
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**EFFECTO DE LA INOCULACION DE 5 CEPAS
DE MICORRIZA V.A. EN TRES TIPOS DE
SUSTRATO SOBRE EL DESARROLLO Y
FRUCTIFICACION DE JITOMATE
(*Lycopersicon esculentum*) EN HIDROPONIA.**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
P R E S E N T A N
ROBERTO FEDERICO TREJO HAAGER
OSCAR DANIEL COVARRUBIAS PATIÑO
GUADALAJARA JALISCO, DICIEMBRE DE 1994

A 2156
C - 2

M. J. N. M.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECRETARÍA

EXPEDIENTE

NÚMERO 1041/92

16 de Noviembre de 1992.

C. PROFESORES.

DR. EDUARDO LOPEZ BLOCCER, DIRECTOR
ING. SERGIO FRANCISCO COMPIERAS RODRIGUEZ, ASESOR
ING. JUAN PEDRO CORDERO SALAZAR, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

- EFECTO EN LA INOCULACION DE 5 CEPAS DE NICOPEPIZA V.A. EN TRES TIPOS DE SUESTROS SOBRE EL DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DE Jitomate (*Lycopersicon esculentum*) EN HIDROPONIA.

presentado por el (los) PASANTE (ES) PORLESC PLEFFICO TELJO HAAGER
OSCAR DANIEL COVAREBIAS PATIÑO

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE
PIENSA Y TRABAJA
AL DEL VICERRECTOR
EL SECRETARIO

H.C. SALVADOR NIEMELA HERNANDEZ





UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD...

Expediente

1047/92

Número

16 de Noviembre de 1992.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

ROBERTO FEDERICO TREJO HAAGER Y OSCAR DANIEL COVARRUBIAS
PATINO con código 85345559 y 85335375, respectivamente,

titulada:

" EFECTO DE LA INOCULACION DE 5 CEPAS DE MICORRIZA V.A.
EN TRES TIPOS DE SUSTRATO SOBRE EL DESARROLLO Y FRUC-
TIFICACION DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*) EN -
HIDROPONIA. "

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

DR. EDUARDO LOPEZ ALCOCER

ASESOR

ASESOR

ING. SERGIO HONORIO CONTRERAS

ING. JUAN PEDRO CORNA SALAZAR

srd'

ryr

Al contestar este oficio cifrese fecha y número

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad de Guadalajara, y a la División de Ciencias Agronómicas por formarnos como profesionistas.

A nuestro director de tesis Dr. Eduardo López Alcocer por su empeño y dedicación al dirigir este trabajo.

A nuestros asesores: M.C. Honorio Contreras Rodríguez e Ing. Juan Pedro Corona Salazar, por haber contribuido con su experiencia y opinión a la elaboración de esta tesis.

Al Laboratorio Bosque La Primavera y a su equipo de trabajo.

A las químicas: Lilián Villarino Miranda, María Elena de Zarazúa, Ofelia Guevara Perales, Evelia Martínez, por su valiosa ayuda en la elaboración de los análisis químicos.

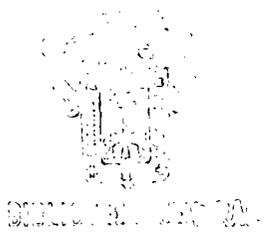
A la M.C. Laura Guzmán Dávalos por el material y bibliografía facilitados referentes a micorrizas.

Al Ing. Gilberto Covarrubias y al Laboratorio FERSOL de Occidente.

Al Dr. Gustavo Gordillo de Anda por su amistad, apoyo y motivación a lo largo de nuestro trabajo.

A las biólogas Hilda Arreola Nava, Ana Lilia Vigueras Guzmán, y Rosa de Lourdes Romo, así como al Lic. Tino Granata.

Al Dr. Hugo Moreno García, por su ayuda en la elaboración de los análisis estadísticos.



INDICE

PAGINA

1.- Introducción.....1

2.- Objetivos.....2

3.- Hipótesis.....3

4.- Revisión de literatura.....4

 4.1 Micorrizas.Historia.....4

 4.2 Importancia y función de las micorrizas.....5

 4.3 Clasificación de las micorrizas.....6

 4.3.1 Micorrizas vesículo-arbusculares.....8

 4.3.1.1 Formación.....8

 4.3.1.2 Uso e importancia en la agricultura.....9

 4.3.1.3 Ubicación taxonómica.....10

 4.3.1.3.1 Características de los géneros.....11

 4.3.1.4 Rangos hospederos.....13

 4.3.1.5 Relaciones con la nutrición vegetal.....14

 4.3.1.5.1 Absorción de fósforo.....14

 4.3.1.6 Factores ecológicos.....16

 4.3.1.6.1 Intensidad de la luz y longitud del día.....16

 4.3.1.6.2 Influencia de los factores del suelo....17

 4.3.1.6.2.1 pH del suelo.....17

 4.3.1.6.2.2 Humedad del suelo.....18

4.4 Origen del jitomate.....	18
4.5 Clima y suelo.....	19
4.6 Características botánicas.....	19
4.7 Influencia de los factores climáticos.....	22
4.7.1 Temperatura.....	22
4.7.2 Humedad.....	22
4.7.3 Luminosidad.....	23
4.8 Enfermedades y plagas.....	24
4.8.1 Podredumbre del extremo floral o "ahogado"....	24
4.8.2 Tomates huecos.....	24
4.8.3 Rajado del fruto.....	25
4.8.4 Daños por frío.....	26
4.8.5 Daños por intensidad luminosa.....	26
4.8.6 Plagas.La mosca blanca de los invernaderos....	26
4.8.7 Araña roja común.....	27
4.9 Daños causados por hongos y bacterias.....	28
4.9.1 Hongos que atacan al follaje.....	28
4.9.2 Hongos que provocan podredumbre en los frutos.	28
4.9.3 Bacterias.....	29
4.10 Historia de la hidroponia.....	29
4.11 Fundamentos.....	32
4.11.1 Temperatura.....	33
4.11.2 Aportación de CO ₂	33
4.11.3 Humedad.....	34

4.11.4 Oxigenación del sistema radicular.....	35
4.12 Solución nutritiva.....	35
4.12.1 Agua.....	36
4.12.2 Elementos minerales y esenciales.....	36
4.12.2.1 Macroelementos.....	37
4.12.2.2 Microelementos.....	38
4.12.3 Valor del pH.....	38
4.12.4 Suministro de hierro.....	39
4.13 Sustratos.....	40
4.13.1 Grava de piedra pómez.....	41
4.13.2 Ladrillo molido.....	42
4.13.3 Grava de río.....	42
4.13.4 Arena.....	42
4.13.5 Vermiculita.....	43
4.14 Ventajas de la hidroponia.....	43
4.15 Desventajas de la hidroponia.....	45
4.16 Generalidades sobre los invernaderos.....	47
4.17 Localización de los invernaderos.....	48
4.18 Bases para el diseño de invernaderos.....	49
4.19 Invernaderos.....	51
4.19.1 Tipología estructural de los invernaderos....	52
4.19.2 Tipos de materiales de cubierta.....	53
4.19.2.1 Cubiertas.....	54
5.- Materiales y métodos.....	56

5.1 Ubicación.....	56
5.2 Diseño experimental.....	56
5.3 Sustratos.....	57
5.4 Semilla utilizada.....	58
5.5 Solución nutritiva.....	58
5.6 Siembra y trasplante.....	60
5.7 Características del invernadero.....	61
5.8 Calendario de actividades.....	61
6.- Resultados y discusión.....	64
7.- Conclusiones.....	95
8.- Recomendaciones.....	97
9.- Bibliografía.....	98



1.- INTRODUCCION

Dado el déficit alimentario provocado por el crecimiento demográfico y la baja productividad agrícola que ha tenido nuestro país sobre todo en los últimos años y el uso indiscriminado de productos químicos con las respectivas consecuencias ecológicas ya conocidas, nos obliga a buscar alternativas que nos permitan producir a costos competitivos y de encontrar alguna manera de producir sin afectar nuestro entorno ecológico y de obtener productos orgánicos de buena calidad. El uso de las micorrizas en la producción agrícola es de suma importancia por la relación simbiótica que se establece entre el hongo micorrízico y la raíz de la planta. Así el hongo recibe de la planta hospedera elementos nutricionales necesarios para su metabolismo como los carbohidratos, principalmente; en tanto que como producto de la simbiosis, la planta aumenta su espacio de exploración en el suelo donde se encuentra establecida, incrementando sus niveles de absorción de fósforo, algunos microelementos y agua, además de registrar incrementos en algunas hormonas relacionadas con el crecimiento vegetal, y una mayor resistencia a la tensión de tipo físico-químico y patológico.

2.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Contribuir a la generación de tecnología de producción de bajo impacto ambiental.



OBJETIVOS PARTICULARES:

1.- Seleccionar la mejor cepa de micorrizas y el mejor sustrato para el desarrollo y fructificación del jitomate, bajo condiciones de invernadero.

2.- Identificar los elementos de la producción de jitomate que favorezcan la producción de fruto mediante una tecnología de bajo impacto ambiental.

3.- HIPOTESIS

1.- Se cree obtener un fruto de características agradables al sabor y de buen tamaño.

2.- El incremento en la producción de materia seca del cultivo de jitomate se puede lograr con la combinación de diferentes cepas de micorrizas y el sustrato.



4.- REVISION DE LITERATURA

4.1. HISTORIA DE LAS MICORRIZAS.

Hace unos 400 millones de años, las plantas comenzaron a colonizar la superficie terrestre, hecho éste importante en la evolución de los seres vivos. Mediante su capacidad fotosintética, los vegetales transforman la energía solar en energía química, utilizable por otros organismos. Para llevar a cabo tal actividad, aquellas primeras plantas requerirían, como las actuales, una serie de nutrimentos que deberían captar de la atmósfera (anhídrido carbónico) y del suelo, (agua, N, P, S, K, Mn, Fe, etc...) (Azcón y Barea 1980).

Mayoritariamente se acepta que las plantas se originaron a partir de las algas verdes. El tránsito de éstas, desde su hábitat acuático a ambientes secos, y la evolución en ellos a plantas con raíces - antecesoras de los actuales vegetales superiores- fue en efecto punto crucial en la historia de la vida sobre la tierra. Sin lugar a dudas, el hambre y la sed, las dos grandes y eternas dificultades de la existencia sobre el planeta, incidieron de forma decisiva en los primeros pasos de la evolución de los vegetales. La opinión común sostiene que la colonización por las algas de aquél suelo seco y pobre, fue posible gracias a que éstas se asociaron con microorganismos, lo cual permitió que pudieran captar sus alimentos minerales. Por una parte, hongos microscópicos formaron las PRIMERAS MICORRIZAS, simbiosis especializadas en la captación de P, y por otra, las plantas se asociaron con microorganismos fijadores de nitrógeno molecular (N,) atmosférico. (Azcón y Barea, 1980).

4.2. IMPORTANCIA Y FUNCION DE LAS MICORRIZAS.

Micorriza significa literalmente hongo-raíz, término definido por Frank en 1885. (Maronck et al 1985).

Las micorrizas son simbiosis mutualísticas entre hongos y raíces de plantas superiores. Salvo en contadas excepciones, la planta suministra al hongo fuentes de carbono procedentes del producto de la fotosíntesis, además de un nicho ecológico protegido de los fenómenos de antagonismo microbiano en la rizósfera. Por su parte, el hongo ayuda a la planta a absorber sus nutrimentos minerales del suelo. (Azcón y Barea, 1980).

Estos hongos transfieren a la raíz algunos minerales esenciales más eficientemente que las raíces de las plantas y a cambio reciben de ella azúcares y otros nutrimentos que necesitan para su desarrollo. El hongo es un componente normal de la rizósfera y sobrevive en el suelo en forma de esporas de reposo, las que germinan cuando las condiciones de humedad, temperatura, etc., son adecuadas. (Bouza, 1989).

Debido a la amplia distribución de las micorrizas, puede afirmarse que las plantas cuando crecen en condiciones naturales son en su mayoría organismos dobles, en el sentido de que el órgano a través del cual absorben agua y nutrimentos está constituido por la raíz propiamente dicha y un hongo que vive simbióticamente con ella. (Azcón y Barea, 1980).

Esta simbiosis micorrízica esta ampliamente distribuída en el reino vegetal, prevaleciendo en las plantas superiores excepto en las familias *Cruciferaeae* y *Quenopodiaceae*. De acuerdo a dicha simbiosis se ha demostrado que ayudan a las plantas a adquirir nutrimentos minerales del suelo, especialmente elementos inmóviles como el P, Zn, y Cu, pero también iones mas móviles como: S, Ca, K, Mg, Mn, Cl, Br y N. (Jaen y Ferrera-Cerrato, 1989).

En suelos donde tales elementos pueden ser deficientes o poco asimilables, las micorrizas aumentan la eficiencia de la absorción mineral, resultando un aumento en el crecimiento de la planta; también han demostrado aumentar la absorción de agua y/o, de otro modo, alterar la fisiología de las plantas para reducir la respuesta de estrés a la sequía del suelo y del trasplante, así como de altos niveles de sal, toxicidad asociada con desechos de minas o tierras rellenas, metales pesados o toxicidad debida a desbalance de elementos menores como el Mn; en algunos casos, reducen la respuesta a la enfermedad causada por patógenos debido a algunos cambios morfológicos y fisiológicos en la planta. Algunas micorrizas pueden producir metabolitos que alteran la habilidad para producir raíces en los esquejes o para alterar la regeneración. Es conocido también que mejoran la textura del suelo y su estabilidad. (Linderman, 1988; Roncadori y Hussey 1982; Shenck, 1981).

Generalmente, las plantas con alta demanda de fósforo (como las leguminosas) o pobre sistema radical (cebolla, papa) responden mejor a la micorrización. Se ha indicado que la capacidad de las plantas para crecer en suelos que tienen muy poco fósforo disponible puede depender del desarrollo de los pelos radicales; así, plantas con pocos o cortos pelos radicales dependerán más de la formación de micorrizas que las dotadas con pelos bien desarrollados. Al parecer, sin embargo, se hallan implicados otros factores, además de la cantidad y tamaño de los pelos, pues plantas como *Paspalum notatum* y *Centrosema pubescens*, con largos pelos radicales, no toman eficientemente el fósforo del suelo, a no ser que estén micorrizadas. (Azcón y Barea, 1980).

4.3. CLASIFICACION DE LAS MICORRIZAS.

Anteriormente, sólo se reconocían dos tipos de micorrizas: las endotróficas y las ectotróficas. En las primeras eran agrupadas las micorrizas V,A, (vesículo-arbusculares), las ericales y las orquideas. (Reid, 1990).

En las endotróficas el hongo no forma manto sobre la raíz, y las hifas penetran en el interior de las células de la corteza. En las ectotróficas, el desarrollo del hongo en el interior de la corteza es intercelular, dando un aspecto de red. (Azcón y Barea, 1980).

No obstante, ahora se sabe que los hongos formadores de endomicorrizas están muy distanciados taxonómicamente y fisiológicamente, por lo que ha sido necesario modificar esta clasificación y subdividir a las antiguas micorrizas endotróficas en varios grupos. Sin lugar a dudas, las más extendidas son las de tipo VESICULO ARBUSCULAR (VA), ya que esta simbiosis se encuentra en todos los climas que permiten el desarrollo vegetal sobre el planeta, y la forman la mayoría de las plantas de interés agrícola e industrial. (Azcón y Barea, 1980). Existen, entonces, cinco grandes grupos de micorrizas que han tenido uso general en base a la morfología y anatomía, pero también a la taxonomía de la planta hospedera o del hongo. Estos grupos generalmente aceptados son:

- a) Las ectomicorrizas
- b) Las ectendomicorrizas
- c) Las micorrizas ericales
- ch) Las micorrizas orquideales y
- d) Las micorrizas vesículo-arbusculares. (Reid, 1990).



BIBLIOTECA CENTRAL

Estos grupos no son categorías definitivas pero proveen un útil medio para examinar su estructura y función. (Reid, 1990).

4.3.1. Micorrizas vesículo-arbusculares.

El amplio término endomicorrizas, paralelo al término ectomicorrizas, fue sustituido por el nombre Micorrizas Vesículo-arbusculares (MVA) con un sentido más restrictivo. El término se refiere a la presencia de estructuras intracelulares (vesículos y arbusculos) que se forman en la raíz durante varias fases de desarrollo. Aunque las MVA fueron reconocidas y descritas a fines del siglo XIX, -y su amplia distribución dentro de las plantas fue conocida a principios del siglo XX, -poca importancia se le dio a esta "curiosidad" hasta mediados de los años 50's. (Reid, 1990). Aunque la ausencia de manto de micelio externo dificulta el reconocimiento de las micorrizas VA, utilizando una técnica de clarificación y tinción puede adentrarse en su morfología a través del examen microscópico consiguiente. En contraste con lo que sucede con la micorriza formadora de manto, la infección VA origina pocos cambios morfológicos en la raíz. (Azcón y Barea, 1980).

4.3.1.1. Formación.

La infección se desarrolla a partir de las clamidosporas (esporas de resistencia formadas por el hongo) o bien a partir del micelio originado en una raíz previamente infectada. Las clamidosporas, que resisten condiciones adversas en el suelo, tales como el calor y la sequía, germinan cuando las circunstancias son favorables, pero los tubos de germinación producidos mueren a no ser que encuentren una raíz huésped y penetren con éxito en ella. En este caso, el tubo de germinación o la hifa infectiva forman un apresorio sobre la superficie de la raíz, produciéndose así la penetración del hongo, que tiene lugar normalmente entre dos células epidérmicas. La hifa invasora se ramifica intercelularmente, de forma rápida, en la corteza de la raíz, sin invadir endodermis, tejidos vasculares ni meristemas. (Azcón y Barea, 1980).

Poco tiempo después de iniciada la infección, se desarrollan los arbusculos. Cuando se forma un arbusculo, el almidón de la célula invadida desaparece, al tiempo que el núcleo se alarga y divide. Los arbusculos son digeridos rápidamente y su contenido absorbido por el huésped. Después de que los arbusculos son digeridos, los núcleos vuelven a su tamaño normal y el almidón suele reaparecer. Posteriormente a los arbusculos, se forman las vesículas que son estructuras ovoides que contienen material lipídico. Estas son órganos de reserva, y en algunos casos, su pared gruesa las asemeja a clamidosporas. (Azcón y Barea, 1980).

4.3.1.2. Uso e importancia en la agricultura.

El uso comercial de los hongos MVA puede ser una alternativa para los altos costos de energía y fertilizantes en la agricultura, ya que son capaces de incrementar los rendimientos de los cultivos, pues están presentes naturalmente en muchos suelos y su habilidad fertilizadora es fácilmente utilizada por varias plantas (Maronck et al., 1985).

