	28.0	16.0	22.0	0.0	5.23
30	28.0	16.0	22.0	0.0	5.24

INAP= Inapreciable

NR= No Registrada

Experimento I. Determinación de la dependencia del tomate de cáscara, a la micorriza arbuscular (M.A.), bajo condiciones de invernadero.

Cuadro A-1. Resultados de sobrevivencia obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados (arcoseno %).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRÍZICO			
	1	<u>Glomus spp</u> 2	3	<u>Glomus fasciculatum</u>
1	90.00	90.00	90.00	90.00
2	90.00	90.00	26.56	39.23
3	90.00	90.00	26.56	50.77
4	90.00	90.00	00.00	50.77
5	50.77	90.00	90.00	50.77
6	90.00	90.00	90.00	90.00
7	26.56	26.56	90.00	90.00
8	90.00	90.00	00.00	90.00
9	90.00	90.00	39.23	90.00
10	90.00	90.00	26.56	90.00
11	90.00	90.00	39.23	50.77
12	90.00	90.00	00.00	90.00
13	90.00	90.00	90.00	90.00
14	90.00	90.00	26.56	90.00
15	90.00	90.00	26.56	90.00
16	90.00	90.00	00.00	90.00

Cuadro A-2. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de sobrevivencia para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: SOBREVIVENCIA
Prueba de Estudio: Tukey
Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	20753.11	6917.703	12.034	0.0000
Dentro de grupos	60	34491.63	574.860		

Total (corregido) 63 55244.73

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
3	16	41.32	*
4	16	77.01	*
1	16	83.58	*
2	16	86.03	*

Cuadro A-3. Resultados de peso fresco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (g).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRÍZICO			
	1	<i>Glomus spp</i> 2	3	<i>Glomus fasciculatum</i>
1	0.4556	0.4385	0.3614	0.3918
2	0.3317	0.4212	0.3161	0.3136
3	0.4273	0.4319	0.3615	0.3652
4	0.4505	0.5467	0.3109	0.3936
5	0.5287	0.3940	0.2764	0.3734
6	0.4551	0.3439	0.2922	0.2517
7	0.4607	0.3316		0.4089
8	0.4382	0.3057		0.3480
9	0.4527	0.4205		0.4135
10	0.4163	0.3963		0.3911
11	0.2928	0.4935		0.2925
12	0.3874	0.4361		
13	0.4294	0.4020		
14	0.3833	0.2834		
15		0.4251		

Cuadro A-4. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso fresco para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO FRESCO
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	0.0580119	0.01933	5.6510	0.0024
Dentro de grupos	42	0.1437159	0.00342		
Total (corregido)	45	0.2017279			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99 por ciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
3	6	0.319750	*
4	11	0.358481	* *
2	15	0.404693	* *
1	14	0.422121	*

Cuadro A-5. Resultados de peso seco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (g).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRIZICO			
	1	<i>Glomus spp</i> 2	3	<i>Glomus fasciculatum</i>
1	0.0529	0.0474	0.0372	0.0387
2	0.0378	0.0515	0.0289	0.0295
3	0.0415	0.0428	0.0314	0.0366
4	0.0476	0.0548	0.0261	0.0339
5	0.0496	0.0418	0.0276	0.0348
6	0.0457	0.0352	0.0225	0.0325
7	0.0546	0.0372		0.0391
8	0.0458	0.0423		0.0423
9	0.0527	0.0407		0.0379
10	0.0514	0.0328		0.0329
11	0.0386	0.0464		0.0419
12	0.0457	0.0486		
13	0.0542	0.0390		
14	0.0468	0.0358		
15		0.0439		

Cuadro A-6. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso seco para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO SECO
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	0.0017382	5.793-4	19.843	0.0000
Dentro de grupos	42	1.8815108	2.919-5		
Total (corregido)	45	0.0029646			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99 porciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
3	6	0.028950	*
4	11	0.036372	* *
2	15	0.042680	* *
1	14	0.047492	*

