

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

POSGRADO EN HORTICULTURA

SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS
ORGÁNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO INVERNADERO

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

ALBERTO GONZÁLEZ CASTELLANOS

Junio de 2005

Chapingo, Edo. de México



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

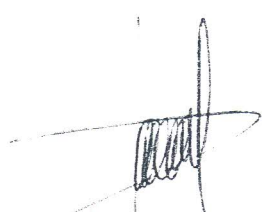


**SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS ORGÁNICAS EN LA
PRODUCCIÓN DE JITOMATE (Lycopersicon esculentum Mill.) BAJO
INVERNADERO**

Tesis realizada por **Alberto González Castellanos** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



M. C. DOMINGO MONTALVO HERNANDEZ

ASESOR:



DR. FELIPE SÁNCHEZ DEL CASTILLO

ASESOR:



DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

AGRADECIMIENTOS

A **Dios y a la vida**, por permitirme estar aquí en este momento

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, al **Departamento de Fitotecnia** y a la **Coordinación del Programa de Maestría en Horticultura**, por haberme brindado estancia académica.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por su apoyo económico, por el cual no hubiese sido posible el feliz termino de mis estudios de Maestría.

Al **M.C. Domingo Montalvo Hernández**, por la dirección y apoyo brindado en la realización del experimento y en la revisión de la presente investigación.

Al **Dr. Felipe Sánchez del Castillo**, por su paciencia, confianza brindada, sus acertadas observaciones para la revisión del presente trabajo de investigación.

Al **Dr. Aureliano Peña Lomeli**, por sus valiosas sugerencias y acertadas observaciones.

Al **M.C. Joel Pineda Pineda**, por su gran apoyo y acertados consejos brindados en la realización del presente trabajo.

Al **Sr. Gabriel y Eusebio**, por su amistad y valioso apoyo para la realización del presente experimento.

A todo el personal académico y administrativo, que de alguna manera participaron en la elaboración de este trabajo.

De manera muy especial, expreso mi más profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron en la realización de este trabajo.

Así mismo, expreso mi mayor agradecimiento a:

CBM. Corporación Bioquímica Mexicana.

Av. de los Maestros No. 50. Col. San Andrés Atenco.

Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54040.

Tel: 5-362-0871, 5-362-0933 Fax: 5-361-2601.

HumEcol. S. A.

Camelias No. 78. Texcoco, México.

Tel. 01 (595) 9544346

Nocon, S. A. de C. V.

Av. Juárez s/n, san Simón. Texcoco, Estado de México. Apartado Postal 333

C. P. 56100. e-mail: nocon@prodigy.net.mx www.materialorganico.com

Por su apoyo en materiales e información para la realización de la investigación;
sin su participación y comprensión no hubiera sido posible llevarlo a cabo.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con todo mi corazón y de manera muy especial a:

A mis padres:

A quienes debo todo lo que soy, por cuyo apoyo y comprensión he podido lograr una de mis metas más anheladas.

A mis hermanos:

Por sus consejos, comprensión, apoyo y sobre todo por la confianza depositada en mí.

In memoriam:

A mis abuelos **Servando** y **Amadeo**, a mi tío **José**, gracias por compartir su tiempo y cariño. Mi admiración y respeto.

A mis grandes amigos:

Por los momentos gratos que compartimos.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació en el municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz el 23 de enero de 1977. Es Ingeniero Mecánico Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo. Su experiencia laboral ha sido en la iniciativa privada en el área de la industria metalmecánica. Ingeniero consultor en la producción de hortalizas bajo invernadero y en la formulación, evaluación y gestión de proyectos de inversión agropecuarios.

SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS ORGANICAS EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO INVERNADERO

SUBSTRATES AND ORGANIC NUTRIENT SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Alberto González Castellanos¹ Domingo Montalvo Hernández²

RESUMEN

Con el objetivo principal de desarrollar una propuesta tecnológica de producción orgánica que incluya el uso de sustratos y soluciones nutritivas en la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero, se evaluaron los sustratos: tezontle rojo, turba, suelo natural, vermicomposta y fibra de coco, solos y mezclados. La nutrición se complementó con la aplicación de efluentes de lombriz, humatos y fulvatos. Se usó como testigo un tratamiento que consistió en el manejo de jitomate en hidroponía.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue de diez plantas por tratamiento. Se evaluó: rendimiento por planta, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, diámetro ecuatorial y polar de fruto, peso específico de fruto y sólidos solubles totales. Se encontró que el mejor tratamiento fue la turba irrigada con la solución nutritiva orgánica superando numéricamente en 2.8 % en el rendimiento promedio por planta al testigo (hidroponía). El costo del tratamiento fue de 626.2 % mayor al testigo.