Para plantas de semilleros que crecen en suelos fumigados, la inoculación con MVA es imperativa por las siguientes razones: 1) las plantas crecen mejor (previenen la atrofia seguida de la fumigación); 2) disminuyen la necesidad de fertilización, especialmente P, Zn y Cu; 3) es menor el potencial de estrés de agua y además reducen el daño por trasplante; 4) las plantas sobreviven mejor especialmente si son trasplantadas en suelos fumigados, en suelos pobremente fertilizados o en suelos perturbados; 5) las plantas pueden ser inoculadas con las micorrizas más efectivas; y 6) las plantas pueden ser más tolerantes y resistentes a algunas enfermedades. (Menge, 1983).

La selección de cepas eficientes de estos hongos es el punto más importante para su uso en la agricultura. Para su selección se deben tomar en cuenta todos los factores que contribuyen a la eficiencia del siombionte, tales como la alta densidad del inóculo, su colocación, la confiable germinación de la espora, el rápido crecimiento a través del suelo, su habilidad competitiva, sus mecanismos de sobrevivencia y su capacidad efectiva de infección. Otros factores incluyen la extensión a través de la raíz, la cantidad de hifa externa, su efectividad de absorción y transferencia de P y la cantidad de C usado del hospedero. (Menge, 1983).

4.3.1.3. Ubicación taxómica

Hasta hace poco tiempo, los hongos MVA estaban ubicados en el orden Endogonales (Zygomycotina) y dentro de una sola familia: la Endogonaceae. (Sanders et al, 1975).

Sin embargo, Pirozynski y Dalpé (citados por Almeida y Shenk, 1990) describieron en 1989 una nueva familia, la Glomaceae Pirozynski & Dalpé, conteniendo dos géneros: Glomus y Sclerocystis. Morton y Benny (1990), citados por Almeida y Shenk, enmendaron la familia Glomaceae y erigieron un nuevo orden: Glomales, y dos nuevas familias: Acaulosporaceae y Gigasporaceae. Su actual clasificación taxonómica según Morton y Benny (1990) es la siguiente:

DIVISION:	Eumycota		
SUBDIVISION:	Zygomycotina		
CLASE:	Zygomycetes		
ORDEN:	Glomales		
SUBORDEN:	Glominae		Gigasporinae
FAMILIA:	Glomaceae	Acaulosporaceae	Gigasporaceae
GENERO:	<i>Glomus</i>	<i>Acaulospora</i>	<i>Gigaspora</i>
	<i>Sclerocystis</i>	<i>Entrophospora</i>	<i>Scutelospora</i>
ESPECIE:	spp.	spp.	spp.

4.3.1.3.1. Características de los géneros.

Las seis especies aceptadas en la actualidad son reconocidas según varios autores (Trappe y Schenk, 1982; Trappe, 1982; Hall, 1984; Berch, 1987; González, 1988) como se describe a continuación:

A) GLOMUS: Es el género más frecuentemente encontrado y se caracteriza por esporas unicelulares (clamidosporas) grandes (50-100 μ m de diámetro), formadas por esporocarpos (aglomeraciones no organizadas de esporas) hipógeos o epígeos, en extremos hifales en ramos, o saliendo solas en el suelo o en la corteza de las raíces. Excepto en una especie (*Glomus multicaule*) hay usualmente una hifa de sostén, recta, recurvada, acampanada o en forma de embudo. El color de las esporas varía de hialinas, amarillas, cafés, naranjas o negras. Aunque generalmente las esporas son de forma regular (de globosas a ovaladas), ocasionalmente son de forma muy irregular.

Las paredes de la espora pueden tener de una hasta muchas capas. La germinación es vía las hifas sustentoras viejas o más raramente a través de la pared de la espora. El contenido de las esporas maduras es de glóbulos de lípidos, productos de reserva de los hongos, sintetizados a partir de azúcares simples que obtienen de las plantas.

B) SCLEROCYSTIS: Las clamidosporas son formadas similarmente como en *Glomus*, pero se forman invariablemente en esporocarpos apretados que nacen en una sola capa alrededor de un plexo hifal y están ordenadas radialmente. En algunas especies presentan un período o manto de hifas que rodea al esporocarpo. Los esporocarpos pueden nacer solos en el suelo o fundirse en costras con desechos orgánicos en la superficie del suelo. El tamaño de las esporas varía de 50-350 um.

C) ACAULOSPORA: A diferencia de las dos especies anteriores y al igual que las restantes, *Acaulospora* forma azigosporas (en lugar de clamidosporas), solas y ectocárpicamente en el suelo. La espora se forma de una hifa terminal o espora madre -ahora denominada sáculo esporífero- conteniendo material citoplasmático que proveerá los nutrimentos necesarios para su formación.

CH) ENTROPHOSPORA: Como en *Acaulospora* la producción de las esporas de resistencia es precedida por la formación de una vesícula terminal, pero a diferencia de ésta, la espora se forma de la hifa de origen justo abajo de la vesícula o sáculo esporífero y no lateralmente.

D) GIGASPORA: Las esporas son formadas invariablemente ectocárpicamente de una hifa sustentora bulbosa, unidas verticalmente o lateralmente, con septos a distancias regulares por abajo de la espora y, además, pueden presentar prolongaciones laterales de función desconocida.

Las micorrizas que forman las diferentes especies de *Gigaspora* no pueden llamarse vesículo-arbusculares, ya que no forman vesículas en las raíces, pero no difieren en los otros caracteres de la micorriza arbuscular, y presentan estructuras fuera de la raíz de función aún no conocida, llamadas células auxiliares, que pueden presentarse en pares en una sola hifa o formar racimos, variando de ornamentación según la especie, siendo de forma equinulada o finamente papilada. El tamaño de la espora varía de 250-450um.

E) SCUTELLOSPORA: Al igual que en *Gigaspora*, no forma vesículas y sus células auxiliares son de tipo nudoso y con papilas más burdas. Presenta un escudo (de ahí su nombre) no siempre visible. Las diferencias en la composición de las paredes fue la causa para ser separada del género *Gigaspora* (Walker 1986, citado por González, 1988). El tamaño de las esporas varía de 150-400 um.

4.3.1.4. Rangos hospederos.

Los hongos que forman MICORRIZAS VA tienen un espectro de huéspedes extremadamente amplio, lo que obliga a catalogarlas como inespecíficas. Pero sí se registran diferencias en el grado de susceptibilidad del huésped y en la adaptabilidad del hongo a determinadas condiciones. La existencia, por ejemplo, de hongos más adaptados a especies forestales y otros a cultivos agrícolas, es un hecho comprobado. Así mismo, se sabe que el pH de un suelo es un factor determinante de la presencia y efectividad de ciertos tipos de esporas. Esto parece indicar que sí hay marcadas diferencias en la facilidad e intensidad con que los endofitos infectan, se desarrollan y operan en distintos huéspedes y bajo diferentes condiciones ecológicas. Estas consideraciones permiten concluir que existe cierta especificidad de la simbiosis, aunque parece depender más de la interacción, con un tipo de suelo y condiciones de cultivo que no con un huésped particular. (Azcón y Barea, 1980).

4.3.1.5. Relaciones con la nutrición vegetal.

En los últimos años, ante la necesidad de encontrar alternativas de fertilización y nutrición más eficaces y económicas se ha incrementado el interés investigativo en esta área y en especial la de los hongos micorrizógenos VA debido al papel que cumplen en la nutrición vegetal de las plantas dentro de los ecosistemas terrestres y particularmente, de los tropicales (Bouza, 1989).

El principal efecto de las micorrizas VA es la habilidad de captar o translocar el fósforo asimilable del suelo a las plantas desarrollando prioritariamente sus capacidades absorptivas en suelos de baja fertilidad. (Bouza, 1989).

4.3.1.5.1. Absorción de fósforo.

Las MICORRIZAS VA estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad. Los estudios llevados a cabo han puesto de manifiesto que dichos efectos se deben a que la micorriza mejora sustancialmente la absorción de nutrientes y agua por la planta y que el principal nutriente implicado es el fósforo. (Azcón y Barea, 1980).

Los mecanismos propuestos para explicar la mayor capacidad de absorción de P por plantas micorrizadas, están basados en las siguientes causas:

- a) Que la micorrización induzca cambios morfológicos en la planta.
- b) Que la micorrización induzca cambios fisiológicos, lo que provocaría un incremento de la capacidad de la superficie de la raíz de la planta para absorber fósforo.

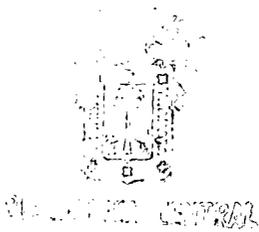
c) Que la micorrización proporcione una superficie de absorción adicional (hifas del hongo) o más eficaz.

ch) Que las hifas o las raíces micorrizadas tengan capacidad para solubilizar fuentes de fósforo no disponibles para raíces no infectadas.

d) Que la raíz micorrizada tenga más longevidad que la raíz que no lo está. (Azcón y Barea, 1980).

La hipótesis del inciso c, a saber, que la micorrización proporcione una superficie de absorción adicional, se considera hoy en día la más acertada. En efecto, se acepta que el papel fundamental de las micorrizas estriba en que las hifas externas del hongo, extienden el campo de absorción de la planta más lejos de la zona de agotamiento que rodea la raíz, de tal manera que la red de hifas externas permite a la raíz incrementar su superficie de absorción y explorar un volumen de suelo superior al que pueden utilizar las plantas no micorrizadas. (Azcón y Barea, 1980).

En cuanto a la transferencia de fosfatos del hongo al huésped, se acepta que tiene lugar en los arbúsculos, los cuales degeneran y son digeridos, liberándose el fósforo que contienen. Observaciones a nivel estructural confirman este hecho; se ha visto así que los arbúsculos se van formando y degenerando, calculándoseles una vida media de 7 a 11 días. Sin embargo, puede ser posible que ocurra una transferencia de fosfato y otros materiales, a través de los plasmalemas fúngico y del huésped. En efecto, la transferencia puede tener lugar en otras partes del micelio interno y no sólo en los arbúsculos (intracelulares). (Azcón y Barea, 1980).



4.3.1.6. Factores ecológicos.

Son varios los factores que insiden en el desarrollo, actividad y sobrevivencia de los hongos endomicorrízicos, en donde el factor medioambiental es determinante, así como los cambios de fertilidad del suelo debidos a correcciones con fertilizantes minerales, o abonos orgánicos, los cuales afectan marcadamente la actividad de la población micorrízica del suelo en términos de la cantidad de raíz colonizada y el número de esporas producidas. (Hayman, 1982).

Las bajas temperaturas reducen la infección y la producción de esporas. El porcentaje de infección y el número de esporas se reducen, por lo general, cuando se aplican fertilizantes fosforados y nitrogenados. Adiciones crecientes de $PO_3,4$ reducen la infección, así como la formación de esporocarpos. 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 que el existente en el suelo. (Azcón y Barea, 1980).

Ciertas observaciones han sugerido que las diferencias en el grado de infección asociadas con la fertilidad del suelo están relacionadas con el ritmo de crecimiento de la raíz. (Azcón y Barea, 1980).

4.3.1.6.1. Intensidad de luz y longitud del día.

La luz es un factor fundamental en la infección V.A. En plantas colocadas en ligera penumbra, la infección no sufre alteraciones de relieve. Por el contrario, cuando se somete a grandes sombras, la infección se reduce drásticamente y la producción de esporas baja en un 80%. (Azcón y Barea, 1980).

4.3.1.6.2. Influencia de los factores del suelo.

Se conoce que otros elementos distintos al fósforo pueden inhibir o retardar el desarrollo de los hongos endomicorrízicos en algunos suelos. Nemeč et al., detectaron que el número de clamidosporas en suelos citrícolas de California se correlacionaba negativamente con el contenido de materia orgánica y positivamente con el sodio y el pH, y que en suelos con pH alto, contenido elevado de sodio y bajo contenido de fósforo y materia orgánica, las esporas eran más numerosas. (Bouza, 1989).

Estas tres variables: pH, sodio y materia orgánica pueden ser correlacionadas con la concentración de esporas porque están relacionadas con la disponibilidad de fósforo en el suelo; con el aumento del pH, la solubilidad del fosforo disminuye e incrementa la concentración de sodio. (Bouza, 1989).

Las concentraciones de materia orgánica son bajas en suelos semidesérticos, los que a su vez tienen mayores contenidos de sodio, pH alto y, por tanto, bajas concentraciones de fósforo. (Bouza, 1989).

4.3.1.6.2.1. pH DEL SUELO.

Los efectos del pH del suelo en la respuesta de la planta a las micorrizas son muy complejas y altamente influenciados por muchas características físicoquímicas del suelo. Las micorrizas VA difieren en su preferencia por ciertos rangos de pH y el mecanismo de esto es desconocido, pero se sabe que la solubilidad de diversos compuestos de fósforo y su adsorción por los componentes del suelo, son alterados por cambios en el pH dependiendo del tipo de suelo. (Graw, 1979).

4.3.1.6.2.2. HUMEDAD DEL SUELO.

Es bien conocido que un cambio en el contenido de humedad de un suelo altera permanentemente sus propiedades químicas y físicas y el desarrollo y actividad de los microorganismos presentes. El efecto favorable de micorriza sobre crecimiento de la planta donde el contenido de humedad es bajo puede ser atribuído al alto grado de infección en las raíces micorrizadas observadas bajo estas condiciones. (Safir et al. 1982).

Una de las razones de por qué la micorriza VA es tan eficiente donde el abastecimiento de agua es pobre puede ser que después de períodos secos las plantas micorrizadas se recobran más rápidamente una vez que son regadas de nuevo, porque las raíces micorrizadas ofrecen menor resistencia a la entrada de agua que las raíces que no lo están. (Safir et al. 1982).

Sin embargo, también es importante señalar lo siguiente: una humedad excesiva afecta probablemente al hongo o a la planta indirectamente vía anaerobiosis. Hay también evidencias que sugieren que suelos con bajo potencial de agua podrían disminuir o inhibir la germinación de esporas de los hongos micorrízicos con la subsecuente colonización deficiente de las raíces. El estado del agua en la planta puede también afectar la colonización del hongo por alteraciones en la corteza de la raíz la cual inhibe la penetración de la hifa (por ejemplo suberización) o por cambios en la producción de estímulos en la raíz. (Reid, 1984).

4.4. ORIGEN DEL JITOMATE.

El tomate es una planta originaria de Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. (Van Haeff, 1981).

La planta fue aceptada mucho tiempo en Europa como ornamental, dado que se le creía venenosa por su relación con las plantas de la familia de las solanáceas, como el beleño, belladona, y otras. El alcaloide causante de la pretendida toxicidad es la tomatina, que se encuentra principalmente en las hojas y el fruto verde, y se degrada al madurar. (Rodríguez et al, 1984).

4.5. CLIMA Y SUELO.

El jitomate prospera en muchas latitudes y bajo un amplio rango de tipos de suelo, temperatura y métodos de siembra, con la sola excepción de climas en que se producen heladas, puesto que resulta sensible a este fenómeno. Los vientos fuertes dañan considerablemente la planta, reduciendo las producciones, y si son secos y calientes, producen la abscisión de las flores. (Rodríguez et al, 1984).

Respecto a los suelos, el tomate no es una planta especialmente exigente, creciendo en las mas variadas condiciones, y aunque prefiere los suelos profundos y con buen drenaje, su sistema radicular poco profundo le permite adaptarse a los suelos pobres y de poca profundidad con tal de que tenga asegurado un buen drenaje. (Rodríguez et al., 1984).

4.6. CARACTERISTICAS BOTANICAS.

El jitomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum esculentum* Mill o *Lycopersicum lycopersicum* L. Farwell. Potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. (Rodríguez et al, 1984).

El sistema radicular presenta una raíz principal pivotante que crece unos 3 cms al día, hasta que alcanza los 60 cms de profundidad, la raíz es fusiforme; simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. (Rodríguez et al, 1984; Tamaro, 1984).

El tallo es grueso, sarmentoso, erguido durante los primeros estadios de desarrollo, pero pronto se tuerce a consecuencia del peso, por lo cual necesita cañas o palos tutores. (Rodríguez et al, 1984, Tamaro, 1984).

El tallo puede llegar hasta los 2.5 m de longitud. Su superficie es angulosa, provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un líquido de aroma característico. Presenta una epidermis provista de estomas, una corteza formada por parénquima y tejido de sostén en forma de anillo continuo, un límite impreciso entre la corteza y el cilindro central y los tejidos conductores dispuestos en un círculo de haces liberoleñosos. (Rodríguez et al, 1984).

Las hojas compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. Son pinnadohendidadas, y emiten olor fuerte. El limbo se encuentra fraccionado en 7, 9 y hasta 11 foliolos. Al igual que el tallo, están provistos de glándulas secretoras de la citada sustancias aromática. (Rodríguez et al, 1984; Tamaro, 1984).

Las flores son de color amarillo, se hallan dispuestas en corimbo y se presentan formando inflorescencias que pueden ser de 4 tipos: racimo simple, cima unípara, bípara y múltipara, pudiendo llegar a tener 50 flores por inflorescencia. (Rodríguez et al, 1984; Tamaro, 1984).

Las semillas son grisáceas de forma oval, aplastada y de 3 a 5 mm de diámetro; conservan su poder germinativo durante 4 o más años si se les mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máxima y mínima para la germinación de 35°C y 10°C. (Rodríguez, et al, 1984).

El fruto es una baya gruesa de color rojo, en alguna variedad, amarilla, profundamente asurcada y rica en jugo. (Tamaro, 1984).

El fruto se compone de piel, pulpa, placenta y semillas. El grosor de la piel aumenta en el primer estadio de desarrollo, después se adelgaza y va madurando. (Anderlini, 1989).

Así puede ocurrir que en los frutos redondo-lisos, al darse un rápido aumento del volumen, la epidermis se rompa en los puntos de menor resistencia. La coloración del fruto maduro se debe a la presencia de dos pigmentos: licopina (rojo) y la carotina (amarillo). La proporción en que éstos intervienen, determina la diversa intensidad del color de los frutos. A menudo la distribución de los pigmentos se diferencia entre piel y pulpa y puede estar influenciado en gran manera por la intensidad y la cualidad de la luz. Una sombra moderada favorece la formación de la licopina, mientras que la carotina se da de forma mas abundante si el fruto está expuesto a la luz intensa. (Anderlini, 1989).

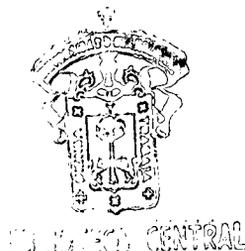
El jitomate se reproduce generalmente por semilla. La multiplicación por tallos o por injerto no encuentra aplicación práctica. (Turchi, 1990).

El jitomate es una planta que se adapta a una gran variedad de climas, con la sola excepción de aquellos en que se producen heladas, puesto que resulta sensible a este fenómeno. Pero además los vientos fuertes dañan considerablemente a la planta, reduciendo las producciones y, si son secos o calientes, producen la absición de las flores con resultados similares. Por ello es necesario proteger a los cultivos con una barrera rompevientos. (Rodríguez et al, 1984).

4.7. INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMATICOS.

Existen 3 factores climatológicos que ejercen una gran influencia sobre el cultivo:

- a) *Temperatura*
- b) *Humedad*
- c) *Luminosidad*



4.7.1. La temperatura.

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación, teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo biológico una temperatura óptima. (Rodríguez et al, 1984).