Cuadro A-7. Resultados de altura obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (cm).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRÍZICO			
	1	<i>Glomus spp</i> 2	3	<i>Glomus fasciculatum</i>
1	4.68	4.80	7.66	6.58
2	5.28	4.82	5.86	6.04
3	5.96	4.72	6.75	4.94
4	5.30	7.28	5.67	6.86
5	5.60	5.30	5.52	4.94
6	4.28	5.62	5.95	6.64
7	4.36	4.82		7.07
8	6.74	5.80		7.38
9	4.24	5.70		5.78
10	4.78	6.78		7.38
11	4.77	5.70		4.80
12	7.88	4.81		
13	7.02	5.60		
14	6.38	4.90		
15		5.08		

Cuadro A-8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de altura para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: ALTURA
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	5.90831	1.969438	2.192	0.1032
Dentro de grupos	42	37.74275	0.898637		

Total (corregido) 45 43.68107
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 95 porciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
2	15	5.448666	*
1	14	5.519285	*
4	11	6.219090	*
3	6	6.230000	*

Cuadro A-9. Resultados de volumen de raíz obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (cc).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRÍZICO			
	1	<i>Glomus spp</i> 2	3	<i>Glomus fasciculatum</i>
1	1.1	1.3	1.3	0.8
2	0.8	0.6	0.6	0.4
3	1.1	0.8	0.6	0.7
4	1.3	0.9	0.7	0.6
5	0.8	0.9	0.6	0.7
6	0.8	0.7	0.5	0.6
7	1.0	0.7		0.9
8	0.9	1.1		0.5
9	0.9	0.8		0.6
10	1.5	0.5		0.7
11	0.9	1.0		0.7
12	1.1	0.8		
13	0.9	0.6		
14	1.3	0.9		
15		1.1		

Cuadro A-10. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de volumen de raíz para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: VOLUMEN DE RAÍZ
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	0.9680544	0.32268	7.203	0.0005
Dentro de grupos	42	1.8815108	0.04479		

Total (corregido) 45 2.8495652
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD

Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
4	11	0.654545	*
3	6	0.716666	* *
2	15	0.846666	* *
1	14	1.028571	*

Cuadro A-11. Resultados de colonización obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados (arcoseno %).

REPETICIÓN	AISLADO MICORRÍZICO			
	1	Glomus spp 2	3	Glomus fasciculatum
1	46.05	60.81	52.09	53.92
2	46.61	59.31	46.29	60.27
3	45.09	62.66	45.06	55.89
4	46.52	60.89	49.58	59.15

Cuadro A-12. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de colonización para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: COLONIZACIÓN
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	3	602.3898	200.796	35.317	0.0000
Dentro de grupos	12	68.2263	5.685		
Total (corregido)	15	670.6162			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
1	4	46.06750	*
3	4	48.24250	*
4	4	57.15375	*
2	4	60.91750	*

Experimento II. Determinación del efecto de 5 niveles de fósforo en la colonización y desarrollo en almácigo, bajo condiciones de invernadero.

Cuadro B-1. Resultados de peso fresco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (g).

TMT	Inoculación y Fertilización	REPETICIONES		
		I	II	III
1	No Inoculado	8.42	8.60	8.67
2	No Inoculado (2 ppm P)	14.88	14.79	15.02
3	No Inoculado (4 ppm P)	15.43	16.50	14.20
4	No Inoculado (6 ppm P)	15.78	13.38	14.02
5	No Inoculado (INIA-SARH)	7.68	9.14	8.06
6	<i>G fasciculatum</i> únicamente	12.25	10.23	10.80
7	<i>G fasciculatum</i> (2 ppm P)	15.32	14.95	14.65
8	<i>G fasciculatum</i> (4 ppm P)	16.06	17.64	17.14
9	<i>G fasciculatum</i> (6 ppm P)	18.70	17.54	20.55
10	<i>G fasciculatum</i> (INIA-SARH)	17.13	15.89	18.73
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	9.31	9.39	8.14
12	<i>Glomus spp</i> 1 (2 ppm P)	13.88	12.08	14.74
13	<i>Glomus spp</i> 1 (4 ppm P)	11.72	14.88	13.49
14	<i>Glomus spp</i> 1 (6 ppm P)	11.87	11.27	12.14
15	<i>Glomus spp</i> 1 (INIA-SARH)	16.53	13.00	13.43