Palabras clave: Agricultura Orgánica, efluente de lombriz, fibra de coco, vermicomposta.

¹ Tesista

² Director

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a technological proposal of organic production through the use of substrates and nutrient solutions in the production of tomato under greenhouse conditions. The substrates that were evaluated were: a red volcanic gravel called "tezontle", peat moss, natural soil, vermicompost, coconut fiber, used both alone and mixed together. Earthworm effluence, humates and fulvates were added to substrates as additional plant food. Tomatoes in hydroponics were used as the control treatment.

The design used was completely randomized blocks with four replicas, ten plants per treatment. The variables that were evaluated were: yield per plant, number of fruits per plant, average fruit weight, equatorial and polar diameter of fruit, specific fruit weight and total soluble solids. The best treatment was peat moss with organic nutrient solution, which had 2.8 % higher average yield per plant than the control treatment (hydroponics). The cost of the treatment was 626.2 % higher than that of the control treatment.

Key words: Organic agricultural, earthworm effluence, coconut fiber, vermicompost.

¹ Thesis author

² Thesis director

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	ii
CUADROS DEL ANEXO	v
RELACIÓN DE FIGURAS	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
II. HIPÓTESIS	5
IV. REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1. Importancia del jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	6
4.2. Origen e historia.....	6
4.3. Clasificación taxonómica y descripción botánica	7
4.5. Requerimientos climáticos	9
4.5.1. Temperatura	9
4.5.2. Luz y fotoperíodo.....	10
4.5.3. Humedad	11
4.6. Requisitos edáficos y nutricionales.....	12
4.6.1. Suelos	12
4.6.2. Nutrición	12
4.7. Función, síntomas de deficiencia y toxicidad de los principales elementos nutritivos en plantas de jitomate.....	16
4.8. Concepto de calidad	49
4.8.1. Calidad de fruto en jitomate.....	50
4.8.2. Sólidos solubles totales	51
4.9. Pudrición apical de frutos asociado a deficiencias de calcio.....	52
4.10. Aspectos generales de la hidroponía.....	54

4.10.1. Métodos de cultivo en hidroponía.....	54
4.10.1.1. Por el manejo de la solución nutritiva	54
4.10.1.2. Por el tipo de medio de cultivo.....	54
4.10.2. Componentes de los sistemas hidropónicos.....	55
4.11. Agricultura orgánica ó ecológica: Generalidades.....	56
4.11.1. Agricultura orgánica: definición y concepto	57
4.11.2. Normatividad en la agricultura orgánica	58
4.11.3. Conceptos afines de agricultura orgánica	59
4.11.3.1 Agricultura alternativa	59
4.11.3.2. Agricultura Sustentable.....	60
4.11.3.3. Agricultura o sistemas de bajos insumos.....	60
4.11.3.4. Agricultura orgánica o ecológica	61
4.11.3.5. Agricultura biodinámica.....	62
4.11.3.6. Biointensiva.....	62
4.11.3.7. Agricultura natural.....	63
4.11.4. Técnicas de producción utilizadas en la agricultura orgánica.....	63
4.12. Sustratos.....	67
4.12.1. Definición y concepto de sustrato.....	67
4.12.2. Sustratos orgánicos.....	68
4.12.3. Necesidad de caracterizar los sustratos	68
4.12.3.1. Propiedades físicas.....	68
4.12.3.2. Propiedades químicas.....	69
4.12.4. Sustratos utilizados en hidroponía.....	69
4.12.4.1. Turba.....	69
4.12.4.2. Tezontle rojo	70
4.12.4.3. Fibra de coco	70
4.12.4.4. Vermicomposta	74
4.13. Investigaciones realizadas con el uso de vermicompostas en jitomate.....	75
4.14. Investigaciones realizadas con el uso de fibra de coco en jitomate y otras especies	79