Este factor varía considerablemente bajo condiciones de invernadero, y puede influirse sobre él mediante:

- Riegos, ventilación, diferentes tipos de plástico usados como cubierta en el invernadero. (Rodríguez et al, 1984).

4.7.2. La humedad.

La humedad influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades medias no superiores al 50%. En invernadero, la humedad relativa ideal para jitomate es de 50-60%. (Rodríguez et al, 1984).

Un exceso de la misma puede combatirse:

- Con ventilación y aumento de temperatura,
- Mediante el acolchado,
- Controlando los riegos. (Rodríguez et al, 1984).

El defecto de humedad se combate:

- Aumentando los riegos,
 - Con cuerpos de agua en pasillos del invernadero.
- (Rodríguez et al, 1984).

4.7.3. La luminosidad.

La luminosidad tiene una gran influencia tanto en la fotosíntesis, como sobre el fotoperiodismo, crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos. Ahora bien, en el jitomate, la influencia de la duración del día es menor que en otros cultivos, debiéndose tener en cuenta para la maduración homogénea de los frutos. Este factor, bajo invernadero, puede estar afectado por el tipo de plástico a utilizar. (Rodríguez et al, 1984).

4.8. ENFERMEDADES Y PLAGAS.

4.8.1. Podredumbre del extremo floral o "ahogado".

Síntomas: en el extremo apical de los frutos se desarrolla una necrosis. La zona manchada en principio es incolora, y más tarde marrón oscuro, circular, deprimida y con bordes bien marcados. Puede abarcar a veces la mitad del fruto. (Rodríguez, 1984).

Causas: no están aún bien definidas, pero se sabe que están relacionadas con:

- Deficiencia de calcio, sobre todo, bajo contenido de calcio en los frutos.
- Elevada conductividad eléctrica del suelo por concentración salina.
- Riegos irregulares. Exceso o falta de agua de riego. (Rodríguez et al, 1984).

El mecanismo de la "necrosis apical" es como sigue: las plantas en mala situación para alimentarse -por las causas ya apuntadas- a través de las raíces, lo hacen por los frutos donde se produce una necrosis. Control: riegos y fertilización bien controlados, para que no se produzcan desequilibrios. Aumento del nivel de calcio, por aplicación foliar o al suelo. (Rodríguez et al, 1984).

4.8.2. Tomates huecos.

Síntomas: los frutos afectados son de poco peso y de forma algo cuadrangular, y al ser abiertos muestran una zona hueca entre la pared y los tejidos portadores de la semilla. (Rodríguez et al, 1984).

Causas: el mal aparentemente es causado por factores ambientales y de nutrición, que interfieren la normal polinización, y afectan posteriormente al desarrollo de los tejidos que llevan las semillas. Las altas y bajas temperaturas y humedad del suelo y el exceso de fertilización nitrogenada se han señalado, sin demasiada precisión, como algunos de estos factores. (Rodríguez et al, 1984).

4.8.3. Rajado del fruto.

Síntomas: ocurre en tomates que están en proceso de maduración, y que presentan rajaduras radicales o circulares a partir del cáliz. Dichas rajaduras pueden ser profundas y mostrar la pulpa de los frutos. (Rodríguez et al, 1984).

Causas: cuando los frutos del tomate comienzan a madurar, la piel pierde su elasticidad, puesto que ya no va a crecer más. Si en estas circunstancias los frutos reciben un impulso de crecimiento debido a factores ambientales o de nutrición, la piel se raja. (Rodríguez et al, 1984).

El impulso de crecimiento se puede producir por:

- Abundantes lluvias y altas temperaturas.
- Riegos o lluvias con agua de baja concentración salina, en suelos de alta concentración.
- Período seco seguido por período húmedo.
- La sensibilidad varietal también es un factor importante. (Rodríguez et al, 1984).

4.8.4 Daños por frío.

La acumulación de agua de lluvia en tiempo frío sobre los frutos de ciertas variedades sensibles, suelen provocar manchas oscuras e irregulares que crecen y se vuelven más oscuras por desarrollo de hongos secundarios, principalmente Alternaria alternata. (Rodríguez et al, 1984). Las escarchas y en general las bajas temperaturas producen, primero en la cara inferior de las hojas y después por toda la planta, una característica coloración azulada. Pero esta manifestación no es necesariamente indicio de graves consecuencias. En estos casos es aconsejable efectuar un abonado nutritivo que ayude a la planta a reemprender su vida vegetativa. (Anderlini, 1989).

4.8.5. Daños por intensidad luminosa.

Aparte de los ya apuntados, con relación a los accidentes anteriores y el calor, las fuertes radiaciones solares pueden producir la "quemadura solar" o "golpe de sol" en la parte de los frutos expuestos al sol. Este mal puede venir aumentando cuando se produce defoliación o marchitez de las hojas por otras enfermedades. (Leveilulla, Alternaria, etc...). (Rodríguez et al, 1984).

4.8.6. Plagas. La mosca blanca de los invernaderos.

La mosca blanca de los invernaderos se desarrolla con preferencia sobre hortalizas cultivadas en invernadero, pero igualmente prospera en cultivos abiertos en los países o zonas tropicales y subtropicales de América, Asia y África. El ciclo biológico de este insecto se puede completar en verano en un mes o mes y medio, pasando por cuatro estados larvarios, ninfa (estados inmóviles en el envés de las hojas) y adulto. (Rodríguez et al, 1984).

Los adultos tienen una atracción especial por las hojas jóvenes verde claro del extremo vegetativo de las plantas, donde se dirigen para ovipositar en la cara inferior de las mismas. Allí tiene lugar el posterior desarrollo de los estados larvarios, pudiendo aparecer una secreción, mas o menos abundante -según la planta huésped- de líquido azucarado pegajoso conocido como "melaza" y posteriormente el crecimiento abundante de un hongo negro del género *Fumago* que se conoce por *fumagina* o *negrilla*. Con las sucesivas generaciones, el insecto se distribuye en estratos sobre la planta huésped; adultos y puestas en hojas jóvenes, larvas de los primeros estados en las hojas medias, y larvas mas viejas y ninfas en hojas más bajas. (Rodríguez et al, 1984).

4.8.7. Araña roja común.

Uno de los más graves problemas actuales del tomate, sobre todo los cultivados en invernadero, es este ácaro rojo al que se le conocen cerca de 200 plantas huéspedes. La araña roja pasa por tres estados inmaduros, y todos los estados móviles de la araña roja se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales que parasitan, mediante la succión del mismo con picaduras que provocan con su aparato bucal. (Rodríguez et al, 1984).

En tomate los primeros síntomas del ataque se perciben en los nuevos brotes en forma de un fino punteado amarillento que aparece por el haz. La presencia de los ácaros en el envés de las hojas atacadas es visible a simple vista, y asimismo, la fina tela de hilos sedosos que fabrican. Las hojas fuertemente atacadas se tornan amarillentas, los brotes son frenados en su crecimiento, y más tarde pueden marchitarse. (Rodríguez et al, 1984).

4.9. DAÑOS CAUSADOS POR HONGOS Y BACTERIAS.

4.9.1. Hongos que atacan al follaje.

La *Alternaria dauci* se propaga a través del viento y de la lluvia. Su transmisión es facilitada por las semillas. Es causada por higrometrías elevadas y temperaturas comprendidas entre los 18 y 25°C. Las plantas mal estercoladas o muy cargadas serán las más sensibles. La *Leveillula tauricium* responsable del Oidio, se propaga a través del viento, a veces a largas distancias; las esporas germinan en la superficie de las hojas y el micelio coloniza el interior. Se desarrolla a una humedad relativa de 50 a 70% y una temperatura de 20 a 25°C. El Mildiú (*Phytophthora infestans*) provoca manchas, zonas pardas en tallos. Sus ataques son fulminantes, ocurren generalmente durante períodos de tiempo cubierto y muy húmedo. (Blancard, 1992).

4.9.2 Hongos que provocan podredumbre en los frutos.

Las alternarias están siempre presentes en muy fuerte proporción mientras que los mucorales lo hacen en un menor grado. En numerosas ocasiones estos hongos intervienen solos o en asociación con otros hongos o bacterias. Todos estos microorganismos son hongos saprófitos capaces de mantenerse en el suelo sobre restos vegetales de tomate o de otras plantas. Se propagan a través del viento, la lluvia, por contacto con el suelo o en contacto con frutos ya atacados. Penetran a través de numerosas heridas (hendiduras de crecimiento, golpes de sol, necrosis apical, picaduras de insectos, golpes diversos), y además para algunos, directamente a través de la cutícula de los frutos. El agua, presente sobre los frutos o entre el fruto y suelo durante varias horas, es muy propicia para su desarrollo. (Blancard, 1992).

Por otra parte, la aportación de agua que sobreviene a un período de sequía puede ser origen de numerosas hendiduras de crecimiento, a partir de las cuales podrán penetrar en los frutos. Riegos mal dirigidos conducen a la misma situación. (Blancard, 1992).

4.9.3 Bacterias.

Varias especies de *Erwinia* especialmente *Erwinia carotovora*, producen daños en tallos y en frutos de tomate, gracias a la secreción de numerosas enzimas celulolíticas y pectinolíticas. Son bacterias muy polífagas que intervienen durante condiciones de higrometría elevada y temperaturas que varían de 5°C a 37°C con un óptimo de 22°C. Se conservan en el suelo sobre los restos vegetales de plantas enfermas. (Blancard, 1992).

La *Xanthomonas campestris* (sarna o roña bacteriana) se conserva en las semillas y en los restos vegetales. Esta bacteria se ve favorecida por temperaturas bastante elevadas (óptimo 25°C) y por fuertes higrometrías (lluvias, aspersiones). Estas condiciones mantenidas durante 24 horas son suficientes para asegurar el desarrollo de la enfermedad que se pone de manifiesto de 8 a 10 días después de la contaminación. (Blancard, 1992).

4.10 HISTORIA DE LA HIDROPONIA.

La definición de cultivos hidropónicos se refiere al cultivo de plantas sin usar tierra, nutridas por soluciones de agua y sales minerales en lugar de utilizar los métodos tradicionales de cultivo. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

El término de HIDROPONIA deriva de dos palabras griegas: *hydor* -agua-, y *ponos* -trabajo- que combinadas significan "agua trabajando", y son una alusión al empleo de soluciones de agua y fertilizantes químicos para el cultivo de plantas sin tierra en contraposición a la Geoponia (trabajo de la tierra). (Sánchez y Escalante, 1989).

¿Cuál es el interés de sustituir el suelo? Un buen suelo resulta en principio un medio muy favorable, pero tiene una serie de características e inercias bastante difíciles de controlar. Un sustrato, sin embargo, es fácil de elegir de acuerdo con las características apropiadas a un cultivo, pudiéndose modificar artificialmente una serie de parámetros que permitan rodear a la raíz de las condiciones idóneas. (Orgaz, 1991).

El cultivo de plantas sin tierra se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos para determinar qué sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas, y se tienen ejemplos de cultivos hidropónicos tales como los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes en la China Imperial y los construídos por los aztecas en México, además de que jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo, describen el cultivo de plantas en agua. (Resch, 1992).

Sin embargo, la historia del descubrimiento y desarrollo del cultivo sin tierra comenzó hace aproximadamente 3 siglos, cuando John Woodward, en 1699 hizo sus primeros experimentos para determinar la forma en que las plantas obtenían su alimento. (Resch, 1992; Sholto, 1993).

Utilizando cultivos en agua, Woodward trató de establecer si era el agua o las partículas sólidas de la tierra las que nutrían las plantas y encontró que el mayor desarrollo correspondía a aquellas que contenían la mayor cantidad de suelo. De aquí sacó la conclusión de que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua obtenidas del suelo, y no simplemente del agua misma. (Resch, 1992; Sholto, 1983).

Sin embargo, impedido por la carencia de un equipo adecuado, no pudo realizar grandes progresos, como tampoco pudo hacerlo algún otro científico sino hasta principios del siglo XIX, cuando los métodos de investigación fueron evolucionando a medida que se avanzaba en el campo de la química. Estos avances posibilitaron la separación de los componentes nutritivos en sus diversos elementos constituyentes, de modo que, por fin, pudo hacerse una lista tentativa de los elementos nutritivos empleados por las plantas. (Sholto, 1983).

En 1804, De Saussure expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire. Otros trabajos de investigación mostraban que las plantas podían cultivarse en un medio inerte humedecido con una solución acuosa que contuviese los minerales requeridos por las plantas. El siguiente paso, fue eliminar completamente el medio, y cultivar las plantas en la solución que contenía dichos minerales, lo cual fue el origen de la "nutriculture" (o nutricultura). Estas primeras investigaciones en nutrición vegetal demostraron que se podía conseguir un crecimiento normal de las plantas, sumergiendo las raíces en una solución acuosa que contuviese sales de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), los cuales se definen como los macroelementos. Con posteriores avances en técnica de laboratorio y química, se descubrieron siete elementos necesitados por las plantas en relativamente pequeñas cantidades y son: hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn) y molibdeno (Mo), conocidos como microelementos. El interés sobre la aplicación práctica del cultivo de plantas en soluciones nutritivas, no llega hasta cerca de 1925, cuando la industria de los invernaderos demostró interés en su uso, debido a la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia, para evitar los problemas de estructura, fertilidad y enfermedades. Como resultado, los investigadores comenzaron a valorar el uso potencial del cultivo en nutrimentos, para reemplazar los métodos de cultivo en los suelos convencionales. Entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo extensivo, modificándose las técnicas de laboratorios para el cultivo en nutrimentos hacia una producción en gran escala. (Resch, 1992).

La hidroponia es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace solamente cuarenta años; no obstante, aún en este relativamente corto período de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernaderos, a los altamente especializados en submarinos atómicos. Su única restricción son las fuentes de agua potable y nutrimentos, aunque en áreas donde aquélla no existe, los cultivos hidropónicos pueden usar agua de mar por medio de la desalinización, de esta forma existe para ellos una aplicación potencial en el suministro de alimentos en zonas que tengan vastas regiones de tierras incultivables, tales como los desiertos. Los complejos hidropónicos pueden ser situados a lo largo de las regiones costeras en combinación con unidades de desalinización atómicas, usando la arena de la playa como medio para hacer crecer las plantas. (Resch, 1992).



REPUBLICA CENTRAL

4.11 FUNDAMENTOS.

Con ayuda del sistema hidropónico es posible, -cuando se efectúa correctamente- el suministro de agua y sustancias nutritivas a las plantas de forma óptima. Por este sistema se obtienen los medios para un rápido desarrollo, buen estado sanitario, facultad de resistencia y alta producción. No obstante, deben ser apropiados también los demás factores del crecimiento, para que los nuevos métodos puedan ser aplicados, obteniéndose los resultados indicados. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Esto que acaba de mencionarse es decisivo frecuentemente en horticultura para el éxito económico de los cultivos hidropónicos, por lo cual se estudia ya de forma intensiva cómo situar los factores ambientales lo más convenientemente posible para el mejor resultado en estos cultivos. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Los factores más importantes según se relacionan a continuación son:

- temperatura
- luz
- aporte de CO₂
- humedad
- contenido de oxígeno en la zona radicular.

Con relación a estos puntos se hacen algunas observaciones. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.11.1 Temperatura.

Si bien existen numerosos datos sobre las exigencias de la temperatura ambiente del aire en las principales plantas hortícolas, es todavía poco conocida la influencia de la temperatura del suelo, en el desarrollo de las plantas, jugando esto último, no obstante, un importante papel según las técnicas. Muy bajas temperaturas en la zona de las raíces impiden la absorción del agua y elementos nutritivos, pudiendo causarse marchitamiento y clorosis, temperaturas demasiado altas son causantes de daños; temperaturas en el suelo superiores a los 38°C, perjudican considerablemente el desarrollo de las plantas. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.11.2. Aportación de CO₂.

El contenido natural de CO₂ en el ambiente del invernadero suele ser en muchas ocasiones insuficiente para alcanzar una elevada asimilación y crecimiento. Ocurre esto principalmente en plantas con mucho follaje y de rápido crecimiento, cuando en los meses de invierno no es posible airear suficientemente el invernadero. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Es por esto por lo que en la hortofloricultura se hace el esfuerzo por aumentar la producción de gas carbónico por medio de grandes aportaciones de estiércol de cuadra, compost y turba. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975). Para la rentabilidad de una aportación complementaria del CO₂, son decisivos los siguientes puntos:

1.- El conocimiento del contenido óptimo del aire en CO₂ según las plantas cultivadas y en relación con los demás factores de crecimiento.

2.- Una fuente apropiada y no costosa de CO₂.

3.- Un buen aparato, no muy caro, con el que se obtenga una rápida apreciación de la concentración en CO₂ del aire del invernadero. Con ayuda de éste es posible determinar la intensidad y duración de la aplicación del gas, con lo cual se puede mantener durante el día la concentración deseada en CO₂.

4.- Un invernadero lo suficientemente estanco, para evitar al máximo las pérdidas en CO₂. Asimismo, un buen invernadero deberá estar calculado para poder renovar el aire de forma natural dos o tres veces por hora. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.11.3. Humedad.

Para procurar las más adecuadas condiciones de asimilación es de gran importancia el sostenimiento de una humedad ambiente suficiente, (de 75 a 85%) puesto que ésta ejerce una influencia directa en el trabajo de los estomas. En el caso de no existir suficiente humedad ambiente no sería posible la absorción de CO₂, y por lo tanto, no tendría lugar la asimilación. Muchas plantas se estancan en su desarrollo cuando no poseen un grado higrométrico suficiente. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Con la humidificación del aire se puede avitar esto hasta cierto grado, y por lo tanto, incrementar el crecimiento. La forma más usual de acelerar la higrometría es por medio del riego de los pasillos y de la superficie de las hojas. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.11.4. Oxigenación del sistema radicular.

Una importante condición para el éxito en los cultivos hidropónicos es la respiración suficiente de las raíces. El empleo de un sustrato con estructura estable muy poroso y la aireación complementaria de la solución evitan el peligro de la falta de oxígeno en la zona radicular, siendo ésta aún mejor que la obtenida en los suelos naturales. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.12. SOLUCION NUTRITIVA.

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos se suministran a las plantas, disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrimentos. La elección de sales que deberán ser usados depende de un elevado número de factores. Las diferentes sales fertilizantes que pueden usarse para la solución, tienen a su vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando se disuelve ésta en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua. En los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas. (Resch, 1992).

El uso de quelatos es altamente recomendable puesto que permanecen fácilmente en la solución y están siempre disponibles para las plantas, incluso bajo condiciones de pH muy variables. Lo que debe tenerse en cuenta a la hora de hacer las soluciones, es que las sales fertilizantes no son puras al 100%, pues a menudo contienen materias inertes tales como partículas de arcilla, arena y limo, las cuales no aportan ningún ion. Así pues, es preciso que en los sacos de fertilizantes aparezca el porcentaje de pureza. (Resch, 1992).