Cuadro B-2. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso fresco para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO FRESCO
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	14	436.78286	31.1987	25.430	0.0000
Dentro de grupos	30	36.80493	1.2268		

Total (corregido) 44 473.58779
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD
 Nivel Conteo Promedio Grupos homogéneos

5	3	8.29333	*
1	3	8.56333	*
11	3	8.94666	*
6	3	11.09333	* *
14	3	11.76000	* * *
13	3	13.36333	* * *
12	3	13.56666	* * *
15	3	14.32000	* * *
4	3	14.39333	* * *
2	3	14.89666	* * *
7	3	14.97333	* * *
3	3	15.37666	* * *
8	3	16.94666	* * *
10	3	17.25000	* * *
9	3	18.93000	* * *

Cuadro B-3. Resultados de peso seco obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (g).

TMT	Inoculación y Fertilización	REPETICIONES		
		I	II	III
1	No Inoculado	0.58	0.67	0.60
2	No Inoculado (2 ppm P)	1.05	0.94	1.01
3	No Inoculado (4 ppm P)	1.09	1.08	0.98
4	No Inoculado (6 ppm P)	1.11	0.83	0.99
5	No Inoculado (INIA-SARH)	0.48	0.54	0.49
6	<i>G fasciculatum</i> únicamente	1.16	0.79	0.87
7	<i>G fasciculatum</i> (2 ppm P)	1.03	1.05	1.12
8	<i>G fasciculatum</i> (4 ppm P)	1.18	1.22	1.27
9	<i>G fasciculatum</i> (6 ppm P)	1.39	1.32	1.44
10	<i>G fasciculatum</i> (INIA-SARH)	1.14	1.00	1.22
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	0.75	0.82	0.66
12	<i>Glomus spp</i> 1 (2 ppm P)	1.18	0.92	1.13
13	<i>Glomus spp</i> 1 (4 ppm P)	0.89	1.13	1.11
14	<i>Glomus spp</i> 1 (6 ppm P)	0.96	0.89	1.02
15	<i>Glomus spp</i> 1 (INIA-SARH)	1.22	0.90	0.96

Cuadro B-4. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso seco para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO SECO
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	14	2.0615244	0.14725	13.438	0.0000
Dentro de grupos	30	0.3287333	0.01095		

Total (corregido) 44 2.3902578
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 porciento HSD			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
5	3	0.503333	*
1	3	0.616666	* *
11	3	0.743333	* * *
6	3	0.940000	* * *
14	3	0.956666	* * *
4	3	0.976666	* * *
2	3	1.000000	* *
15	3	1.026666	* * *
13	3	1.043333	* * *
3	3	1.050000	* * *
7	3	1.066666	* * *
12	3	1.076666	* * *
10	3	1.120000	* *
8	3	1.223333	* *
9	3	1.383333	* *

Cuadro B-5. Resultados de sobrevivencia obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados (arcoseno %).

TMT	Inoculación y Fertilización	REPETICIONES		
		I	II	III
1	No Inoculado	90.00	90.00	71.56
2	No Inoculado (2 ppm P)	78.46	78.46	73.57
3	No Inoculado (4 ppm P)	81.87	78.46	63.44
4	No Inoculado (6 ppm P)	63.44	90.00	66.42
5	No Inoculado (INIA-SARH)	75.82	90.00	90.00
6	<i>G fasciculatum</i> únicamente	39.23	51.94	50.77
7	<i>G fasciculatum</i> (2 ppm P)	60.67	64.90	55.55
8	<i>G fasciculatum</i> (4 ppm P)	55.55	48.45	40.40
9	<i>G fasciculatum</i> (6 ppm P)	39.23	46.15	41.55
10	<i>G fasciculatum</i> (INIA-SARH)	50.77	56.79	41.55
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	49.60	54.33	48.45
12	<i>Glomus spp</i> 1 (2 ppm P)	49.60	90.00	62.03
13	<i>Glomus spp</i> 1 (4 ppm P)	75.82	54.33	56.79
14	<i>Glomus spp</i> 1 (6 ppm P)	50.77	46.15	48.45
15	<i>Glomus spp</i> 1 (INIA-SARH)	63.44	47.29	48.45