V. MATERIALES Y METODOS	80
5.1 Ubicación y características del sitio experimental.....	80
5.2. Característica del material utilizado.....	80
5.2.1. Material vegetal	80
5.2.2. Productos químicos, sustratos y otros.....	81
5.3. Diseño de tratamientos y experimental.....	86
5.4. Conducción del experimento	88
5.4.1. Semillero	88
5.4.2. Trasplante.....	88
5.4.3. Riegos	89
5.4.4. Podas	89
5.4.5. Polinización	89
5.4.6. Control de plagas y enfermedades.....	89
5.4.7. Cosecha	90
5.5. Desarrollo del experimento	90
5. 6. Variables evaluadas.....	94
5.7. Análisis estadístico.....	97
5.7.1. Contrastes	98
5.8. Análisis económico.....	98
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
6.1. Rendimiento y sus componentes primarios	100
6.2. Diámetro ecuatorial y diámetro polar de frutos.....	109
6.3. Variables morfológicas	112
6.4. Peso específico de frutos, sólidos solubles totales y pudrición apical de frutos.....	115
6.5. Contrastes ortogonales.....	118
6.6. Evaluación económica.....	120
6.6.1. Rendimiento extrapolado por hectárea.....	120
6.6.2. Análisis económico por tratamiento.....	122
VII. CONCLUSIONES.....	127
VIII. RECOMENDACIONES	129
IX. LITERATURA CITADA.....	134
X.ANEXO.....	157

LISTA DE CUADROS

No. de Cuadro

Cuadro 1.	Forma de absorción por la raíz de los elementos esenciales.	13
Cuadro 2	La composición química en 100 gramos de fruto de jitomate	14
Cuadro 3.	Extracción nutrimental del suelo en kg ha^{-1} por el cultivo de Jitomate.	15
Cuadro 4.	Propiedades químicas de la germinaza.	72
Cuadro 5.	Propiedades físicas de la fibra de coco.	73
Cuadro 6.	Respuestas de algunos cultivos a la aplicación de vermicomposta.	78
Cuadro 7.	Tratamientos evaluados durante el experimento. Chapingo, Méx. 2004.	86
Cuadro 8.	Concentración de la solución nutritiva inorgánica utilizada en la Investigación.	92
Cuadro 9.	Concentración final de la solución nutritiva del producto CYTOAMIN L.	93
Cuadro 10.	Concentración de la solución nutritiva orgánica utilizada en la investigación.	94

Cuadro 11.	Relación de contrastes establecidos y su descripción.	99
Cuadro 12.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables rendimiento total y sus componentes: número de frutos totales y peso medio de fruto por planta. Chapingo, Méx. 2004.	100
Cuadro 13.	Comparación de medias para las variables rendimiento promedio y sus componentes número de frutos por planta y peso medio de fruto, Chapingo, Méx. 2004.	102
Cuadro 14.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables número de frutos de primera, segunda, tercera y cuarta calidad en base a peso de fruto. Chapingo, Méx. 2004.	106
Cuadro 15.	Comparación de medias de las variables número de frutos en base en tamaño de primera, segunda, tercera y cuarta calidad por planta. Chapingo, Méx. 2004.	108
Cuadro 16.	Porcentuales en frutos de jitomate de 1ª, 2ª, 3ª y 4ª categoría en base a tamaño en los tratamientos evaluados. Chapingo, México. 2004.	109
Cuadro 17.	Cuadrados medios del análisis de varianza para diámetro ecuatorial y diámetro polar de frutos de jitomate. Chapingo, Méx. 2004.	110

Cuadro 18.	Comparación de medias para las variables diámetro ecuatorial y diámetro polar en frutos de jitomate. Chapingo, Méx. 2004.	111
Cuadro 19.	Cuadrados medios del análisis de varianza para caracteres morfológicos, en plantas de jitomate despuntadas a seis racimos. Chapingo, Méx. 2004.	112
Cuadro 20.	Comparación de medias para caracteres morfológicos, en plantas de jitomate despuntadas a seis racimos. Chapingo, Méx. 2004.	113
Cuadro 21.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables Peso específico, Sólidos Solubles Totales y pudrición apical de frutos, Chapingo, Méx. 2004.	115
Cuadro 22.	Comparación de medias de las variables peso específico de frutos, sólidos solubles totales y número de frutos con pudrición apical. Chapingo, Méx. 2004.	116
Cuadro 23.	Media de producción y diferencias porcentuales.	121
Cuadro 24.	Costos por tratamiento y diferencias porcentuales.	123