4.12.1. Agua.

Para la fabricación de las soluciones nutritivas se puede utilizar el agua de pozo, la de lluvia y las depuradas o destiladas. Para usar la de los arroyos o ríos debemos asegurarnos primero de que están libres de materias perjudiciales, (v.gr., aguas residuales), y que su contenido en sales minerales no es muy elevado; como frontera superior para el contenido en sales de un agua correcta, se recomiendan 200 ppm. (mg/l.). Para concentraciones superiores se recomienda efectuar un análisis completo, tomando éste muy en cuenta en la composición de las soluciones nutritivas. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.12.2. Elementos minerales y esenciales.

De los 92 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas; no obstante, muchos de estos no se consideran esenciales para su crecimiento, y su existencia probablemente se debe a que las raíces de las plantas absorben en su entorno algunos elementos que existen en forma soluble. (Resch, 1992).

Las plantas -no obstante-, tienen la habilidad de poder seleccionar la cantidad de los diversos iones que absorben, no siendo normalmente esta absorción directamente proporcional a la cantidad de nutrimentos que existen; es más, según las especies, puede variar esta habilidad de seleccionar cada uno de los iones en particular. (Resch, 1992).

Un elemento deberá cumplir cada uno de los tres criterios que se expondrán a continuación para ser considerado esencial en el crecimiento de las plantas:

1) La planta no podrá completar su ciclo de vida en la ausencia del elemento.

2) La acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente.

3) El elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta; esto es, ser un constituyente de un metabolito esencial, o por lo menos, ser necesaria su presencia para la acción de una enzima esencial, y no ser simplemente la causa de que otros elementos sean más fácilmente asimilables, o ser al menos un antagonista de un efecto tóxico de otros elementos". (Según Arnon y Stout, 1939; Arnon, 1950-1951, consultados por Resch, 1992).

4.12.2.1. Macroelementos.

La intensidad de absorción de las plantas para los seis principales macroelementos es:

$$N > K > P > Ca, Mg \text{ y } S$$

La absorción de los tres últimos elementos es muy similar. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Frecuentemente se recomienda combinar en un mismo abono los elementos que son tomados por las plantas con igual intensidad, ya que con esto puede conseguirse una aceptable estabilidad de la relación cationes-aniones en la solución. En cultivos hidropónicos suelen usarse por este motivo nitrógeno y potasio como nitrato potásico, ácido fosfórico y calcio como fosfato monocálcico, y azufre y magnesio como sulfato magnésico. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Junto a los ya indicados "elementos principales", el hierro tiene una gran importancia para los culivos hidropónicos. Normalmente se le añade a la soluciones en forma de sulfato de hierro, citrato amónico de hierro y quelato férrico. Aún más sencillo y económico es el añadirle al sustrato como hierro en polvo. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.12.2.2. Microelementos.

Sin un suministro eficiente de oligoelementos no es posible obtener ningún éxito duradero en el cultivo hidropónico. Los microelementos incluyen al hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo). Aunque la mayoría de las plantas requieren solamente estos 16 elementos esenciales, algunas especies pueden necesitar otros, pudiendo, por lo menos, acumular estos otros elementos aun en el caso de que sean esenciales para su normal crecimiento; silicio, aluminio, cobalto, vanadio y selenio son algunos de estos elementos absorbidos por las plantas y usados en su crecimiento. (Resch, 1992).

4.12.3. Valor del pH.

Es necesario un frecuente control del valor del pH, porque para cambios bruscos de la concentración de iones H son posibles frecuentes daños



en las plantas. Para reacciones neutras o ligeramente alcalinas suelen inmovilizarse el fósforo, hierro, boro y manganeso, lo cual suele dar motivo a las carencias correspondientes. Deben de buscarse valores de pH entre 5.5 y 5.7 como zona más adecuada, y como es frecuente que se eleve ligeramente el valor del pH a lo largo del cultivo, se deberá en este caso aportar ácido sulfúrico de forma que se vuelva a la zona deseada. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Para corregir el pH puede utilizarse también el ácido nítrico o el fosfórico, aunque esto puede motivar un cambio importante en el contenido en macroelementos de la solución, lo cual presenta una desventaja. Para soluciones muy ácidas pueden usarse KOH, NaOH o Ca (OH)₂, para fijar el ácido en exceso. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.12.4. Suministro de hierro.

El evitar las carencias de hierro presenta algunas dificultades en los cultivos hidropónicos, puesto que los valores del pH sobre 6.0 conducen a su inmovilización, presentando los mismos efectos un aporte elevado en fósforo. También las altas temperaturas y la iluminación elevada, -cosa que a menudo no es posible evitar en los cultivos en invernadero-, dan lugar a que se presenten carencias de hierro. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Cuando existen dificultades para el suministro de hierro es también muy recomendable el reducir el suministro de fósforo; por este medio se fuerza a la desaparición de la carencia, tanto en el sustrato y la solución como en la planta. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.13 SUSTRATOS.

Junto a un buen suministro de agua y elementos nutritivos, tiene una gran importancia en los cultivos hidropónicos la respiración de las raíces. Son, pues, sólo aptos como sustratos en estos cultivos aquellas materias que a causa de su granulometría y estabilidad estructural ofrecen la posibilidad de una aireación elevada. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Se debe procurar, en la zona de las raíces, una proporción del 30% de materiales y un 70% de espacio vacío, el cual será ocupado a partes iguales por aire y agua, pudiendo reducirse la parte sólida del sustrato hasta en un 10%. Mientras más elevada es la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuentes deben ser los riegos; además, no debe de dificultarse la parte porosa ocupada por aire, es decir, que deben existir bastantes macroporos. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Se puede obtener una porosidad óptima mezclando de forma apropiada materiales compactos con otros porosos y de gránulos gruesos; también se pueden obtener los mismos resultados utilizando materias orgánicas, como turba o musgo de *Sphagnum*, los cuales poseen una estructura esponjosa y mejoran, por tanto, la porosidad del aire y agua. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

La estabilidad estructural será la que determine si ha de mantener con el tiempo una porosidad correcta, dependiendo del poder de disgregación y descomposición del material, los cuales deben de ser los menos posibles. Los materiales más inadecuados son aquellos que se disgregan fácilmente con la acción del agua. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Para los sustratos compactos, la mejor granulometría varía de 2-6 milímetros, y para los porosos entre 2 y 15 milímetros los gránulos menores a los 2 milímetros acarrearán la compactación del sustrato y la falta de oxígeno, debiendo por tanto eliminarse por cernido u otros

medios, cuando no es posible suministrar el agua de forma extremadamente exacta. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Desde el punto de vista químico, el sustrato deberá también satisfacer ciertas condiciones. Deberá ser químicamente inactivo, o sea, ni absorber ni suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en la solución nutritiva. En cuanto a la parte biológica al comienzo del cultivo, dicho sustrato deberá estar libre de plagas o enfermedades; es peligroso, por tanto, cualquier material que contenga tierra, especialmente de compost, pues los daños de infección serían en este caso muy acentuados. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.13.1. Grava de piedra pómez.

Presenta muy buenas cualidades físicas. Para una granulometría de 2-15 mm, el volumen de los poros ocupa aproximadamente el 85% del total, con una capacidad de absorción del 45% de la materia seca. Posee también, desde el punto de vista biológico, una garantía total de sanidad, siempre que no se extraiga de las partes más profundas y no tenga mezcla de tierra. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Como características químicas se han obtenido las siguientes:

SiO ₂	50 - 75 %	NaO ₂	3 - 6 %
Fe ₂ O ₄	2 - 3 %	CaO.....	1 - 2 %
K ₂ O.....	4 - 7 %	MgO.....	0.3 - 0.5 %

(Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.13.2. Ladrillo molido.

Como sustrato es apropiado solamente cuando está libre de mortero y pobre en cal; así, pues, los cascotes de obra no pueden ser aprovechados para este fin. Lo que se recomienda es obtener de las fábricas de ladrillo aquellos no vendibles y, moliéndolos, alcanzar el tamaño deseado, debiendo de cernir, o mejor lavar, el polvo de ladrillo que se produzca. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

Sus propiedades físicas son muy buenas en general; la porosidad, en gránulos de 2 - 15 mm, es del 60%, aproximadamente, y la capacidad de absorción de agua, del 15%. Dado su sistema de fabricación, está libre de plagas o enfermedades con toda seguridad. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.13.3. Grava de río.

Siempre que se trate de grava pobre en contenido de cal y con una granulometría adecuada, puede utilizarse como sustrato; al igual que la de piedra pómez, deberá lavarse antes de su utilización con una solución acidulada de superfosfato. (Penningsfeld y Kurzman, 1975).

4.13.4. Arena.

De las diversas arenas existentes, la de cuarzo es la más adecuada como sustrato para los cultivos hidropónicos. No obstante, su precio suele ser elevado, y por lo tanto, se utiliza normalmente sólo para ensayos. (Penningsfeld y Kurzman 1975).

4.13.5. Vermiculita.

A causa de su estructura estratificada, la vermiculita es muy sensible a la acción mecánica del uso y suele disgregarse con facilidad, convirtiéndose en laminillas o polvo; esto motiva que, a pesar de los buenos resultados que ofrece, sólo pueda ser recomendado en caso de poder obtenerse a bajo precio, de forma que se pueda renovar con frecuencia. Lo anterior es igualmente válido para la Perlita, un producto natural de origen volcánico, que a veces se utiliza para el cultivo hidropónico. (Penningsfeld y Kurzmann, 1975).

4.14. VENTAJAS DE LA HIDROPONIA.

La hidroponia, considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un gran número de ventajas (técnicas y económicas) con respecto a otros sistemas del mismo género pero bajo cultivo en suelo, y pueden mencionarse las siguientes:

1.- Balance ideal de aire, agua y nutrimentos: con algunas excepciones, al utilizar un sistema de cultivo en suelos, es sumamente difícil abastecer a las raíces simultáneamente con las cantidades de agua, aire y nutrimentos que requieren. Cuando el suelo se satura, el agua se encuentra disponible para las raíces en grandes cantidades pero el oxígeno del suelo tiende a ser limitante. A medida que el suelo va perdiendo agua, la cantidad de oxígeno disponible va en aumento. Después de pasar por un intervalo en que las proporciones de agua y oxígeno son óptimas, el agua tenderá a ser el factor limitante para el desarrollo de las plantas. En hidroponia, dadas las características del sistema, es posible mantener tanto el aire como el agua dentro de un

rango óptimo requerido por los cultivos. Los nutrimentos se proporcionan al cultivo hidropónico junto con el agua, listos para ser asimilados en forma de solución balanceada y con la presión osmótica adecuada. (Sánchez y Escalante, 1989).

2.- Permite una mayor densidad de población: ya que los nutrimentos no son limitantes, las plantas cultivadas en hidroponía pueden plantarse más cerca que en suelo. El factor que viene a limitar la densidad es la luz. (Sánchez y Escalante, 1989).

3.- Control del pH: éste es uno de los factores que influyen notablemente en la asimilación de nutrimentos y por lo tanto, en el rendimiento de las plantas. En un cultivo sobre suelo, el pH puede estar desviado del rango óptimo para una planta y su corrección, en la mayoría de los casos, puede ser difícil y costosa. En hidroponía, al trabajar con sustratos inertes, es más fácil mantener el pH a nivel deseado. (Sánchez y Escalante, 1989).

4.- Mayor calidad del producto: en eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos del sistema hidropónico sean uniformes en tamaño, peso y color, y de más alta calidad en el comercio, que los productos de cultivo en suelo. En general, los contenidos de materia seca y de azúcar en hidroponía se han encontrado iguales o más grandes de los testigos en el suelo. En algunas flores, es posible controlar la intensidad del color. El material cosechado es siempre limpio y libre de suelo o cualquier otro material. (Sánchez y Escalante, 1989).

5.- Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta: la rotación de cultivos se desarrolla para mantener la fertilidad del suelo y controlar enfermedades que tienen su origen ahí. En hidroponía, el mantenimiento constante de la fertilidad es la esencia misma del sistema y dado que los organismos causales de muchas enfermedades en las plantas necesitan materia orgánica presente en el sustrato, el sistema puede mantenerse relativamente libre de ellas. Por otro lado,

los agregados usados en hidroponia son generalmente fáciles de esterilizar. (Sánchez y Escalante, 1989).

6.- Se puede utilizar agua con alto contenido de sales: esto es posible por ajustarse la solución de acuerdo con las sales presentes en el agua y su reemplazo continuo. (Sánchez y Escalante, 1989).

7.- Posibilidad de utilizar materiales nativos y de desecho: es una ventaja de tipo económico realizar la construcción con materiales de desecho y utilizar como sustrato materiales abundantes y baratos en cada localidad en la que se desee establecer el cultivo hidropónico. (Sánchez y Escalante, 1989).

4.15. DESVENTAJAS DE LA HIDROPONIA.

1.- Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de principios de fisiología vegetal y de química inorgánica: a gran escala, la hidroponia tiene márgenes estrechos de seguridad para alcanzar el éxito y es peligroso ignorar este hecho. Se requiere de cierta destreza técnica, conocimiento hortícola, y control científico, por lo que si alguien intenta trabajar a este nivel deberá contratar un asesor que posea estas cualidades, o bien, adquirir experiencia por su propia cuenta. Por otro lado, aunque a nivel comercial se considera útil tener los conocimientos ya mencionados, estos no son esenciales en una producción a pequeña y mediana escala, ya que la carencia de conocimientos de este tipo se puede suplir siguiendo recomendaciones prácticas, como por ejemplo, comprar los fertilizantes ya mezclados, o determinar una deficiencia en base a claves ilustradas. En los últimos años, se crearon nuevos tipos de hidroponia, y se simplificaron otros, de tal manera que se han puesto al alcance de gentes menos preparadas. Sin embargo, a gran

escala, los riesgos a que se somete una persona sin conocimientos son bastante altos, sobre todo, por la inversión hecha. (Sánchez y Escalante, 1989).

2.- A nivel comercial, el gasto inicial es relativamente alto: en efecto, el costo para establecer un sistema de cultivo hidropónico a nivel comercial es alto, ya que por lo general se tienen que construir camas y depósitos de concreto u otro material perdurable, comprar el material a usar como: sustrato, bombas, tuberías, y donde el clima es desfavorable, invernaderos. Según algunos autores, esto tiende a limitar el cultivo a nivel comercial a unas cuantas especies con un precio relativamente alto en el mercado; mientras otros señalan que, si bien los gastos iniciales son elevados se pueden equiparar a los gastos en maquinaria agrícola como tractores y arados, y que, además, como los costos de producción y mantenimiento son más bajos en hidroponía, resulta más económico y se obtienen más beneficios monetarios después de la amortización normal de capital. (Sánchez y Escalante, 1989).

Desde luego que existen muchos cultivos que no desquitan su presencia en las instalaciones hidropónicas. Debe ser una investigación analítica de rendimiento y costos la que determine qué plantas son las que en lo económico conviene cultivar con el sistema de hidroponía. En los últimos años, la aparición de los plásticos ha permitido desarrollar métodos de cultivo en hidroponía, cuya instalación, sin perder efectividad en lo técnico es mucho más económica. (Sánchez y Escalante, 1989).

3.- Se requiere cuidado con los detalles: muchos de los fracasos en hidroponía a nivel comercial se han debido al descuido de algunos detalles y, entre otros, podemos mencionar los siguientes:

a) no mezclar correctamente la solución nutritiva,



b) usar tubería o depósitos galvanizados, lo que ocasiona toxicidad por zinc,

c) darle demasiada o muy poca pendiente a las camas provocando asfixia en las raíces por humedad constante,

ch) no usar las cantidades adecuadas de micronutrientes,

d) no mantener el pH de la solución dentro de cierto rango,

e) no analizar el agua utilizada para preparar la solución. (Sánchez y Escalante, 1989).

4.- Problemas potenciales de comercialización: una limitante para la extensión de la hidroponía (cuando no se usa sólo como una herramienta para la subsistencia), es la necesidad de contar con un mercado seguro y que garantice un precio mínimo, pues en la alta reutilización se basa la idea de hacer una inversión relativamente elevada para la instalación del sistema. Se debe enfatizar que se debe resolver el problema de los canales de comercialización y de los precios mínimos, antes de hacer extensiva esta técnica. (Sánchez y Escalante, 1989).

5.- Requiere de un abastecimiento continuo de agua: desde luego que esta situación limita hasta cierto punto al cultivo hidropónico, pero es necesario resaltar que limita mucho más la agricultura de riego, ya que en ésta última se necesita más agua que la indispensable para mantener a un sistema hidropónico de las mismas dimensiones. (Sánchez y Escalante, 1989).

4.16. GENERALIDADES SOBRE LOS INVERNADEROS.

La eficiencia y la funcionalidad son las dos características principales que deben de tener los invernaderos. Por eficiencia se

entiende la idoneidad para condicionar alguno de los principales elementos del clima, no de una manera estática o incontrolable, sino entre límites bien determinados de acuerdo con las exigencias fisiológicas del cultivo. La funcionalidad es el conjunto de requisitos que permiten la mejor utilización del invernadero, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Estas dos características requeridas a los invernaderos deberán estar convenientemente armonizadas en orden a definir al invernadero como un sistema productivo capaz de obtener cosechas fuera de la época normal en la que aparecen en el mercado. (Matallana y Montero, 1989).

En la construcción de invernaderos, hay que tener en cuenta, por lo menos, cuatro factores esenciales:

- 1) Máxima capacidad de transmitir la luz por parte de los elementos de recubrimiento.
- 2) Superficie cubierta lo bastante grande para que pueda ser mecanizada en su día.
- 3) Integridad estructural.
- 4) Bajo costo. (Serrano, 1979).

Según los conceptos actuales, los invernaderos industriales deben cubrir unas superficies de 1.000 - 1.500 m², mientras que, a los que cubren superficies más pequeñas, se les considera de tipo "artesano". Para una mayor recepción de la luz, la orientación este-oeste parece la más indicada y permite además un mejor control de la temperatura. (Serrano, 1979).

4.17. LOCALIZACION DE LOS INVERNADEROS.

Antes de construir un invernadero es preciso, en primer lugar, realizar un análisis de los recursos naturales y humanos disponibles en la zona

donde se pretenda construir el invernadero. En segundo lugar, se deberá abordar un estudio riguroso sobre las posibilidades del mercado y de la comercialización de los productos agrícolas obtenidos a través de la explotación del invernadero. (Matallana y Montero, 1989).

Las consideraciones que se deben tomar en cuenta para elegir el lugar en el cual se instalará el invernadero, son las siguientes:

1.- Deberá encontrarse lo más cercano posible a la vivienda, de modo que las labores y la vigilancia del invernadero, sean más fáciles y eficientes.

2.- Que exista una toma de agua, con el objeto de poder dar los riegos que sean necesarios en el momento que lo necesiten los cultivos.

3.- En el lugar donde se instale no debe haber sombreado (árboles, arbustos grandes, bardas, etc...) ya que perjudicará el buen funcionamiento del mismo.

4.- Deberá quedar orientado en sus paredes más largas en la dirección de norte a sur y en las más cortas de oriente a poniente, con el fin de lograr mejor aprovechamiento de los rayos solares. (Anónimo).