Cuadro B-6. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de sobrevivencia para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: SOBREVIVENCIA
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	14	8709.850	622.132	7.110	0.0000
Dentro de grupos	30	2624.899	87.496		

Total (corregido) 44 11334.750
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99 por ciento HSD						
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos				
9	3	42.31000	*				
6	3	47.31333	*	*			
8	3	48.13333	*	*			
14	3	48.45666	*	*			
10	3	49.70333	*	*			
11	3	50.79333	*	*			
15	3	53.06000	*	*	*		
7	3	60.37333	*	*	*	*	
13	3	65.64666		*	*	*	*
12	3	67.21000		*	*	*	*
4	3	73.28666			*	*	*
3	3	74.59000				*	*
2	3	76.83000				*	*
1	3	83.85333					*
5	3	85.27333					*

Cuadro B-7. Resultados de volumen de raíz obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (cc).

TMT	Inoculación y Fertilización	REPETICIONES		
		I	II	III
1	No Inoculado	5.28	5.36	6.13
2	No Inoculado (2 ppm P)	5.33	3.84	4.52
3	No Inoculado (4 ppm P)	5.72	4.49	6.60
4	No Inoculado (6 ppm P)	8.60	7.04	7.14
5	No Inoculado (INIA-SARH)	2.21	2.72	2.88
6	<i>G fasciculatum</i> únicamente	6.82	4.00	3.60
7	<i>G fasciculatum</i> (2 ppm P)	4.81	5.19	7.76
8	<i>G fasciculatum</i> (4 ppm P)	6.82	6.51	8.56
9	<i>G fasciculatum</i> (6 ppm P)	10.00	7.69	6.18
10	<i>G fasciculatum</i> (INIA-SARH)	8.27	8.56	6.36
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	6.61	8.36	7.42
12	<i>Glomus spp</i> 1 (2 ppm P)	9.93	7.13	6.98
13	<i>Glomus spp</i> 1 (4 ppm P)	6.64	8.85	7.78
14	<i>Glomus spp</i> 1 (6 ppm P)	7.87	8.31	7.14
15	<i>Glomus spp</i> 1 (INIA-SARH)	7.31	6.25	7.72

Cuadro B-8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de volumen de raíz para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: VOLUMEN DE RAÍZ
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	14	108.00438	7.71463	5.654	0.0000
Dentro de grupos	30	40.93100	1.36436		

Total (corregido) 44 148.93583

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99 porciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
5	3	2.603333	*
2	3	4.563333	* *
6	3	4.806666	* *
1	3	5.590000	* *
3	3	5.603333	* *
7	3	5.920000	* *
15	3	7.093333	*
8	3	7.296666	*
11	3	7.463333	*
4	3	7.593333	*
10	3	7.730000	*
13	3	7.756666	*
14	3	7.773333	*
9	3	7.956666	*
12	3	8.013333	*

Cuadro B-9. Resultados de colonización obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados (arcoseno %).

TMT	Inoculación y Fertilización	REPETICIONES		
		I	II	III
6	<i>G fasciculatum</i> únicamente	31.05	28.66	32.14
7	<i>G fasciculatum</i> (2 ppm P)	32.77	30.33	34.51
8	<i>G fasciculatum</i> (4 ppm P)	33.40	34.88	34.39
9	<i>G fasciculatum</i> (6 ppm P)	34.63	36.39	33.90
10	<i>G fasciculatum</i> (INIA-SARH)	34.02	38.53	36.39
11	<i>Glomus spp</i> 1 únicamente	29.40	30.13	28.24
12	<i>Glomus spp</i> 1 (2 ppm P)	32.77	31.82	31.18
13	<i>Glomus spp</i> 1 (4 ppm P)	33.89	32.77	33.89
14	<i>Glomus spp</i> 1 (6 ppm P)	35.67	35.91	35.24
15	<i>Glomus spp</i> 1 (INIA-SARH)	35.67	34.94	35.91