CUADROS DEL ANEXO

Cuadro 1a. Matriz de coeficientes (ci) para los principales contrastes establecidos.	158
Cuadro 2a. Cuadrados medios del análisis de varianza de 15 variables y significancia estadística de 15 contrastes (Cuadro 11).	159
Cuadro 3a. Estimación porcentual de los principales contrastes establecidos.	161
Cuadro 4a. Diferencia entre medias de cada grupo de tratamientos involucrados en cada contraste.	162
Cuadro 5a. Análisis del estado nutrimental en las diferentes muestras (M) ó tratamientos del experimento en jitomate.	163
Cuadro 6a. Algunas propiedades físicas y químicas de las diferentes muestras (M) ó tratamientos del experimento en jitomate.	164
Cuadro 7a. Análisis del estado nutrimental del suelo utilizado en el experimento de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill).	165
Cuadro 8a. Análisis del estado nutrimental del agua utilizada en el experimento de jitomate.	165
Cuadro 9a. Análisis nutrimental del producto CYTOAMIN L [®]	166
Cuadro 10a. Análisis del estado nutrimental del efluente orgánico (fertilizante líquido de lombriz) utilizado en el experimento de jitomate.	166

RELACIÓN DE FIGURAS

No. de Figura.

Figura 1. Distribución de tratamientos dentro del invernadero	87
Figura 2. Establecimiento del experimento.	130
Figura 3. Tutorado y etiquetado de las plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) a los 15 días después del trasplante.	130
Figura 4. Deficiencia de calcio ó pudrición apical en frutos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) observadas en algunos tratamientos.	131
Figura 5. Deficiencia de nitrógeno observada en el experimento.	131
Figura 6. Frutos de la variedad “Reserva F1” de Vilmorin Seeds, y síntomas de ataque de <i>Leveillula taurina</i> .	132
Figura 7. Plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) y sus frutos.	132
Figura 8. Primer corte realizado a los 82 días después del trasplante.	133
Figura 9. Clasificación de los frutos cosechados de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en uno de los tratamientos.	133

I. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ocupa un lugar preponderante en relación al desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial. En México está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie que ocupa y como la primera por su valor de la producción (Valadez, 1993).

En México, los problemas ecológicos tales como el abatimiento de mantos acuíferos, la erosión edáfica, la desertificación, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de las aguas por la lixiviación de fertilizantes son crecientes. En general, se pueden ubicar los principales problemas ambientales derivados de cualquier actividad humana, incluida la agricultura, por su efecto sobre la calidad del agua, del aire, de la biodiversidad y de los alimentos producidos.

Los efectos anteriores han producido una fuerte preocupación por la salud y nuevas exigencias en cuanto a los gustos y preferencias de los consumidores, así como en la mayor conciencia de la necesidad de proteger al medio ambiente. El mercado de los productos orgánicos se expande y desarrolla rápidamente. Ningún otro grupo de productos agropecuarios registra tasas de crecimiento por arriba del 20 % anual, ni tiene, además, la particularidad de que

todavía no puede satisfacer la demanda, como es el caso de los productos orgánicos en Europa, Japón y América del Norte (Gómez *et al.*, 1999).

El manejo orgánico en hortalizas se practica en países como Japón, Alemania, Francia, España, Estados Unidos, en donde se han desarrollado sistemas de producción orgánica. En México el cultivo orgánico de hortalizas es novedoso y de reciente introducción.

La producción orgánica, se caracteriza por la no utilización de productos de síntesis química en los sistemas de producción agrícola sino sólo insumos naturales. Por otro lado, la hidroponía, un sistema de producción agrícola que ha sido probado y validado con altos rendimientos, que se basa en el conocimiento científico de la nutrición vegetal, de agronomía y de fisiología vegetal, es poco accesible a la mayoría de los productores agrícolas.

Dada la importancia que está tomando la agricultura orgánica, desde hace unos años, en México se empiezan a generar experiencias que buscan incorporar las ventajas de los sistemas hidropónicos a un esquema de producción orgánica mediante la utilización de sustratos orgánicos e inorgánicos (arenas) combinados con soluciones nutritivas orgánicas.

Existen sustratos de origen orgánico (fibra de coco, vermicomposta, bagazo de caña, cascarilla de arroz, entre otras) con buenas perspectivas para su uso en la producción intensiva de jitomate con enfoque orgánico bajo condiciones de invernadero, sobre en todo en lugares donde la posibilidad de obtener los tipos de sustratos convencionales (arenas volcánicas) es difícil y por consiguiente su costo es elevado.

Las razones anteriores justifican el presente trabajo, con los siguientes:

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta tecnológica de producción orgánica que incluya el uso de sustratos y soluciones nutritivas orgánicas en la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero.