4.18. BASES PARA EL DISEÑO DE INVERNADEROS.

El diseño y la posterior construcción del invernadero proyectado deberán dirigirse para conseguir los objetivos del cultivo bajo invernadero, definidos por la precocidad de la cosecha, el aumento de la producción, y por último la calidad del producto final capaz de competir no sólo en el mercado interior sino en el extranjero. Para conseguir lo anterior, en el proyecto del invernadero se considerarán los condicionantes internos y externos del mismo. (Matallana y Montero, 1989).

Primero, se delimitarán las características externas al proyecto, las cuales están estrechamente ligadas a las condiciones climáticas de la zona donde se desea construir el invernadero, a las características químicas, físicas y físicoquímicas del suelo, al abastecimiento y calidad del agua con fines de riego y a otras utilidades como el suministro de energía eléctrica, red viaria y comunicaciones, etc. (Matallana y Montero, 1989).

En relación a la ubicación del invernadero, es preciso señalar que no siempre se tienden a valorar los microclimas más favorables ni tampoco se tiene en cuenta la importancia que reviste la elección del tipo de terreno (es el caso del cultivo de plantas en maceta o contenedor). Respecto a lo que se refiere al ambiente climático, es necesario considerar los diferentes componentes que lo caracterizan, entre los que se pueden destacar: la evolución de la temperatura y humedad relativa en sus valores medios, diarios, extremos y estacional, el período libre de heladas, la insolación real y potencial, la intensidad de la radiación solar, la duración del día. (Matallana y Montero, 1989).

Por último, no se debe olvidar la importancia que tiene el régimen de vientos en la zona, tanto por la acción mecánica (daños sobre la estructura y cubierta del invernadero) como por su influencia en el incremento de las pérdidas de calor en el invernadero. En definitiva, se comprende que la zona donde vaya a construirse el invernadero se encuentre protegida de los vientos dominantes (en caso contrario se deberán construir cortinas rompévientos). (Matallana y Montero, 1989).

La orientación del invernadero debe ser escogida de tal manera que permita la máxima captación de energía solar en el período invernal. Cuando se proyecta la construcción de varios invernaderos (varias naves adosadas), la orientación aconsejable es la norte-sur, porque con la este-oeste puede ser importante la proyección de la sombra de una estructura sobre la otra. (Matallana y Montero, 1989).

4.19. INVERNADEROS.

Un invernadero puede definirse como "una construcción de madera o de hierro u otro material, cubierto por cristales, provista por lo general de calefacción que, a veces, está iluminada artificialmente, y en donde se pueden cultivar hortalizas tempranas, flores y plantas verdes, en épocas en que la temperatura y la luz del lugar en donde se está cultivando serían insuficientes para su crecimiento y su fructificación". (Gorini 1962, citado por Alpi, 1987).

A pesar de que hoy en día se debería añadir algo a esa definición, - sobre todo en lo que a materiales de recubrimiento se refiere-, vemos que la definición da cabida a una enorme variedad de formas constructivas bajo las que puede realizarse un invernadero, variedad de materiales estructurales y a la presencia o ausencia de diversos aparatos de climatización. (Alpi, 1987).

Para la elección de un tipo de invernadero, juega un papel importante la disponibilidad económica inicial de la explotación. Tal disponibilidad aconsejará al cultivador interesado en los cultivos protegidos a realizar la primera inversión en instalaciones de relativa simplicidad, para pasar a las más complejas y perfeccionadas; de este modo recorrerá las etapas de la "evolución" técnica, teniendo como base unas rígidas leyes económicas. (Alpi, 1987).

Sin embargo, la aparición de los plásticos en la agricultura, y con ellos la construcción de "invernaderos ligeros" de firmes plásticos sostenidos por estructuras muy simples, ha levantado la polémica de si deben ser considerados como tales invernaderos o simples abrigos o "invernáculos". Parece evidente que por sus efectos funcionales, más aún en climas templados, sí deben ser considerados plenamente como invernaderos y así ocurre. (Alpi, 1987).

4.19.1. Tipología estructural de los invernaderos.

El conjunto de elementos que entran a formar parte de la estructura resistente a un invernadero puede dividirse en:

- a) Elementos cuya misión es resistir el material de cubierta (vidrio, plástico).
- b) Estructura resistente, propiamente dicha, encargada de resistir las cargas debidas al peso de la cubierta y cargas exteriores.
- c) Cimentación que transmite las cargas anteriores al terreno subyacente. (Matallana y Montero, 1989).

Sea el invernadero fijo ó móvil, se diferencian según su modalidad constructiva y los materiales empleados. A su vez hay que distinguir entre los materiales estructurales y los materiales de revestimiento o cubierta. Ahora se dispone de gran variedad de materiales para las estructuras, sin embargo, las que más se usan son: madera, hierro galvanizado, y en algunos casos el duraluminio. Las diversas combinaciones entre los materiales enunciados ha dado lugar a la nomenclatura al uso para indicar los distintos tipos de invernaderos: se habla así, por ejemplo, de invernaderos de madera y cristal; de madera y plástico; de hierro y plástico; de hierro, plástico y madera; de hierro y cristal. (Alpi, 1987).

Las estructuras de acero, aunque de mayor costo y mantenimiento anual, presentan bastantes ventajas, entre otras, el tener una superficie interior libre de soportes, (siempre numerosos en las estructuras de madera), lo que permite una mayor capacidad de actuación y maniobrabilidad de la maquinaria (eficiencia y funcionalidad). Asimismo, la mayor separación entre las partes resistentes de la estructura se traduce en una mayor iluminación, con las ventajas que esto deriva para los cultivos. Con orden de magnitud, en un invernadero de acero el área ocupada por material opaco difícilmente sobrepasa el 12% del área total, mientras que en un invernadero de madera u hormigón se supera el 20%. (Matallana y Montero, 1989).

4.19.2. Tipos de materiales de cubierta.

La importancia del material de cobertura en el cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. Sin embargo, la elección de un material de cobertura depende de una serie de criterios o indicadores que, interaccionados entre sí ayudarán al agricultor en su decisión sobre la conveniencia o no en el uso de un determinado material de cubierta. En este sentido, se ilustra un esquema a partir del cual se definen los tres indicadores siguientes:

Indicador A:	respuesta agronómica (precocidad, producción y calidad).
Indicador B:	envejecimiento o vida útil de material de cobertura.
Indicador c:	estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico.

La simultaneidad en los tres indicadores anteriores, permite establecer que la elección de un material de cubierta para invernaderos está en función del precio del mismo, de su grado de protección térmica (efecto estufa), de la vida útil y del tipo de cultivo. (Matallana y Montero, 1989).

4.19.2.1. Cubiertas.

1.- Vidrio impreso o catedral. (3.6/4 mm de espesor).

2.- Plásticos.

a) Placa

Poliéster reforzado con fibra de vidrio. (0.7 mm de espesor).

Policarbonato alveolar. (6, 8, 10 mm de espesor).

Cloruro de polivinilo (PVC) (biorientado).

b) Flexible (Película o lámina).

Polietileno baja densidad.

Normal: 600 galgas*

Larga duración: 720 galgas

Termoaislante: 800 galgas.

Etileno vinil de acetato (EVA/800 galgas) .

Cloruro de polivinilo (PVC) . (Matallana y Montero, 1989) .

Reforzado con o sin malla de nylon, (800 galgas s/malla) .

* 100 galgas = 0.025 mm. (Matallana y Montero, 1989) .

De los materiales indicados en la clasificación anterior, el polietileno de baja densidad es el más económico. Esta última es una de las razones que justifican su amplio uso, sobre todo en áreas de clima mediterráneo. Sin embargo, el indicador B es el más problemático al hablar de materiales plásticos. (Matallana y Montero, 1989) .

El envejecimiento de una cubierta de polietileno de baja densidad depende de dos tipos de factores (Según Paños 1982, citado por Matallana y Montero, 1989): "los de carácter intrínseco, inherentes a la materia prima (índice de fluidez, densidad, impurezas, aditivos) y los propios de la cubierta (resistencia al rasgado...)". Además de lo anterior, es necesario considerar los factores externos, como el tiempo de exposición, las horas de insolación e intensidad de radiación y la temperatura. (Matallana y Montero, 1989) .

Por último, y en relación con la disminución de la vida útil, es preciso señalar al indicador C en cuanto a la colocación o sujección de la película de plástico a la estructura del invernadero. Cualquier deficiencia en su colocación puede originar desgarres en el plástico, con la consiguiente disminución de la vida del material. (Matallana y Montero, 1989) .

5.- MATERIALES Y METODOS.

5.1. UBICACION.

Este trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en el Laboratorio Bosque La Primavera, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Su ubicación es la siguiente: 20° 30' 50" de latitud N y 103° 28' 00" de longitud W.

5.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado fue factorial 6 x 5 con arreglo completamente al azar: 3 sustratos (Jal (A), Turba (B) y Jal-turba (C)) y 5 cepas de hongos endomicorrízicos denominados:

a) *Glomus* sp Zac 6 (mexicana): proveniente de raíz de frijol colonizado en 92%. Pocas esporas (50 por 50⁻¹ g). Abundante micelio extramatricial.

b) *Glomus* sp Zac 15 (mexicana): proveniente de raíz de frijol colonizada en 82%, no se observan esporas en el suelo, pero hay abundante micelio extramatricial.

c) *Glomus margarita* (extranjera): proveniente de raíz colonizada en alfalfa 53%; suelo con 180 esporas 50 g⁻¹ .

d) *Glomus* sp Zac. 19 (mexicana): proveniente de raíz de maíz colonizada en 61% \ 119 esporas en 50 g⁻¹ de suelo; forma abundante micelio extramatricial y dependiendo del hospedero forma o no esporas en el suelo.

e) *Glomus* agregatum Fs - 39 (mexicana): proveniente de raíz colonizada de sorgo 52%. Especie que forma abundantes esporas en la raíz y muy pocas en el suelo, y abundante micelio.

Estos hongos fueron proporcionados por la sección de microbiología de suelos del Colegio de Posgraduados, a través del Dr. Ronald Ferrera-Cerrato.

El arreglo experimental dió un total de 30 tratamientos, mas un tratamiento de plantas testigo.

Este esquema básico del factorial se repitió 3 veces.

5.3. SUSTRATOS.

Se utilizaron 3 tipos de sustratos:

Jal (A), Turba (B) y Jal-turba(C)

El Jal es un sustrato con varias propiedades como son: su porosidad, bajo peso específico, y su gran capacidad de absorción de agua. Una ventaja es que este material tiene bajo costo y se encuentra en abundancia en el estado de Jalisco.

La turba utilizada es una mezcla que contiene Sphagnum, peat moss Canadiense, perlita, agente humectante y carbonatos de dolomita. No contiene ningún nutrimento.

El sustrato de Jal-turba se hizo haciendo una mezcla de jal y turba a partes iguales. (Proporción en volumen, con una relación 1:1).

5.4. SEMILLA UTILIZADA.

La semilla de jitomate fue proporcionada por la compañía Asgrow. Es un híbrido XPH 5530, lote WTS 8622 de crecimiento indeterminado, de alta producción, ideal para la producción en invernadero y de guía para uso de espaldera.

5. 5. SOLUCION NUTRITIVA.

El fertilizante utilizado fue el Technigro, que contiene una combinación balanceada de elementos menores desarrollados específicamente para cada formulación, y se ha asegurado que los micronutrientes queden en la solución a través de un amplio rango de niveles de pH. De manera que los nutrientes se encuentran siempre disponibles para las plantas.

La composición del fertilizante se presenta en el siguiente cuadro:

NITRÓGENO TOTAL (N)	20 %
Nitrógeno amoniacal	8.45 %
Nitratos	11.55 %
Acido fosfórico(P_2O_5)	9 %
Potasio soluble (K_2O)	20 %
Azufre (combinado)	1.39 %
Boro	0.02 %

Fierro (quelatos)	0.1 %
Manganeso (quelatos)	0.05 %
Molibdeno	0.015 %

La fórmula utilizada fue la 20-9-20. La solución nutritiva fue la misma para los tres sustratos. Sólo cambió la concentración de acuerdo al desarrollo fenológico de la planta, tal y como se explica en el siguiente cuadro:

<i>Solución nutritiva. Concentración en 50 lts de agua.</i>	<i>Fecha de elaboración.</i>	<i>Relación N:K</i>	<i>ppm del elemento (N,P,K)</i>	<i>Desarrollo fenológico.</i>
25 %	6\MAR\93	1:1	250,112.5,250	*1
50 %	1\ABR\93	1:1	250,112.5,250	*2
100 %	1\ABR\93	1:1	250,112.5,250	*3
	17\JUN\93	1:1 1/2	200,90,300	*4

1* Plantas pequeñas, con el primero y segundo par de hojas, de color verde cenizo, y una altura de entre 5.0 y 15.5 cms.

2* Plantas con abundante follaje en el sustrato de jal-turba. Ovario en formación. Van desarrollando del 4to al 5to par floral. Jal-turba sobresale por sus plantas vigorosas.

3* Desarrollo de las fórmulas florales en los tres sustratos. Tallos gruesos y una altura de plantas entre 56 y 64 cms. En el sustrato de Jal la mayoría de las plantas tiene flor pero aún no se observa ninguna con fruto. En Turba ya empieza a desarrollarse un fruto muy pequeño y lo mismo en Jal-turba.

4* Se bajó el nitrógeno (N) en la solución nutritiva para compensar el potasio (K), que se necesita en mayor cantidad para el amarre del fruto. En alta luminosidad hay mayor cantidad de N que de K.

5.6. SIEMBRA Y TRASPLANTE.

La siembra se hizo el día 6 de febrero de 1993 en charolas de germinación con divisiones. Se utilizó un almácigo por cepa de micorriza; el medio en el cual las semillas germinaron fue la turba, previamente autoclaveada a 17 lb de presión por espacio de una hora.

La siembra se hizo bajo condiciones asépticas. Se tuvo cuidado de que las mesas de trabajo estuvieran bien desinfectadas y se trabajó entre dos mecheros encendidos. Las charolas de germinación se llenaron de la siguiente manera: primero una ligera capa de la turba autoclaveada, después el inóculo con la micorriza correspondiente, luego otra capa de turba, la semilla y turba para cubrir la semilla. Estas charolas se pusieron en la cámara de germinación en donde estuvieron 4 días, pasados los cuales se llevaron a un invernadero de germinación, para que continuaran su desarrollo.

El trasplante fue hecho el día 6 de marzo entre las 7:00 y las 10:00 horas. Este se hizo en el invernadero en donde iban a permanecer las plantas durante el experimento y la temperatura fue de entre los 15° y 20°C.

Para el trasplante se utilizaron bolsas negras de 25 x 50 cms y con fuelle, llenas a un 90% de su capacidad.

5.7. CARACTERISTICAS DEL INVERNADERO.

El experimento se realizó en un invernadero de estructura tubular cuadrada, calibre 14 de 1 1/4", cuyo peso total es de 450 kgs, y sus medidas son de 12 x 6 mts con un total de 72 metros cuadrados. La cobertura utilizada fue de plástico especial para invernadero tipo UV II, calibre 600. La estructura tiene el tipo colombiano (diente de cierre). El sistema de riego estuvo inmerso en las instalaciones del invernadero. Es un sistema regado con microtubos sin recuperación de la solución nutritiva. Los microtubos estaban dentro de la bolsa donde estuvo la planta; se utilizaron 5 líneas con un total de 19 salidas por línea. El agua llegó a las plantas por medio de una bomba de alta presión y bajo volumen, accionada con un interruptor de tiempo.

La solución nutritiva estuvo contenida en un tanque se 600 litros, preparada para un concentrado que lo mezclaba directamente en la tubería.

5.8. CALENDARIO DE ACTIVIDADES.

F E C H A	A C T I V I D A D
Enero/93	1) Preparación de los sustratos. 2) Autoclaveado de la turba para la siembra en almácigos.
6-10/Feb	Siembra en los almácigos. Estancia de los almácigos en la cámara de germinación.
10/Feb- 6/Marzo	1) Estancia de los almácigos en el invernadero de germinación. 2) Preparación del sustrato jal-turba (C). Llenado de las bolsas.
6/Marzo	1) Trasplante. 2) Preparación de la solución nutritiva, adicionada al tanque y se da el primer riego.
20/Mar	Ataque de la mosquita blanca y su combate con malatión.
30-31/Mar	Lavado del sustrato para evitar acumulación de sales.
1/Abril	Preparación de la solución al 50%, y agregada a la planta ese mismo día.
2/Abril	Se empiezan a deschuponar las plantas.
21/Abril	Elaboración de la solución nutritiva al 100%.
22/Abril	Aplicación de esa solución a las plantas.

1/Mayo	Fumigación con piretroide debido a la presencia de mosquita blanca.
8/Mayo	Se aumenta el tiempo de regado a 5 minutos por día.
10/Mayo	1.- Se elimina el carbonato de la fórmula nutritiva por la facilidad que tiene de formar con otros elementos compuestos insolubles. 2.- Lavado del sustrato.
25/Mayo	Comienza a pigmentarse el fruto.
4/Junio	Fumigación con Daconil contra la alterna y libeílula.
17/Junio	Se aumentó el Sulfato de Potasio a 200ppm.
23/Junio	Aplicación de Malatión para controlar mosquita blanca.
2/Julio	Primera cosecha y peso del fruto.
3/Julio	Fumigación para controlar tizón temprano, tardío y libeílula. Se fumigó con azufre "Sultrón."
13/Julio	El fierro se aumenta a 14 ppm.
14/Julio	Cosecha del fruto y pesado de éste.
31/Julio	Término de la cosecha.
10/Agosto	1.- Corte de la planta y embolsado para su secado y análisis de peso seco. 2.- Embolsado de la micorriza utilizada en el experimento.

6.- RESULTADOS Y DISCUSION

Este cuadro muestra la producción de jitomate en gramos por cepa de micorriza y por tipo de sustrato, los números del 1 al 5 de la izquierda representan los 5 tipos de micorrizas y los números romanos al número de repeticiones.

R E P E T I C I O N E S.