Cuadro B-10. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de colonización para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: COLONIZACIÓN
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	9	146.33832	16.2598	9.447	0.0000
Dentro de grupos	20	34.42147	1.7210		
Total (corregido)	29	180.75979			

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD

Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos						
11	3	29.25666	*						
6	3	30.61666	*	*					
12	3	31.92333	*	*	*				
7	3	32.53666		*	*	*			
13	3	33.51666		*	*	*	*		
8	3	34.22333			*	*	*		
9	3	34.97333				*	*		
15	3	35.50666				*	*		
14	3	35.60666						*	
10	3	36.31333							*

Experimento III. Evaluación del efecto de la inoculación en el rendimiento y calidad del fruto, bajo condiciones de campo y temporal.

Cuadro C-1. Resultados de sobrevivencia obtenidos y transformados en cada uno de los tratamientos estudiados (arcoseno %).

TRAT.	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC.	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	50.7	71.5	53.7	36.2	67.2	50.7
2	NI	60	20	47.8	45.0	67.2	53.7	53.7	71.5
3	NI	90	30	42.1	50.7	50.7	71.5	50.7	67.2
4	NI	120	40	67.2	71.5	63.4	71.5	63.4	90.0
5	I	00	00	56.7	60.0	67.2	56.7	90.0	60.0
6	I	60	20	47.8	56.7	63.4	67.2	77.0	63.4
7	I	90	30	77.0	77.0	47.8	53.7	63.4	77.0
8	I	120	40	77.0	71.5	42.1	63.4	71.5	63.4

NI= No Inoculado
I= Inoculado

Cuadro C-2. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de sobrevivencia para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: SOBREVIVENCIA
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	1437.0499	205.292	1.516	0.1899
Dentro de grupos	40	5417.5878	135.439		
Total (corregido)	47	6854.6377			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 95 por ciento HSD

Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
1	6	55.05667	*
3	6	55.53500	*
2	6	56.51666	*
6	6	62.63833	*
5	6	64.86833	*
8	6	65.13166	*
7	6	66.04666	*
4	6	71.20166	*

Cuadro C-3. Resultados de peso de frutos totales obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Ton/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	8.35	10.48	11.38	4.64	5.32	7.25
2	NI	60	20	5.51	9.45	10.20	6.55	8.11	9.90
3	NI	90	30	7.96	7.49	10.16	7.46	8.14	13.65
4	NI	120	40	9.62	8.89	9.93	8.93	11.24	12.51
5	I	00	00	11.48	9.76	9.35	8.96	6.47	9.31
6	I	60	20	5.93	9.85	8.46	9.66	10.11	12.87
7	I	90	30	11.32	15.00	12.03	9.09	14.58	12.96
8	I	120	40	10.64	11.07	13.55	10.05	12.18	10.15

NI= No Inoculado
I= Inoculado

Cuadro C-4. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso de frutos totales para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO DE FRUTO TOTAL
Prueba de Estudio: Tukey
Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	97.95492	13.9935	3.361	0.0065
Dentro de grupos	40	166.52197	4.1630		

Total (corregido) 47 264.47689

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99 porciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
1	6	7.90666	*
2	6	8.29333	* *
3	6	9.14333	* *
5	6	9.22500	* *
6	6	9.48433	* *
4	6	10.19133	* *
8	6	11.27833	* *
7	6	12.50066	*

Cuadro C-5. Resultados de peso de frutos grandes obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Ton/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	1.07	2.44	2.00	0.82	0.70	1.64
2	NI	60	20	0.22	2.52	1.79	1.38	0.32	2.50
3	NI	90	30	1.09	1.30	2.74	1.27	1.27	3.49
4	NI	120	40	0.49	0.97	0.87	1.65	2.95	2.70
5	I	00	00	1.86	1.43	1.38	2.11	1.49	0.82
6	I	60	20	0.41	1.33	1.13	2.16	1.70	2.56
7	I	90	30	1.59	2.49	2.94	1.65	3.53	2.27
8	I	120	40	0.79	1.51	1.01	0.46	1.18	2.37