2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar física y químicamente mezclas de sustratos naturales de interés agronómico.
2. Evaluar el efecto de diferentes sustratos de origen natural en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con enfoque orgánico bajo condiciones de invernadero.
3. Evaluar el efecto de soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas (efluente de lombriz y CYTOAMIN L[®]) e inorgánicas (fertilizantes comerciales para el tratamiento testigo: hidroponía) sobre el rendimiento de jitomate en condiciones de invernadero.
4. Realizar un análisis económico de los tratamientos evaluados

II. HIPÓTESIS

Existe al menos un sustrato de origen natural que complementado con soluciones nutritivas orgánicas, aporta las cantidades necesarias de nutrientes para el desarrollo óptimo del cultivo de jitomate, siendo comparativamente igual de productivo que el cultivado en hidroponía.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Importancia del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

En México, el jitomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie que ocupa y la primera por su valor de la producción (Valadez, 1993).

El jitomate, junto con el chile bell, el pepino y la calabacita aportan más del 60 % del volumen exportado y el 65 % del valor total exportado a los Estados Unidos. En 1996 la exportación de jitomates generó 510 millones de dólares con una participación del 44.67 % del total agrícola (Schwentenius y Gómez, 1997).

4.2. Origen e historia

El jitomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) y donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Vavilov, 1951; citado por Valadez, 1993).

México esta considerado a nivel mundial como el principal centro de domesticación del jitomate. La palabra jitomate se deriva del náhuatl xic-tomatli; xictli que significa ombligo y tomatl que significa tomate (Vives, 1984; Valadez, 1993). En 1554 fue llevado a Europa, empezando a comercializarse en Estados Unidos hacia el año de 1835 (Chávez, 1980; citado por Valadez, 1993).

4.3. Clasificación taxonómica y descripción botánica

El jitomate es una planta perteneciente a la familia solanaceae, denominada científicamente *Lycopersicon esculentum* Mill.

El sistema radical de la planta está constituida por una raíz principal pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, además se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen (Rodríguez, 1997). Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 metros, presentando un crecimiento simpódico (Valadez, 1993). Está cubierto de finos vellos; unos más largos que otros. Los últimos segregan una sustancia viscosa de color verde oscuro y olor específico para el jitomate (Guenkov, 1980).

Las hojas son pinnadocompuestas, de foliolos más o menos lobulados, provistos de pelos angulosos que desprenden un olor característico muy penetrante; son más o menos ovales y acuminados. Bordes dentados, color

verde intenso en el haz y verde claro en el envés (Sobrino y Sobrino, 1989). Las hojas se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos (Rodríguez, 1997).

La planta presenta flores hermafroditas, es decir, se tienen flores bisexuales (perfectas) agrupadas en forma de racimos simples. El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente. La inflorescencia se forma a partir del sexto o séptimo nudo, y cada una o dos hojas se encuentran las flores en plantas de hábito determinado, y en las de hábito indeterminado se forman a partir del séptimo al décimo nudo y cada tres hojas (Valadez, 1993).

Las semillas son grisáceas, de forma oval, aplastadas y de 3 a 5 mm de diámetro. En un gramo hay de 300 a 350 semillas. Conservan su poder germinativo durante cuatro o más años si se les mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máximas y mínimas para la germinación 35 ° C y 10 ° C, respectivamente (Sobrino y Sobrino, 1989). El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada, o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades (Rodríguez, 1997).

4.5. Requerimientos climáticos

4.5.1. Temperatura

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta como son la transpiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento y desarrollo vegetativo y reproductivo, teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo biológico una temperatura óptima. Para el jitomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de vida son las siguientes (Rodríguez, 1997).

Temperaturas nocturnas:	15-18 ° C
Temperaturas diurnas:	24-25 ° C
Temperatura ideal en floración:	21 ° C
Temperatura ideal para desarrollo vegetativo:	22-23 ° C
Temperatura en que paraliza su desarrollo vegetativo:	12 ° C

El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 a 16 grados centígrados (mínima 10 ° y máxima de 30 ° C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 a 24 ° C, siendo la óptima de 22 ° C; a temperaturas menores de 15 ° C y mayores de 35 ° C puede detenerse su crecimiento (Valadez, 1993).

Cuando se presentan temperatura altas (mayores de 38 ° C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, hay poco amarre de fruto debido a que se destruyen los granos de polen, si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1 a 3 días después de la antesis, el embrión es destruido (después de la polinización). El

amarre de fruto también es bajo cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 a 27 ° C) antes y después de la antesis. A temperaturas menores de 10 ° C, un alto porcentaje de flores abortan, debido a la muerte del polen (Valadez, 1993).