JAL (A)	I	II	III	IV	V	VI	SUMAT.	PROM.
1	1) 582.06	2) 951.62	3) 45.68	4) 596.29	5) 89.89	6) 196.04	2461.57 *	410.26
2	7) 395.64	8) 225.98	9) 297.97	10) 393.86	11) 548.48	12) 994.03	2855.96	475.99
3	13) 744.94	14) 608.52	15) 892.04	16) 700.79	17) 464.51	18) 537.32	3948.12 +	658.02
4	19) 575.18	20) 814.74	21) 570.46	22) 275.00	23) 976.32	24) 477.53	3689.23	614.87
5	25) 472.54	26) 390.07	27) 450.17	28) 706.49	29) 434.49	30) 175.62	2629.38	438.23
						TOTAL:	<u>15584.27</u>	3116.85
TUR (B)								
1	1) 976.06	2) 1902.6	3) 1749.9	4) 1231.5	5) 1268.1	6) 707.21	7835.55 *	1305.9
2	7) 1229.32	8) 824.18	9) 2087.0	10) 976.1	11) 1700.9	12) 2802.5	9620.19	1603.37
3	13) 1900.9	14) 1101.6	15) 1401.8	16) 1352.7	17) 670.67	18) 1443.6	7871.46	1311.91

4	19) 1753.4	20) 1807.6	21) 1113.5	22) 1026.2	23) 1582.6	24) 2552.4	9835.97 +	1639.33
5	25) 739.27	26) 2099.9	27) 932.83	28) 1064.9	29) 2154.1	30) 1952.4	8943.52	1490.58
						TOTAL:	<u>44106.69</u>	8821.34
J/T (C)								
1	1) 1479.79	2) 1546.6	3) 1473.8	4) 2121.73	5) 2066.54	6) 1140.7	9829.29	1638.21
2	7) 1049.43	8) 2263.1	9) 2357.4	10) 2584.58	11) 1287.39	12) 1982.2	11524.10 +	1920.69
3	13) 1411.4	14) 610.08	15) 1222.9	16) 1517.9	17) 1760.9	18) 1335.7	7859.08 *	1309.85
4	19) 2566.38	20) 1419.3	21) 787.90	22) 1676.59	23) 1710.28	26) 1973.8	10134.38	1689.06
5	27) 2212.33	28) 1320.6	29) 1181.9	30) 1890.53	1d) 1735.35	2d) 1440.8	9781.7	1630.28
						TOTAL:	<u>49128.57</u>	9825.71
TES								
	24c) 991.29	25c) 493.91	3d) 1088.2	4d) 679.89	5d) 535.29	6d) 26.71		
						TOTAL:	<u>3815.3</u>	635.83

En donde:

* es la cepa de micorriza que mas produjo por sustrato,

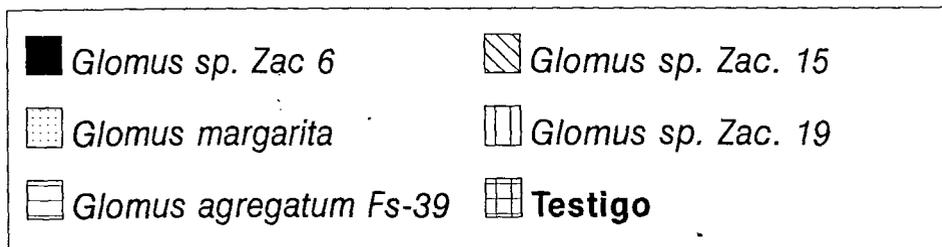
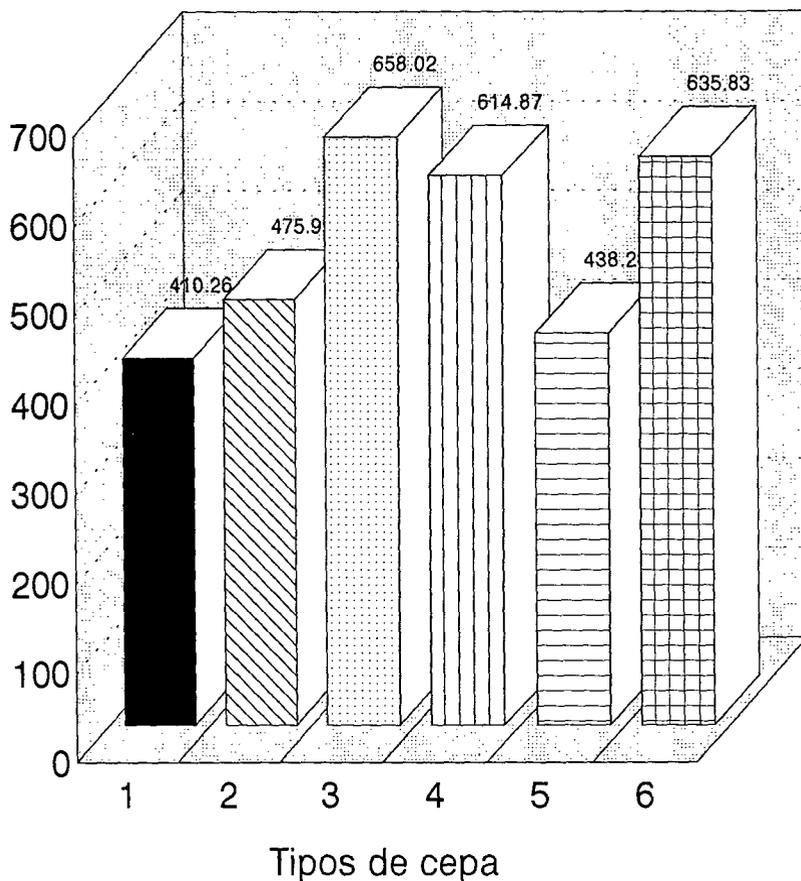
+ es la cepa que menos produjo por sustrato y,

— es la producción total de cada sustrato.

La densidad de siembra fue de 26388 plantas/Ha, y cada planta produjo promedio 1.6 kg., con una producción total de 42.22 ton/Ha.

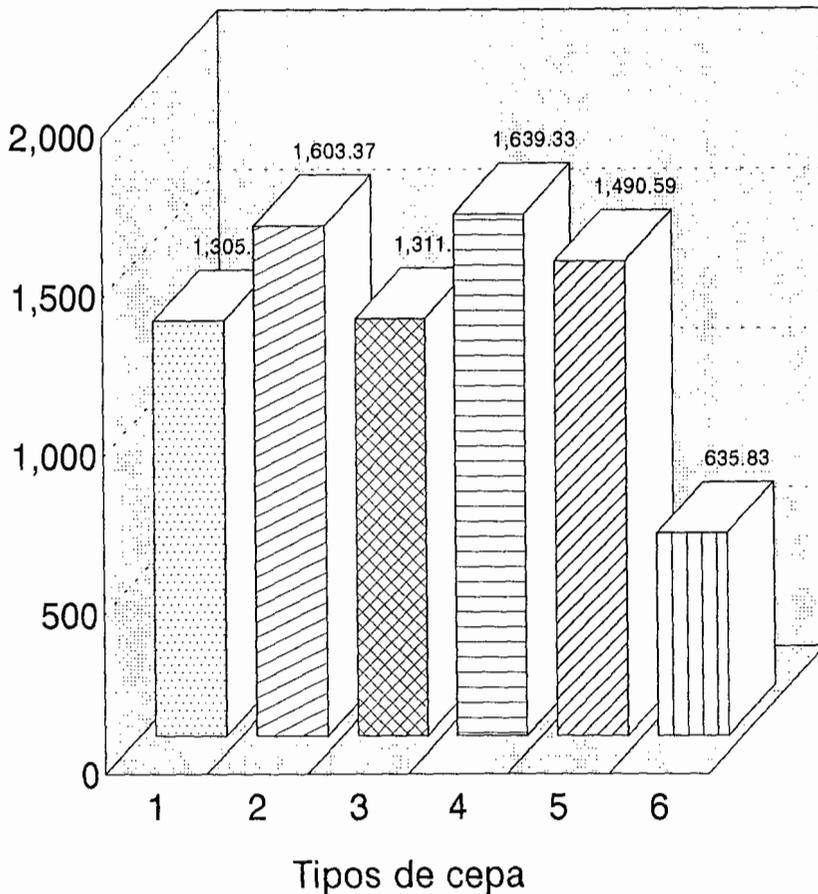
La producción fue baja debido a problemas fitopatológicos provocados por la presencia de la mosquita blanca y esto repercutió en la producción final.

Cuadro de rendimiento en cultivo de tomate. Sustrato-Jal (A)



Cuadro de rendimiento en cultivo de tomate.

Sustrato-turba (B)



 *Glomus sp. Zac 6*

 *Glomus sp. Zac. 15*

 *Glomus margarita*

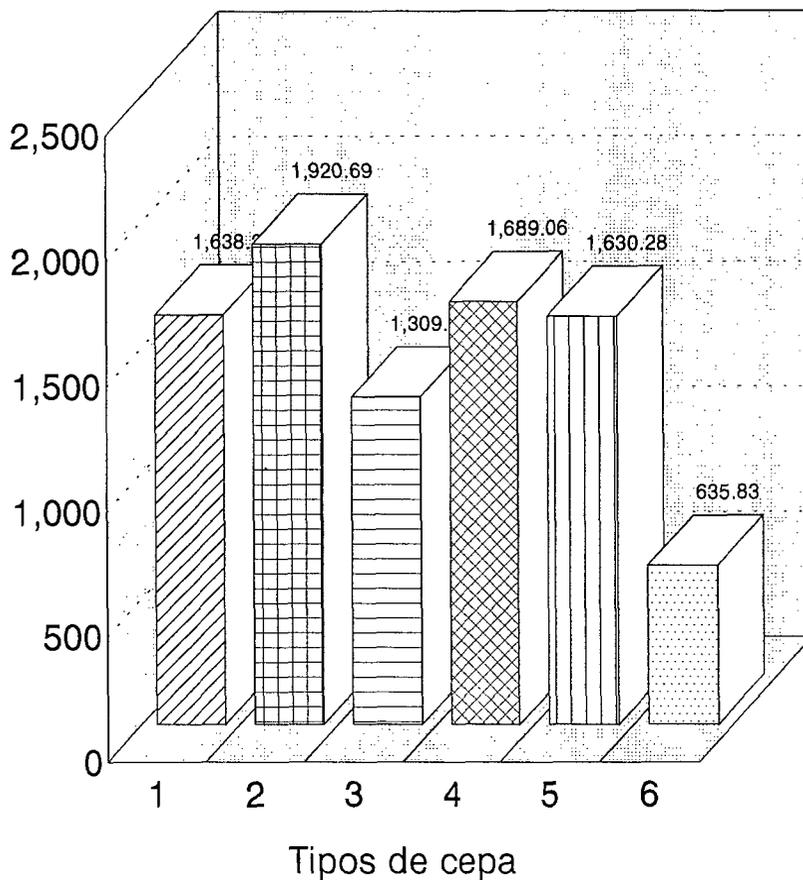
 *Glomus sp. Zac. 19*

 *Glomus agregatum Fs-39*

 **Testigo**

Cuadro de rendimiento en cultivo de tomate.

Sustrato jal/turba (C)



 *Glomus sp. Zac 6*

 *Glomus sp. Zac. 15*

 *Glomus margarita*

 *Glomus sp. Zac. 19*

 *Glomus agregatum Fs-39*

 **Testigo**

Con relación a la altura, pueden verse los siguientes cuadros, en donde muestra un promedio mensual de la altura de plantas de jitomate. La altura está dada en centímetros, por cepa de micorriza y por sustrato.

PROMEDIO DE ALTURA POR MES Y EN CENTIMETROS EN PLANTAS DE JITOMATE.

SUSTRATO DE JAL (A).

Cepa de micorriza		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Media
1	1A	9.5	37.5	83.0	138.5	195.75	97.237
	3A	10.0	38.5	87.5	115.75	122.5	78.632
	5A	7.83	39.0	96.25	139.25	179.0	96.710
2	7A	8.17	41.25	104.0	138.25	143.5	91.184
	8A	8.83	40.25	65.75	89.5	184.5	81.395
	11A	9.33	40.5	95.0	144.75	192.0	100.737
3	13A	10.5	45.0	100.25	152.5	213.75	109.392
	15A	11.67	47.25	103.75	147.0	206.75	108.105
	18A	9.83	46.75	102.25	147.25	196.5	105.289
4	20A	11.67	40.0	85.75	132.0	182.5	94.526
	21A	13.66	43.5	99.5	143.75	207.25	106.158
	23A	11.23	49.25	102.75	151.25	201.0	108.932
5	25A	12	44.0	110.0	159.0	222.0	114.526
	26A	12.73	42.5	91.75	143.0	205.0	103.821
	30A	13.23	44.5	103.25	150.25	198.5	105.037

SUSTRATO DE TURBA (B).

Cepa de micorriza		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Media
1	1B	13.17	48.0	91.5	131.25	184.0	97.763
	3B	12.0	51.62	100.0	148.5	212.25	109.789
	5B	12.87	53.0	106.25	158.0	212.25	113.505
2	7B	10.5	54.5	111.25	150.5	198.0	109.921
	9B	9.33	46.87	91.75	141.5	202.25	102.789
	11B	12.37	52.62	105.0	155.0	214.25	112.900
3	13B	13.5	54.75	103.25	149.5	212.25	111.553
	15B	13.67	53.3	101.25	139.75	180.25	102.063
	17B	11.0	44.75	100.75	136.0	160.25	94.842
4	19B	13.07	55.0	102.5	151.0	216.25	112.537
	21B	15.17	53.5	102.5	148.25	193.0	107.342
	23B	14.67	58.0	111.75	155.25	211.75	115.316
5	25B	15.83	58.25	82.0	89.25	105.5	73.026
	27B	12.5	52.0	99.75	144.75	194.5	105.342
	29B	11.5	49.75	107.25	147.5	202.75	108.605

SUSTRATO DE JAL-TURBA (C).

Cepa de mico-rriza		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Media
1	2C	11.6	53.0	102.75	149.5	211.75	110.674
	4C	12.27	52.0	103.25	146.75	199.5	107.516
	6C	14.73	45.63	73.25	91.25	110.25	69.800
2	8C	13.93	53.0	106.75	139.5	211.25	116.000
	10C	14.77	53.0	101.5	144.25	205.5	108.174
	12C	12.8	49.0	110.0	156.75	214.0	113.547
3	14C	12.33	50.77	96.0	121.75	169.5	94.168
	16C	11.5	55.25	106.25	153.75	219.75	114.447
	18C	10.5	48.25	101.0	146.25	192.25	104.342
4	20C	12.0	47.25	85.25	132.75	185.0	96.684
	22C	13.67	55.0	104.25	150.75	208.75	111.526
	26C	11.83	49.75	98.5	150.75	209.5	108.926
5	28C	15.6	52.5	109.0	145.0	202.0	109.516
	30C	15.1	53.0	100.25	134.0	185.75	101.958
	2D	16.17	59.0	100.0	142.5	187.5	105.500

TESTIGOS:

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Media
24C	10.93	38.5	77.75	129.75	185.5	92.568
25C	10.17	40.5	81.25	111.5	146.25	81.447
3D	12.83	46.75	86.25	132.5	184.5	96.763
4D	11.0	44.5	81.25	130.0	171.25	91.631
5D	11.43	40.0	83.5	129.25	164.5	89.921
6D	9.83	21.75	37.75	42.25	44.0	32.237

Por sustrato, podemos ver la comparación que se hace en el siguiente cuadro.

S U S T R A T O	PLANTAS MAS ALTAS (por cepa de micorriza)	PLANTAS MAS BAJAS (por cepa de micorriza)
Jal (A)	Cepa no. 5	Cepa no. 1
Turba (B)	Cepa no. 4	Cepa no. 5
Jal-turba (C)	Cepa no. 2	Cepa no. 1

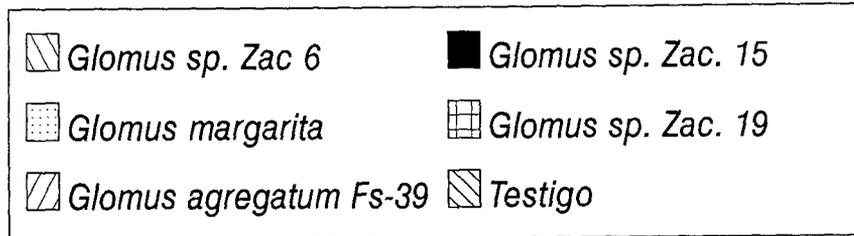
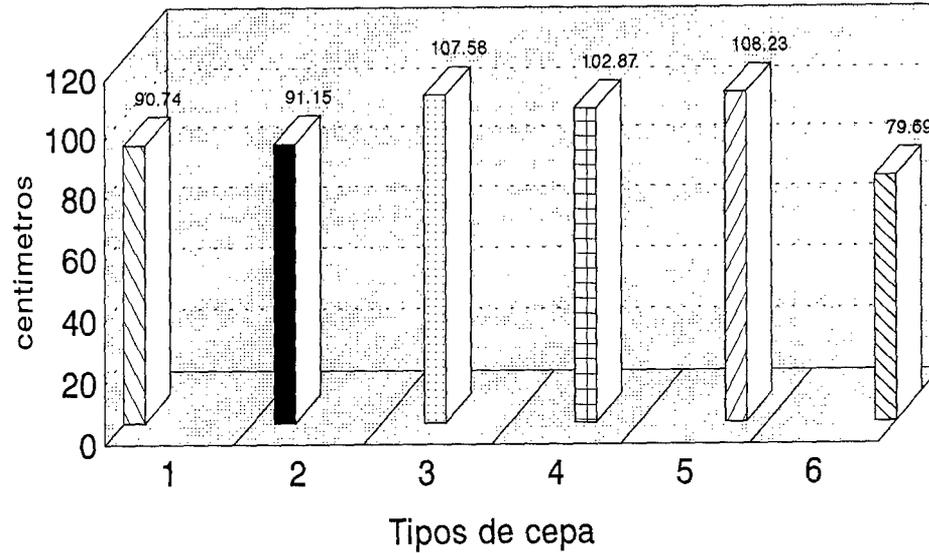
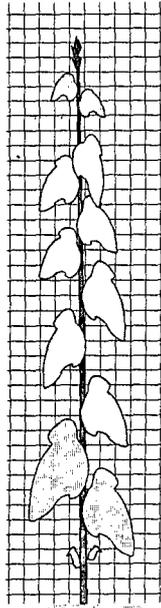


En el sustrato de Jal-turba (C), coincidió que la cepa que más produjo fue la que más plantas altas tuvo. En la relación rendimiento-altura, mas estable en los tres sustratos es la micorriza de la cepa no.4, con rendimientos altos en promedio. La micorriza de la cepa no.2 también presenta estabilidad en esta relación en los sustratos de Turba (B) y Jal-turba (C), pero en Jal (A), es de las cepas que menos produjo. En relación rendimiento-altura en el sustrato de Jal (A), la micorriza de cepa no.3 tuvo un rendimiento alto en comparación de las otras cepas micorrizas, pero fue de las mas bajas en producción de los otros sustratos.

La micorriza no. 5 es la única que no presenta una relación proporcional para el rendimiento y la altura.