NI= No Inoculado

I= Inoculado

Cuadro C-6. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso de frutos grandes para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO DE FRUTO GRANDE

Prueba de Estudio: Tukey

Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	5.508028	0.78686	1.179	0.3362
Dentro de grupos	40	26.685446	0.66713		
Total (corregido)	47	32.193474			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 95 por ciento HSD			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
8	6	1.224333	*
1	6	1.447000	*
2	6	1.460666	*
5	6	1.519333	*
6	6	1.553000	*
4	6	1.607333	*
3	6	1.863666	*
7	6	2.416333	*

Cuadro C-7. Resultados de peso de frutos medianos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Ton/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	7.18	7.87	9.36	3.79	4.58	5.38
2	NI	60	20	5.11	6.88	8.13	5.10	7.66	7.20
3	NI	90	30	6.74	6.01	7.35	6.12	6.85	10.08
4	NI	120	40	9.02	7.78	8.92	7.20	8.15	9.73
5	I	00	00	9.47	8.17	7.89	6.83	4.89	8.44
6	I	60	20	5.47	8.41	7.21	7.47	8.36	10.26
7	I	90	30	9.70	12.44	8.89	7.37	10.99	10.61
8	I	120	40	9.74	9.54	12.43	9.44	10.97	7.70

NI= No Inoculado
I= Inoculado

Cuadro C-8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de medias de los resultados de peso de frutos medianos para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO DE FRUTO MEDIANO
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	80.095039	11.4421	4.580	0.0008
Dentro de grupos	40	99.932847	2.4983		

Total (corregido) 47 180.02789
 (0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 99 por ciento HSD
 Nivel Conteo Promedio Grupos homogéneos

1	6	6.36366	*
2	6	6.68566	* *
3	6	7.19466	* *
5	6	7.61800	* *
6	6	7.86933	* *
4	6	8.47033	* *
8	6	9.97333	*
7	6	10.00533	*

Cuadro C-9. Resultados de peso de frutos chicos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Kg/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	104	164	20	24	44	222
2	NI	60	20	180	42	284	66	116	194
3	NI	90	30	122	172	70	66	22	82
4	NI	120	40	110	138	136	78	140	80
5	I	00	00	148	54	80	22	80	42
6	I	60	20	44	100	120	24	40	44
7	I	90	30	24	74	188	64	56	48
8	I	120	40	108	22	102	152	22	78

NI= No Inoculado

I= Inoculado

Cuadro C-10. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de peso de frutos chicos para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: PESO DE FRUTO CHICO

Prueba de Estudio: Tukey

Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	0.0315503	0.00450	1.295	0.2777
Dentro de grupos	40	0.1392173	0.00348		

Total (corregido) 47 0.1707677

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 95 por ciento HSD		
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
6	6	0.062000	*
5	6	0.071000	*
7	6	0.075666	*
8	6	0.080666	*
3	6	0.089000	*
1	6	0.096333	*
4	6	0.113666	*
2	6	0.147000	*

Cuadro C-11. Resultados de número de frutos totales obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Frutos/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N	P						
	(Kg/Ha)	(Kg/Ha)	(Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	326000	384000	392000	162000	206000	258000
2	NI	60	20	262000	328000	458000	238000	350000	346000
3	NI	90	30	268000	286000	360000	316000	312000	484000
4	NI	120	40	426000	374000	370000	322000	400000	456000
5	I	00	00	418000	344000	358000	332000	248000	342000
6	I	60	20	240000	400000	316000	350000	380000	468000
7	I	90	30	444000	470000	414000	328000	508000	462000
8	I	120	40	406000	456000	376000	456000	424000	334000

NI= No Inoculado
I= Inoculado

Cuadro C-12. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de número de frutos totales para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: NUMERO DE FRUTO TOTAL
Prueba de Estudio: Tukey
Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	9.7871E10	1.39E10	2.908	0.0148
Dentro de grupos	40	1.9232E11	4.80E09		
Total (corregido)	47	2.9019E11			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método: Tukey 95 porciento HSD			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
1	6	288000.0	*
2	6	330333.3	* *
3	6	337666.6	* *
5	6	340333.3	* *
6	6	359000.0	* *
4	6	391333.3	* *
8	6	408666.3	* *
7	6	437666.6	*