La temperatura óptima para la maduración del fruto es de 18 a 24 ° C; si la temperatura es menor de 13 ° C, los frutos tienen una maduración muy pobre; de igual forma sucede cuando la temperatura es mayor de 32 ° C, ya que la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos. Se afirma que a temperaturas de 22 a 28 ° C se obtiene una óptima pigmentación roja (Valadez, 1993).

4.5.2. Luz y fotoperíodo

Los jitomates son exigentes en cuanto a luz; Shomosh y Angeli (1956), citados por Guenkov (1980) encontraron que para que se formen buenos frutos de maduración precoz es necesario un mínimo de luz de 5,000 luxes.

Con baja intensidad luminosa existe esterilidad del androceo, menor desarrollo del óvulo, disminuye el desarrollo embrionario, elongación del estilo en el primero y segundo racimos (Marrero, 1986). En cuanto a la duración del día, se le considera como neutra. Sin embargo, Shomosh y Angeli (1956), citados por Guenkov (1980) reporta que en caso de escasez de luz, el ciclo vegetativo puede prolongarse demasiado.

Guenkov (1980), considera que para el desarrollo normal de los jitomates hace falta generalmente un día de 11-12 horas, en días más largos las plantas empiezan a fructificar más temprano.

4.5.3. Humedad

La humedad edáfica 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 %, y suelos no anegados (Rodríguez, 1997).

La humedad óptima del suelo es del 60-80% de la capacidad de campo. La variación de la humedad del suelo, por otra parte, es causa del rajado de los frutos. Por esto, después de formarse los frutos, y sobre todo después de empezar a madurar, las plantas deben ser regadas regularmente (Guenkov, 1980).

En cuanto a la humedad relativa, Resh (1993) menciona que las investigaciones han demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, cuajado de fruto y posterior desarrollo de este. Una humedad más elevada guarda el polen húmedo y pegadizo, con excepción del mediodía, y disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente cantidad de polen desde las anteras al estigma. Un ambiente demasiado seco (humedad relativa inferior al 60-65%) causa de la desecación del polen.

4.6. Requisitos edáficos y nutricionales

4.6.1. Suelos

Respecto a lo suelos, el jitomate no es una planta especialmente exigente, creciendo en las más variadas condiciones y, aunque prefiere los suelos profundos y con buen drenaje, su sistema radical poco profundo le permite adaptarse a los suelos pobres y de poca profundidad con tal de que tenga asegurado un buen drenaje (Rodríguez, 1997).

El pH ideal es el más próximo a la neutralidad, sin embargo la mayor parte de los autores reportan un pH de 6.5; el porcentaje de materia orgánica que se cree suficiente para el cultivo del jitomate es de 1.5 a 2 % (Rodríguez, 1997).

Richards (1954) citado por Valadez (1993), menciona que el jitomate en lo referente a la salinidad está clasificado como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm o 10 mmhos.

4.6.2. Nutrición

El suministro y absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo es definido como nutrición y los compuestos químicos requeridos por un organismo pueden denominarse como nutrimentos. Los mecanismos por los cuales los nutrimentos son convertidos a material celular o utilizados para propósitos energéticos, son los procesos metabólicos.

El término metabolismo involucra diversas reacciones presentes en la célula para mantenerse viva y en crecimiento. Por lo tanto, la nutrición y el metabolismo están estrechamente interrelacionados (Mengel y Kirby, 1982).

Al igual que otras plantas, el jitomate requiere de al menos 16 nutrientes, conocidos como elementos esenciales, para el crecimiento normal y reproducción. La lista incluye carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (nutrientes mayores o macronutrientes), junto con hierro, zinc, boro, cobre, manganeso, cloro y últimamente, se incluye al níquel que no figuraba (Salisbury y Ross, 1994). La forma de absorción por la raíz puede ser como iones o cationes.

Cuadro1. Forma de absorción por la raíz de los elementos esenciales

ELEMENTOS MAYORES	FORMA DE ABSORCION	ELEMENTOS MENORES	FORMA DE ABSORCION
C	CO ₂	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
H	H ⁺ , HOH	Mn	Mn ²⁺
O	O ₂ , OH ⁻ , CO ₃ ⁼ , SO ₄ ⁼ , CO ₂	Zn	Zn ²⁺
N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Cu	Cu ²⁺
P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁼	Mo	MoO ₄ ⁼
K	K ⁺	Cl	Cl ⁻
Ca	Ca ²⁺	B	BO ₃ ⁼
S	SO ₄ ⁼		
Mg	Mg ⁺²		

Fuente: Archer, (1988); Benton *et al.*, (1991); Tamhane *et al.*, (1992).