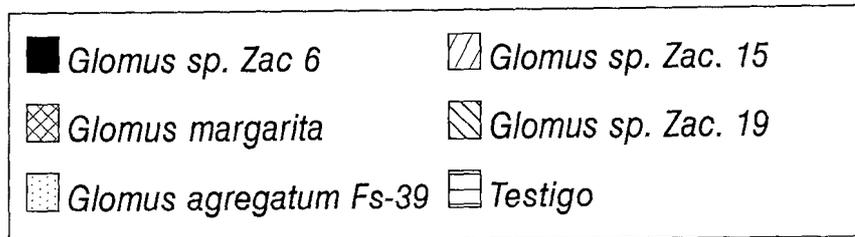
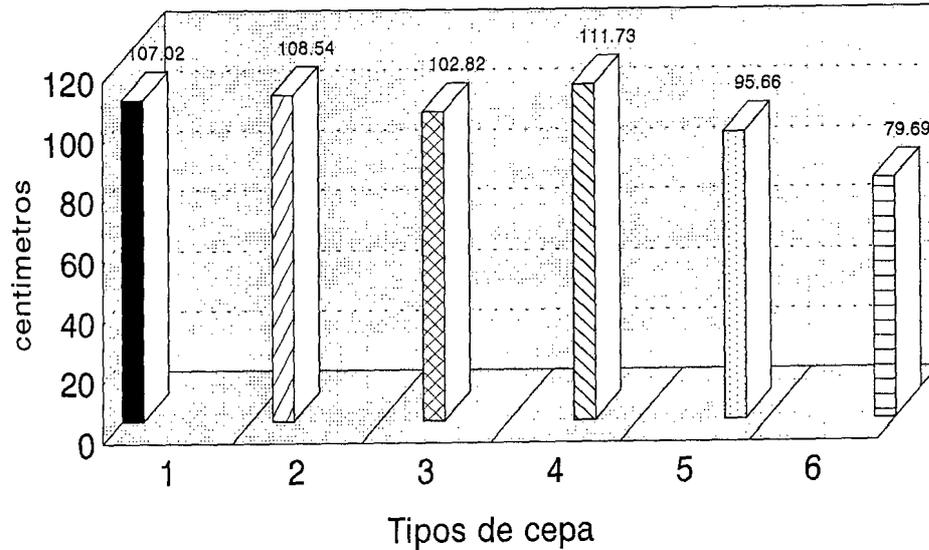
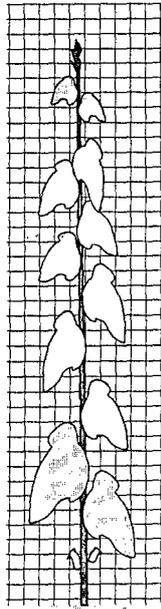
Cuadro de altura de planta en tomate.

Sustrato: Jal (A)



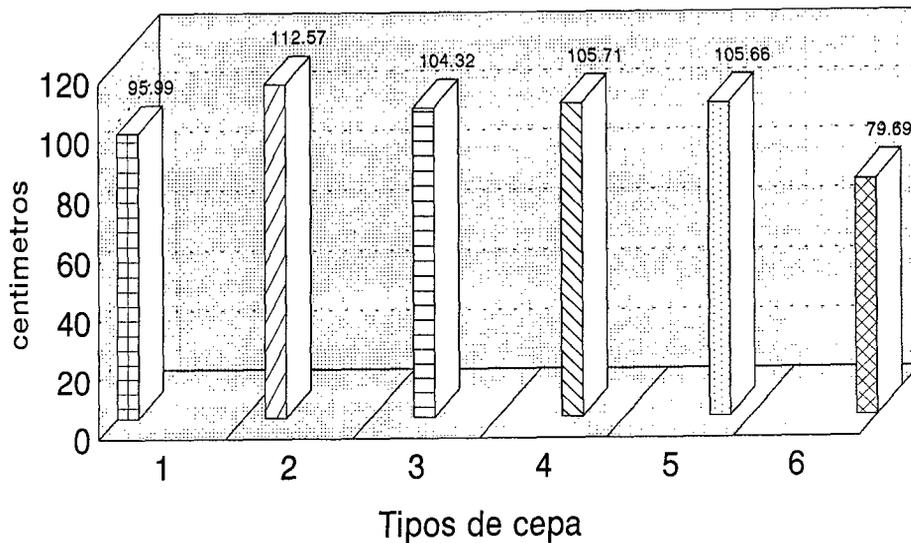
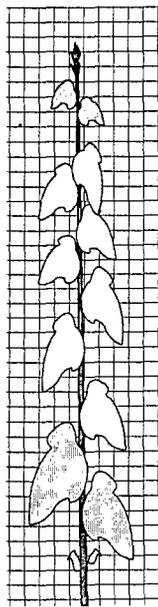
Cuadro de altura de planta en tomate.

Sustrato: Turba (B)



Cuadro de altura de planta en tomate.

Sustrato: Jal/Turba (C)



 *Glomus sp. Zac 6*

 *Glomus sp. Zac. 15*

 *Glomus margarita*

 *Glomus sp. Zac. 19*

 *Glomus agregatum Fs-39*

 *Testigo*

En cuanto al peso seco, se muestra lo siguiente:

PESO SECO EN PLANTAS DE JITOMATE.

Jal(A)

	I	II	III	IV	V	VI	Sumat.	Media
1	1A 65.3	2A 115.4	3A 86.7	4A 74.6	5A 115.0	6A 73.1	530.1	88.35
2	7A 114.3	8A 38.0	9A 116.6	10A 114.7	11A 93.6	12A 99.6	576.8	96.13
3	13A 130.8	14A 100.0	15A 65.2	16A 103.0	17A 109.1	18A 113.4	621.7	103.6
4	19A 95.7	20A 87.4	21A 86.0	22A 83.5	23A 61.5	24A 93.2	507.3	84.55
5	25A 81.6	26A 88.8	27A 99.4	28A 106.8	29A 102.0	30A 87.1	565.7	94.28
						TOTAL:	2801.6	560.33

Turba (B)

	I	II	III	IV	V	VI	Sumat.	Media
1	1B 71.0	2B 93.9	3B 78.2	4B 69.8	5B 99.5	6B 82.1	494.5	82.42
2	7B 78.9	8B 61.4	9B 93.56	10B 136.9	11B 76.6	12B 114.0	561.38	93.56
3	13B 95.5	14B 91.0	15B 55.0	16B 78.9	17B 50.8	18B 60.0	431.2	71.8
4	19B 72.4	20B 126.4	21B 50.5	22B 137.7	23B 124.1	24B 119.0	630.1	105.02
5	25B 61.42	26B 86.6	27B 132.1	28B 98.2	29B 79.4	30B 35.9	493.6	82.2
						TOTAL:	2610.8	522.16

Jal-turba (C)

	I	II	III	IV	V	VI	Sumat.	Media
1	1C 62.0	2C 70.34	3C 83.0	4C 91.5	5C 60.51	6C 54.7	422.0	70.3
2	7C 101.2	8C 89.2	9C 110.2	10C 71.5	11C 96.4	12C 103.6	572.1	95.3
3	13C 119.9	14C 100.6	15C 152.7	16C 94.22	17C 143.1	18C 87.0	697.5	116.2
4	19C 127.2	20C 107.5	21C 51.0	22C 81.6	23C 123.2	26C 78.31	568.8	94.8
5	27C 80.7	28C 72.4	29C 81.4	30C 80.05	1D 68.7	2D 78.31	461.5	76.9
							TOTAL: 2722.0	544.4

TESTIGOS:

24C	25C	3D	4D	5D	6D	Sumat.	Media
52.5	68.10	58.5	70.5	55.8	61.08	366.48	61.08

CEPAS CON MAYOR CONTENIDO DE MATERIA SECA, POR CADA UNO DE LOS SUSTRATOS.

S U S T R A T O	Mayor contenido de materia seca por cepa de micorriza.	Menor contenido de materia seca por cepa de micorriza.
Jal (A)	Cepa no. 3	Cepa no. 4
Turba (B)	Cepa no. 4	Cepa no. 5
Jal-turba (C)	Cepa no. 3	Cepa no. 1

En el sustrato de Jal (A), la cepa con mayor peso seco coincide con la de mayor producción y en Turba (B) también. Pero en el sustrato de Jal-turba (C), la cepa 3, con un contenido elevado en peso seco, fue la que menos produjo en dicho sustrato. Esto pudo ser provocado por una alta cantidad de nitrógeno en las plantas de la micorriza no.3, ya que las plantas en los otros dos sustratos que presentan altos rendimientos, presentaron una cantidad de N de media a baja. Sin embargo, podemos mencionar que se mantuvo una relación directamente proporcional: a mayor peso seco, mayor producción.

Las plantas con mayor cantidad de nitrógeno fueron las del sustrato de Jal (A), seguidas por las de Jal-turba (C), y en donde se encontró una cantidad menor de nitrógeno fue en las plantas de Turba (B).

Para esta prueba, sólo se analizaron dos plantas por cepa de micorriza en cada sustrato, por lo que, por sustrato, se tuvieron los resultados de diez plantas.

SUSTRATO DE JAL (A)

	Porcentaje de Nitrógeno total.	Sumatoria	Media
1A	3.240 +		
4A	3.813 =	7.053	3.526
7A	3.4 +		
11A	3.560 =	6.96	3.48
14A	3.720 +		
18A	3.206 =	6.926	3.463
19A	3.313 +		
22A	3.433 =	6.746	3.373
27A	3.306 +		
30A	3.146 =	6.452	3.226

SUSTRATO DE TURBA (B)

	Porcentaje de Nitrógeno total.	Sumatoria	Media
1B	2.875 +		
4B	2.406 =	5.275	2.639
7B	2.093 +		
10B	3.100 =	5.193	2.596
16B	2.606 +		
18B	2.460 =	5.066	2.533
21B	2.253 +		
23B	2.726 =	4.979	2.489
27B	2.706 +		
29B	2.446 =	5.152	2.576

TESTIGOS:

	Porcentaje de nitrógeno total.	Sumatoria	Media
25C	2.886 +		
3D	3.019 =	5.905	2.952

SUSTRATO DE JAL-TURBA (C)

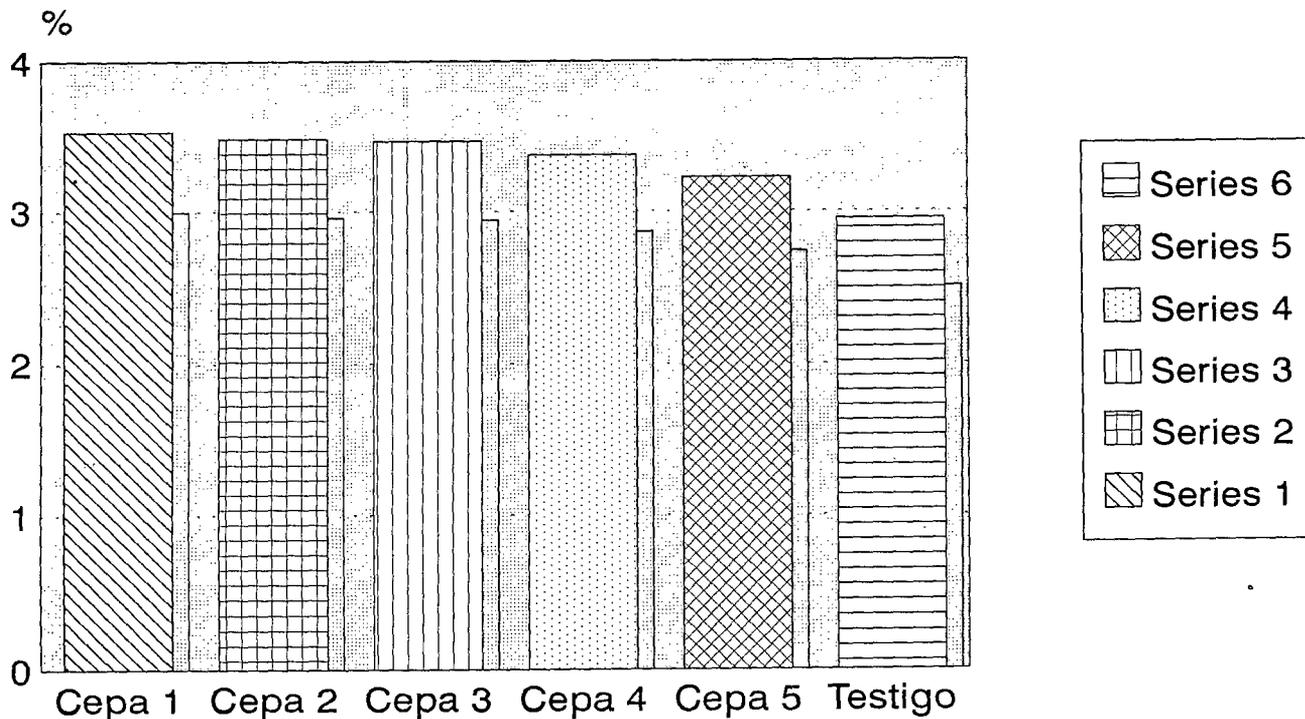
	Porcentaje de nitrógeno total.	Sumatoria	Media
1C	2.573 +		
5C	2.840 =	5.413	2.706
7C	3.213 +		
9C	2.680 =	5.893	2.946
13C	3.133 +		
16C	2.857 =	5.99	2.995
23C	2.774 +		
26C	2.886 =	5.66	2.83
27C	2.871 +		
2D	2.723 =	5.594	2.797

Por cepas, puede verse el siguiente cuadro:

S U S T R A T O	Mayor contenido de nitrógeno por cepa de micorri-za.	Menor contenido de nitrógeno por cepa de micorri-za.
Jal (A)	Cepa no. 1	Cepa no. 5
Turba (B)	Cepa no. 1	Cepa no. 4
Jal-turba (C)	Cepa no. 3	Cepa no. 1

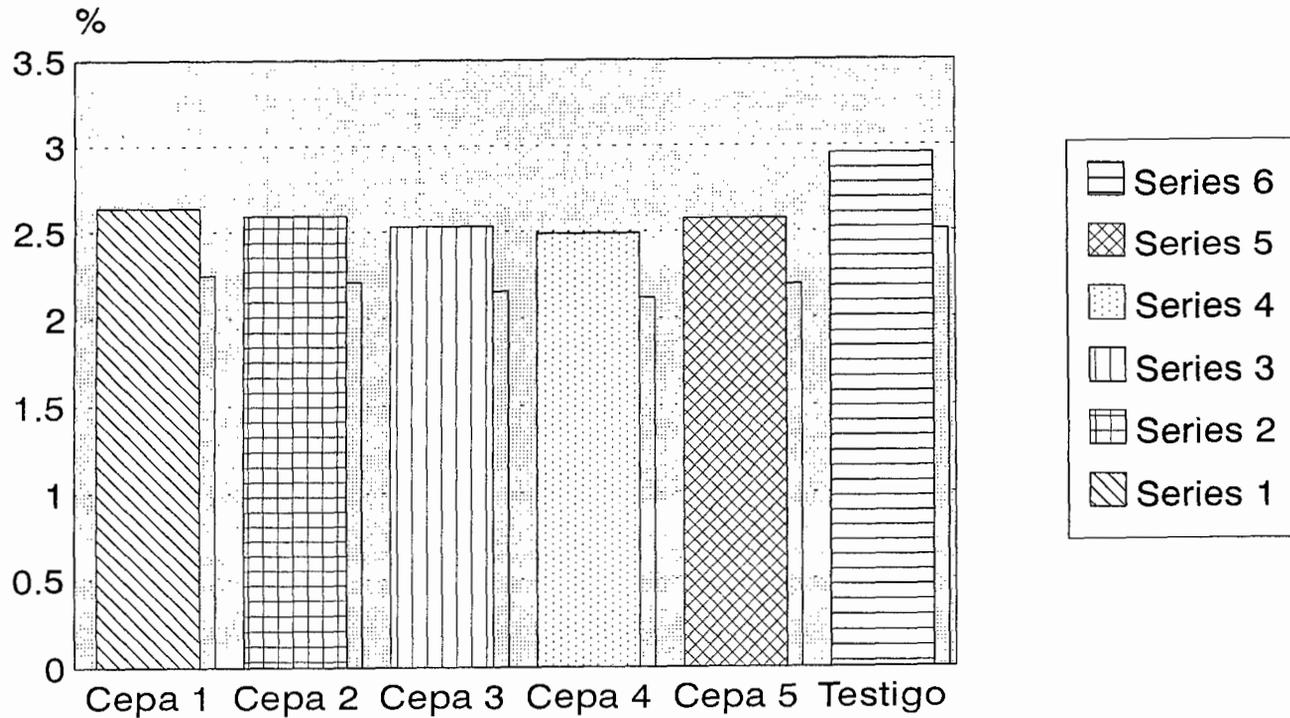
Porcentaje de nitrógeno total en la planta

Sustrato de Jal



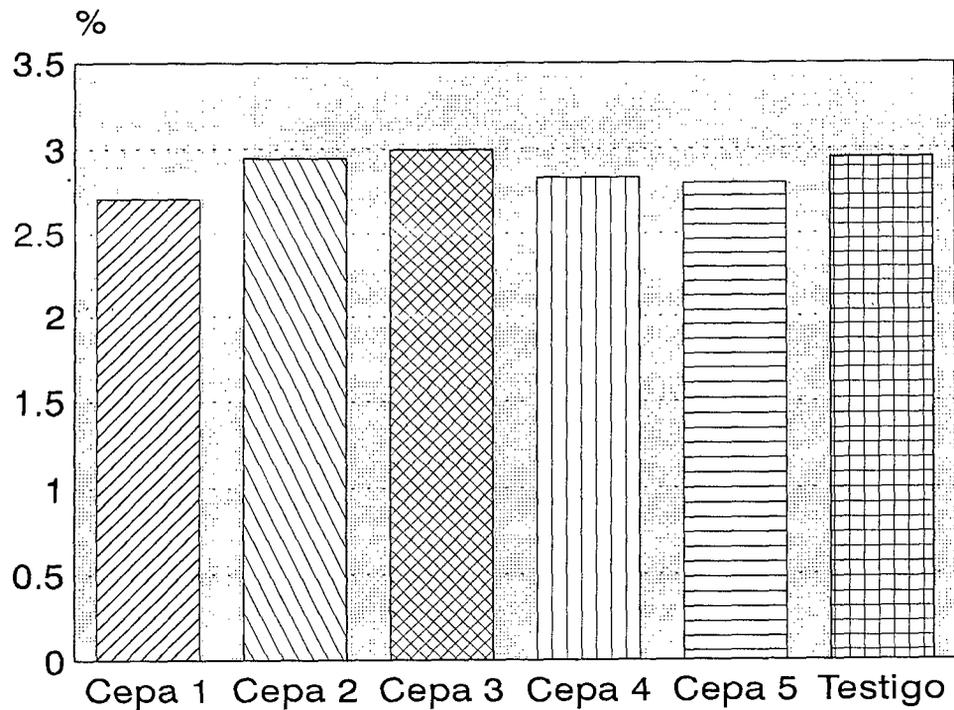
Porcentaje de nitrógeno total en la planta

Sustrato de turba



Porcentaje de nitrógeno total en la planta

Sustrato de Jal-turba



El sustrato con plantas con mayor cantidad de fósforo fue el de Turba (B), seguido por el sustrato de Jal (A), y en donde se encontró la menor cantidad de este elemento fue en el sustrato de Jal-turba (C).

Para esta prueba, sólo se analizaron 2 plantas por cepa de micorriza en cada sustrato, por lo que, por sustrato, se tuvieron los resultados de diez plantas.