Cuadro C-13. Resultados de número de frutos grandes obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Frutos/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	26000	58000	52000	18000	16000	38000
2	NI	60	20	6000	60000	48000	34000	8000	58000
3	NI	90	30	26000	32000	68000	34000	30000	90000
4	NI	120	40	12000	24000	20000	40000	72000	66000
5	I	00	00	48000	38000	32000	54000	36000	20000
6	I	60	20	10000	34000	28000	48000	40000	60000
7	I	90	30	38000	62000	68000	36000	92000	54000
8	I	120	40	20000	36000	24000	18000	24000	66000

NI= No Inoculado
I= Inoculado

Cuadro C-14. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de número de frutos grandes para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: NUMERO DE FRUTO GRANDE
 Prueba de Estudio: Tukey
 Nivel de confiabilidad: 95

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	3.1139E09	4.44E08	1.047	0.4150
Dentro de grupos	40	1.7002E10	4.25E08		
Total (corregido)	47	2.0116E10			

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 95	porcentaje HSD	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
8	6	31333.33	*
1	6	34666.66	*
2	6	35666.66	*
6	6	36666.66	*
5	6	38000.00	*
4	6	39000.00	*
3	6	46666.66	*
7	6	58333.33	*

Cuadro C-15. Resultados de número de frutos medianos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Frutos/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	290000	308000	338000	142000	186000	198000
2	NI	60	20	238000	264000	382000	198000	332000	268000
3	NI	90	30	232000	236000	286000	276000	280000	386000
4	NI	120	40	402000	336000	338000	274000	314000	382000
5	I	00	00	356000	302000	318000	276000	202000	316000
6	I	60	20	226000	356000	276000	300000	338000	404000
7	I	90	30	404000	400000	326000	286000	410000	400000
8	I	120	40	376000	418000	410000	356000	398000	260000

NI= No Inoculado

I= Inoculado

Cuadro C-16. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de número de frutos medianos para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: NUMERO DE FRUTO MEDIANO

Prueba de Estudio: Tukey

Nivel de confiabilidad: 99

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	g.l.	Suma cuadrados	Cuadrado medio	F-calc.	Nivel de Significancia
Entre grupos	7	8.6933E10	1.24E10	3.470	0.0054
Dentro de grupos	40	1.4316E11	3.57E09		

Total (corregido) 47 2.3009E11

(0) Los valores perdidos han sido excluidos.

ANÁLISIS DE RANGOS MÚLTIPLES

Método:	Tukey 99	porcentaje	HSD	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos	
1	6	243666.6	*	
2	6	280333.3	* *	
3	6	282666.6	* *	
5	6	295000.0	* *	
6	6	316666.6	* *	
4	6	341000.0	* *	
8	6	369666.6	*	
7	6	371000.0	*	

Cuadro C-17. Resultados de número de frutos chicos obtenidos en cada uno de los tratamientos estudiados (Frutos/Ha).

TMT	NIVELES			REPETICIONES					
	INOC	N (Kg/Ha)	P (Kg/Ha)	I	II	III	IV	V	VI
1	NI	00	00	10000	18000	2000	2000	4000	22000
2	NI	60	20	18000	4000	28000	6000	10000	20000
3	NI	90	30	10000	18000	6000	6000	2000	8000
4	NI	120	40	12000	14000	12000	8000	14000	8000
5	I	00	00	14000	4000	8000	2000	10000	6000
6	I	60	20	4000	10000	12000	2000	2000	4000
7	I	90	30	2000	8000	20000	6000	6000	8000
8	I	120	40	10000	2000	10000	14000	2000	8000

NI= No Inoculado

I= Inoculado

Cuadro C-18. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de los resultados de número de frutos chicos para cada uno de los tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL

Datos: NUMERO DE FRUTO CHICO

Prueba de Estudio: Tukey

Nivel de confiabilidad: 95