De acuerdo con Arnon y Stout (1939), citados por Sánchez y Escalante (1989) para que un nutrimento se considere como esencial para las plantas debe cumplir con tres requisitos:

- Las plantas deben ser incapaces de completar su ciclo de vida en ausencia del elemento mineral.
- Las funciones del elemento no podrán ser sustituidas por otro elemento.
- El elemento debe estar directamente involucrado en el metabolismo de las plantas.

Se puede observar que la planta de jitomate es exigente en potasio en comparación a otros minerales.

Cuadro 2. La composición química en 100 gramos de fruto de jitomate

Componente químico	Cantidad	Elementos químicos	Cantidad	Vitaminas	Cantidad
Agua	94 %			Vitamina A	1,113 IU*
Energía	19 Kcal	Calcio	7 mg	Tiamina	0.06 mg
Proteína	0.9 g	Fósforo	23 mg	Riboflavina	0.05 mg
Grasa	0.2 g	Hierro	0.5 mg	Niacina	0.6 mg
Carbohidratos	4.3 g	Sodio	13 mg	Ácido ascórbico	17.6 mg
Fibra	0.5 g	Potasio	204 mg	Vitamina B12	0.05 mg

Fuente: USDA, Agricultural Handbook, 8-11, 1984; citado por Castaños, 1993.

* Una Unidad Internacional (U.I.) de Vitamina A es equivalente a 0.3 mg de vitamina A en alcohol.

La extracción de nutrientes puede variar según la etapa de desarrollo de la planta; el rendimiento que se busca y las técnicas de cultivo. El 73 % de los elementos nutritivos extraídos se localizan en los frutos, el 27 % restante en las hojas y los tallos (Valadez, 1993).

Cuadro 3. Extracción nutrimental del suelo en kg ha^{-1} por el cultivo de jitomate

Parte de la planta	Rendimiento Promedio (Ton/ha)	N	P	K	Ca	Mg
a) Frutos	22.4	67.2	22.4	95.2	----	----
a) Hojas y tallos	2.6	44.8	22.4	128.8	----	----
b) Frutos	33.6	104.1	26.8	145.6	8.9	11.2
b) Hojas y tallos	4.0	76.1	30.2	185.9	203.8	31.3
c) Frutos	27.5	47.0	6.7	69.4	5.6	7.8
c) Hojas y tallos	6.9	30.2	3.3	33.6	50.4	13.4

Fuente: a) National Canner's Assoc., Washington; b) J. B. Hester y F.A. Sheldon, y c) R. L. Carolus, 1980; citados por Valadez, 1993.

4.7. Función, síntomas de deficiencia y toxicidad de los principales elementos nutritivos en plantas de jitomate

a). Nitrógeno (N)

a.1). Función

El nitrógeno orgánico generalmente constituye del 1.5 al 5 % de la materia seca de cultivos vegetales sanos. Forma parte esencial de las moléculas de proteínas, de las cuales constituye en promedio, el 17 % de su peso total. Es también un constituyente primario de los ácidos nucleicos y de varios otros compuestos importantes en el metabolismo, como la clorofila y otros pigmentos, las amidas, las hormonas y los alcaloides. Dentro de cierto rango y en ausencia de factores limitantes hay una relación directa entre la cantidad de nitrógeno en las hojas con la cantidad de clorofila y con la tasa de fotosíntesis, y también entre contenido de nitrógeno y tasa de crecimiento vegetativo (Sánchez, 2004). Es responsable del color verde oscuro de las plantas, promueve el desarrollo de hojas y tallos, produce un desarrollo rápido en las fases iniciales de crecimiento (Castaños, 2000). Este elemento es absorbido como ión nitrato (NO_3^-) o ión amonio (NH_4^+), la forma nítrica es la de mayor movilidad y fácil absorción por parte de la planta (Mengel y Kirkby, 1982).

El nitrógeno puede absorberse y ser metabolizado por las plantas tanto en forma de nitratos (NO_3^-) como de amonio (NH_4^+). La diferencia más importante entre su absorción es la sensibilidad al pH; la absorción de NH_4^+ se da mucho

mejor en un medio neutro y decrece cuando el pH disminuye, mientras que sucede lo inverso con la absorción de NO_3^- , pues a pH bajos su absorción es mayor (Mengel y Kirkby, 1982).