SUSTRATO DE JAL (A)

	Fósforo total.	Sumatoria (partes por millón).	Media
1A	0.205 +		
4A	0.204 =	4090	2045
7A	0.240 +		
11A	0.184 =	4240	2120
14A	0.196 +		
18A	0.210 =	4060	2030
19A	0.212 +		
22A	0.200 =	4120	2060
27A	0.240 +		
30A	0.250 =	4900	2450

SUSTRATO DE TURBA (B)

	Fósforo total.	Sumatoria (partes por millón).	Media
1B	0.290 +		
3B	0.220 =	5100	2550
7B	0.220 +		
10B	0.230 =	4500	2250
16B	0.230 +		
18B	0.184 =	4140	2070
21B	0.160 +		
23B	0.194 =	3540	1770
27B	0.194 +		
29B	0.300 =	4940	2470

SUSTRATO DE JAL-TURBA (C)

	Fósforo total.	Sumatoria (partes por millón).	Media
1C	0.186 +		
5C	0.200 =	3860	1930
7C	0.220 +		
9C	0.190 =	4100	2050
13C	0.158 +		
16C	0.172 =	3300	1650
23C	0.210 +		
26C	0.166 =	3760	1880
27C	0.198 +		
2D	0.202 =	4000	2000

TESTIGOS:

	Fósforo total.	Sumatoria (partes por millón).	Media
25C	0.200 +		
3D	0.270 =	4700	2350

Por cepas, puede verse el siguiente cuadro:

S U S T R A T O	Mayor contenido de fósforo por cepa de micorriza.	Menor contenido de fósforo por cepa de micorriza.
Jal (A)	Cepa no. 5	Cepa no. 3
Turba (B)	Cepa no. 1	Cepa no. 4
Jal-turba (C)	Cepa no. 2	Cepa no. 3

En la micorriza de la cepa no. 5 la relación N:P es diferente a las de las demás cepas: su relación es a menor P mayor N, y en las demás cepas es a mayor P menor N.

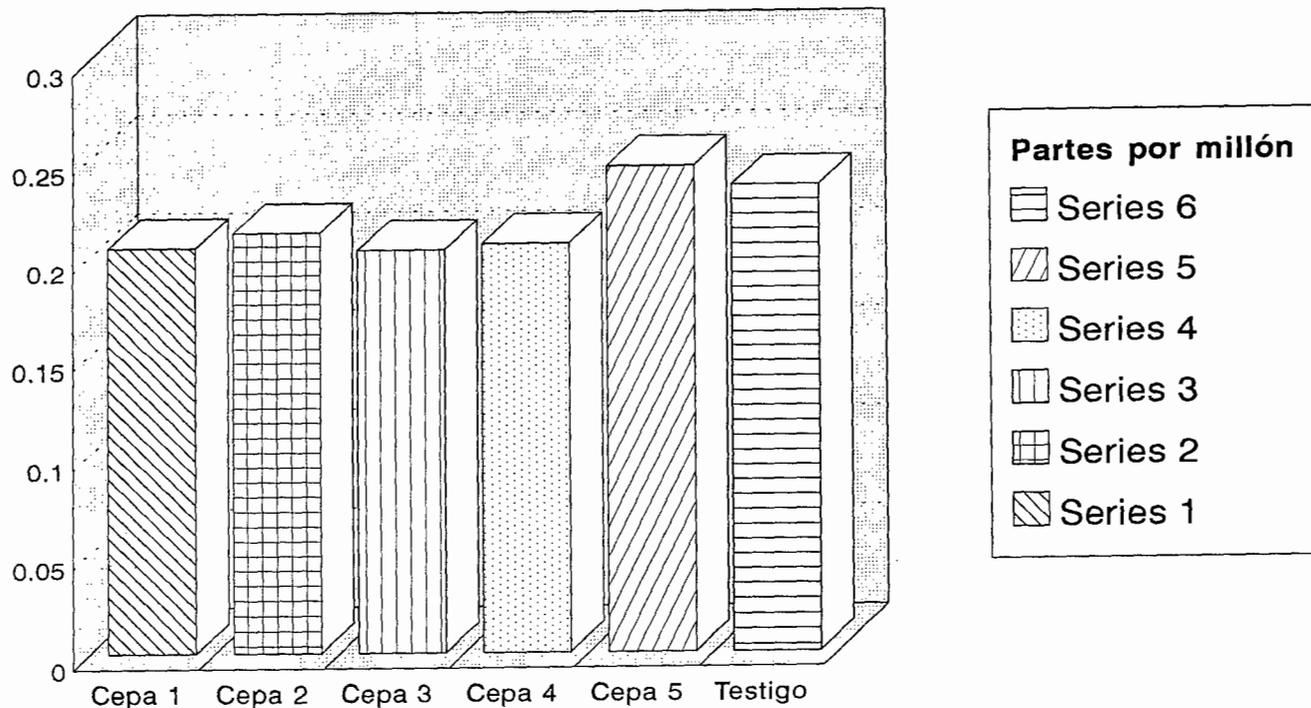
También se encontró la relación de a mayor productividad menor concentración de nutrimentos en la planta, esto es debido a que la planta trasloca sus nutrimentos al fruto.

La diferencia de producción entre el sustrato de Turba (B) y de Jal-turba (C) fue muy poca.

La micorriza más estable en los 3 sustratos fue la de la cepa no. 4, y combinada con el sustrato Jal-turba (C) resultó ser la más productiva.

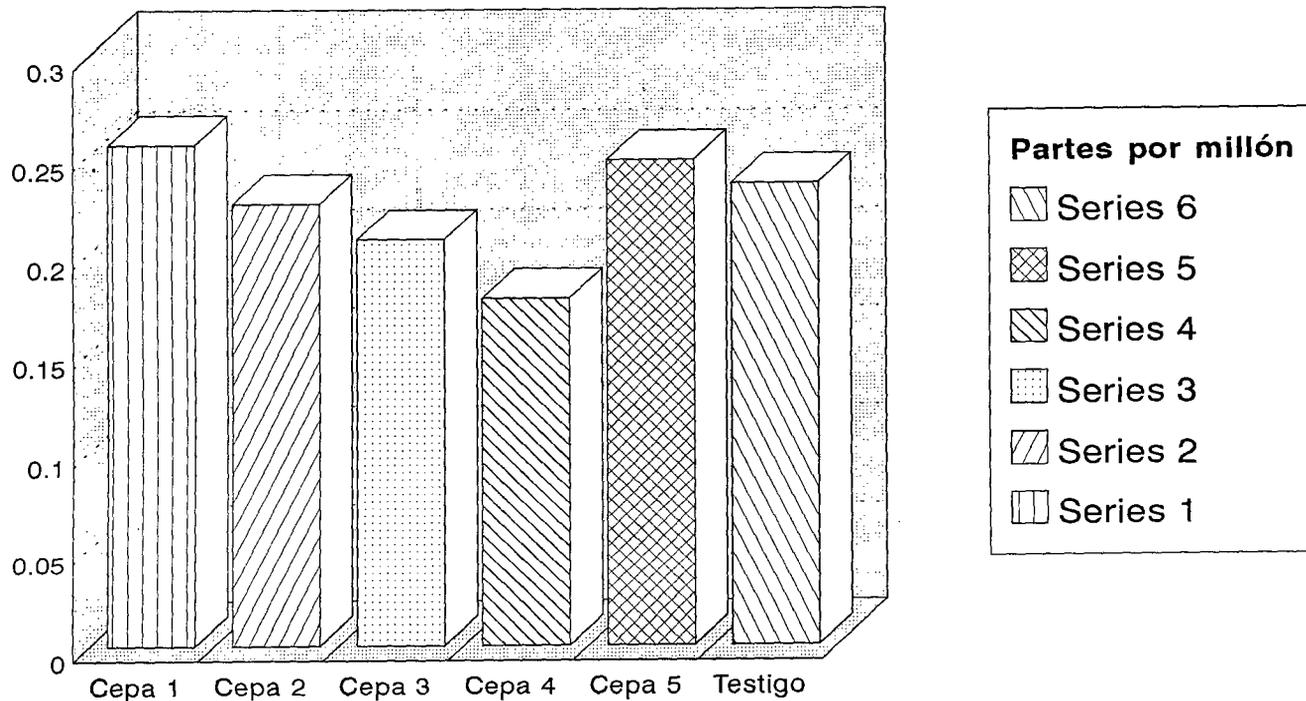
Determinación de fósforo en la planta

Sustrato de Jal



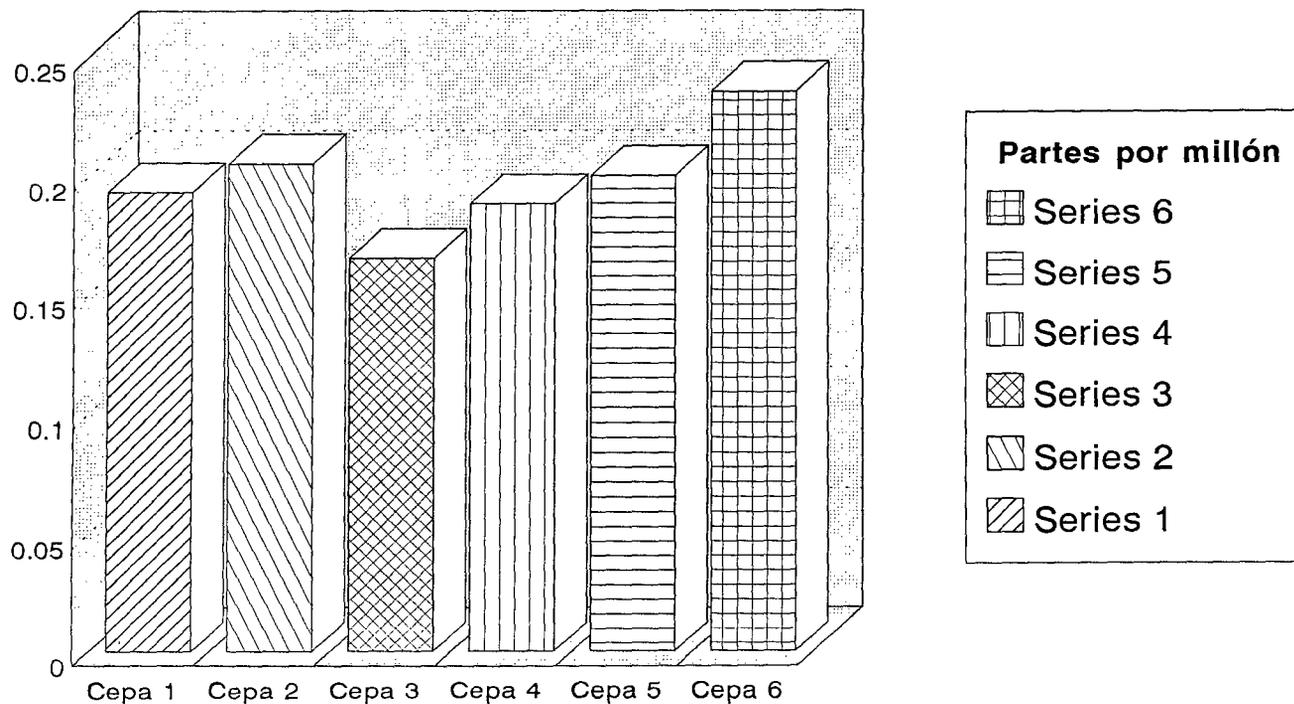
Determinación de fósforo en la planta

Sustrato de Turba



Determinación de fósforo en la planta

Sustrato de Jal-Turba



7.- CONCLUSIONES

El uso de la cepa de micorriza 2 (*Glomus* sp. Zac. 15 mex.) y 4 (*Glomus* sp. Zac. 19 mex.) y el sustrato de Jal-turba (C), bajo condiciones de invernadero, lograron los mejores resultados en cuanto a producción y calidad del fruto.

El uso adecuado de micorrizas puede ayudar a establecer programas de agricultura orgánica, en donde pueda prescindirse del uso de plaguicidas y pesticidas.

Con la hidroponia, la planta aumenta la absorción de nutrimentos, y se incrementa todavía más con el uso de micorrizas, sobre todo, las micorrizas 1 (*Glomus* sp. Zac 6 mex.), 3 (*Glomus margarita*, extranjera), y 5 (*Glomus agregatum*, Fs - 39, mex.) aunque sí se disminuye el impacto nutricional que puedan tener las micorrizas; aún así se encuentra efectividad en el uso de éstas.

El uso de un sustrato es importante, según la de la cantidad de agua con la que se dispone, se puede elegir el uso adecuado del sustrato. Si se cuenta con poca agua es recomendable usar el sustrato de Jal-turba (C), por la capacidad de retención de humedad que tiene el sustrato, pero si se cuenta con una cantidad considerable de agua y se busca abaratar costos, es recomendable utilizar el sustrato de JAL (A). Mediante el uso del hidrómetro, se pudo identificar este resultado y con observaciones del desarrollo fenológico.

En referencia al mejor sustrato en el experimento, se puede decir que los sustratos Jal-turba (C) y Turba (B) tuvieron pocas diferencias entre ellos, pero el de Jal-turba (C) tuvo una producción mas alta.

La suma de los promedios totales de los tres sustratos (Jal (A), Turba (B), Jal-turba (C), fue la siguiente: 21,763.70 gr.

El porcentaje de producción de cada sustrato, con relación a este dato, fue el siguiente:

Jal (A) = 14.32 %

Turba (B) = 40.53%

Jal-turba (C) = 45.15%

Concluyendo que para una producción en invernadero sí es costeable elegir una combinación de sustrato como este de Jal- turba.

8.- RECOMENDACIONES

La presencia de la mosquita blanca de los invernaderos es un problema ya que produce daños significativos en el follaje de la planta y en el fruto. Y ya que no se va a poder erradicar el problema, debe de lograrse una baja población de la mosquita mediante la aplicación de insecticidas de baja toxicidad, de tal manera que el daño por el insecto sea mínimo.

La humedad en el invernadero debe de controlarse para evitar problemas con fungosis y la presencia de hongos que producen problemas fisiológicos en las plantas.

Entre las micorrizas y la solución nutritiva se dió un efecto combinado. La solución proveyendo los nutrimentos y las micorrizas captándolos para un aprovechamiento adecuado en las plantas. Usando micorrizas es muy importante cuidar el balance nutricional ya que puede provocarse una sobrenutrición de la planta afectando la calidad del fruto.

En el manejo integral de micorrizas, hidroponia y planta, se hace necesario el uso de productos adecuados para el control de plagas y enfermedades, porque el uso de pesticidas afecta la acción de las micorrizas y esto repercute negativamente en la producción.

9.- BIBLIOGRAFIA

Almeida, R.T. y Schenck, N.C., 1990, A revision of the Genus *Sclorocystis* (Glomaceae, Glomales). *Mycologia*.

Alpi A. y F. Tognoni, 1987, Cultivo en invernadero, 2da. Edición, Ediciones Mundi-Prensa. (España)

Anderlini, R., 1989, El cultivo del tomate, 1ra. edición, Ediciones CEAC, Barcelona.

Anónimo, Manual de construcción y operación de invernaderos familiares para la producción de hortalizas con riego por goteo. Boletín número 5. Subsecretaría de agricultura y operación. CENAMAR, SARH.

Azcón-G de Aguilar C. y J.M. Barea, 1980, *Scientific American* Edición en español, Investigación y ciencia no.47.

Berch, M.S., 1987, Taxonomía de los hongos micorrízicos V.A. agrícolas., *Rev. Méx. Fitopatología*.

Blancard, D., 1992, Enfermedades del tomate, Ediciones Mundi-Prensa, Limoges (Francia).

Bouza S.N., 1989, Las Micorrizas Vesículo-Arbusculares en el cultivo de los cítricos. Perspectivas de su utilización en viveros. Estación central de cítricos y otros frutales del ministerio de agricultura, no.39. Editorial Cida, La Habana.

González, C.M.C., 1988, Principios de taxonomía de la endomicorriza VA. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

Graw, D. 1979, The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Nex Phytol.* 82.

Hall, I.R., 1984, Taxonomy of VA Mycorrhizal Fungi. En: VA Mycorrhiza (Powell, C.L. y Bagyaraj, D.J., Eds.) CRC Press. Florida.

Hayman, D.S., 1982, Influence of soils and fertility and Survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology.* 72(8).

Jaen, W.B. y Ferrera, C.R., 1989, Manual de métodos para la investigación y aplicación de los hongos endomicorrízicos en laboratorio y campo. Curso Precongreso. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. México.

- Linderman, R.G. 1988, Mycorrhizal interactions with rhizosphers microflora: the mycorrhizosphere effect. *Phytopathology*. 78 (3).
- Maronck, D.M., Hendrix, J.W. y Kiernan, J., 1985, Mycorrhizal Fungi and Their Importance in Horticultural Crop Production. *Horticultural Reviews*. 3.
- Matallana González, A. y J.I. Montero Camacho, 1989, Invernaderos, diseño, construcción y ambientación. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao.
- Menge, J.A., 1983, Utilization of Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot.* 61.
- Orgaz Rosúa Francisco, 1991, Agrotecnia del cultivo en invernadero. Quinta sesión: La Fertirrigación. Almería. (España).
- Penningsfeld F. y P. Kurzmann, 1975, Cultivos hidropónicos y en turba. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Resch, H.M., 1992, Cultivos hidropónicos, 3ra. edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Reid, C.P., 1984, Mycorrhizae: a root-soil interface in plant nutrition. En: *Microbial-Plant Interactions*. Soil Society of America. Madison, WI.
- Reid, C.P., 1990, Mycorrhizas. En: *The Rhizosphere* (Lynch, J.M., Ed.). Wiley-Interscience Publication.
- Rodríguez Rodríguez R., Tabares Rodríguez J.M., Medina San Juan, J.A., 1984, Cultivo Moderno del tomate. 1ra edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Roncadori, R.W., y Huseey, R.S., 1982, Mycorrhizal in interactions with other microorganisms. A. Endomycorrhizae. En: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. American Phytopathological Society. St. Paul.
- Safir, G.R. y Dunway, J.M., 1982, Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: *Methods and principles of mycorrhizal research* (Schenck, N.C., Ed.) American Phytopathological Society. St. Paul.
- Sánchez del Castillo F. y E. Escalante Rebolledo, 1989, Hidroponia, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sanders, F.E., Moose, B. y Tinker, P. B., 1975, Endomycorrhizas. Academic Press. London.
- Schenck, N.C. 1981, Can micorrhizae control root disease?, *Plant disease*, no. 65.

Serrano Cermeño Z., 1979, Cultivo de hortalizas en invernadero, 1ra edición, Editorial Aedos, Barcelona.

Sholto Douglas J., 1983, Hidroponia, Cómo cultivar sin tierra, 2da. edición, Editorial El Ateneo, Buenos Aires.

Tamaro, D., 1984, Horticultura, Ediciones G. Gill, Mexico D.F.

Trappe, J.M., 1982, Synoptic Keys to the Genera and Species of Zygomycetous Mycorrhizal Fungi, *Phytopatology*, 72.

Trappe, J.M. y Schenck, N.C., 1982, Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae, A. Vesicular-Arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). En: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* (Schenck, N.C., Ed.), American Phytopathological Society, St. Paul.

Turchi, A, 1990, Guía practica de horticultura, 2da. Edición, Ediciones CEAC, Barcelona.

Van Haeff, J.N.M., 1981, Tomates, Editorial SEP/Trillas, México D.F.