Dentro de la planta, el nitrato (que es la forma en que el N es absorbido) es primero reducido, por las enzimas nitrato reductasa y nitrito reductasa, a amonio; posteriormente, otras enzimas convierten el amonio en moléculas orgánicas, simples solubles, aminoácidos, amidas y aminas. Por lo tanto, el papel fundamental del N, es su participación en las estructuras proteicas (17%), así como en las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas (Devlin, 1980; Sánchez y Escalante, 1989; Archer, 1988; Sánchez, 2004).

Las purinas y las pirimidinas, son componentes esenciales de los ácidos nucleicos (RNA y DNA), indispensables para la síntesis de proteína. El anillo de la porfirina se encuentra en compuestos tan importantes desde el punto de vista metabólico como las clorofilas y las enzimas del grupo de los citocromos, esenciales para la fotosíntesis y la respiración. Otros compuestos que contienen N son las vitaminas (Devlin, 1980).

Cuando el suministro de N en el medio radicular es inadecuado, el N de las hojas más viejas se moviliza hacia los órganos más jóvenes de la planta, por lo que los síntomas de deficiencia primero se manifiestan en las hojas inferiores, en las cuales la proteína se hidroliza (proteolisis) y los aminoácidos resultantes se redistribuyen en las hojas jóvenes y ápices. La proteolisis colapsa los

cloroplastos, con lo cual disminuye el contenido de clorofila que conduce al amarillamiento o clorosis de las hojas viejas (Mengel y Kirkby, 1982; Archer, 1988). Es por ello, que se requiere de grandes cantidades en relación con todos los procesos metabólicos en las plantas y una deficiencia es fácilmente apreciable, al no presentarse crecimiento o desarrollo normal (Wallace, 1961).

a.2). Síntomas de deficiencia

Los síntomas de deficiencia se observan primero en las hojas más viejas; la razón es que el nitrógeno orgánica tiene una gran movilidad dentro de la planta, lo que le permite transferirse dentro de las plantas, de las partes más viejas a las más nuevas (Sánchez, 2004). Los síntomas más característicos son: clorosis generalizada de la planta, comenzando el amarillamiento en las hojas viejas, la clorosis avanza del ápice de las hojas hacia la base, a lo largo del nervio central. En casos graves la planta se marchita y muere (Domínguez, 1990). El rendimiento del cultivo baja incluso antes de la manifestación de la sintomatología además de un debilitamiento de la planta, menor crecimiento, caída de hojas y dormancia e incluso muerte de las yemas jóvenes, las hojas se ven pequeñas y raquílicas y en general se dirigen tensas hacia arriba, las nervaduras destacan marcadamente. Cuando hay deficiencia de nitrógeno se almacenan azúcares o almidones en los tejidos de la planta, lo que conlleva a una fuerte deposición de celulosa y lignina en las paredes celulares dando lugar al endurecimiento de la planta que se torna quebradiza (Rodríguez, 1982). El tallo, los pecíolos y las superficies de las hojas de tomate pueden volverse

púrpuras sobretodo en las nervaduras y pueden producir frutos pequeños (Sánchez y Escalante, 1989).

La deficiencia de N es caracterizada, en general, por un amarillamiento de las hojas más viejas (Archer, 1988). Este amarillamiento se debe a la disminución en el contenido de clorofila (Devlin, 1980). Las deficiencias se pueden corregir con aplicaciones foliares de urea al 0.25-0.5 %; o añadir nitrato de calcio o potásico a la solución de nutrientes (Resh, 1997).

a.3). Síntomas de toxicidad

En el caso del jitomate y para la mayoría de las plantas toman un color verde oscuro, con follaje abundante pero con un sistema de raíces muy reducido (Resh, 1997). Las plantas retardan la floración y producción de semillas, además si la planta absorbe N en exceso y no produce suficientes carbohidratos, las plantas se tornan suaves y succulentas, alargamiento de entrenudos, las plantas son muy frondosas, susceptible al daño mecánico, a enfermedades y heladas, por tanto es necesario mantener una relación balanceada de N y Carbohidratos (Rodríguez, 1982; Sánchez y Escalante, 1989, Sánchez, 2004). Si el amonio fuera la única forma de suministro de N, un exceso podría provocar daño a los tejidos vasculares disminuyendo la absorción de agua (Benton *et al.*, 1991).

b). Fósforo (P)

b.1). Función

La función del fósforo como constituyente de estructuras macromoleculares es más prominente en ácidos nucleicos, fosfolípidos, coenzimas (NAD y NADP) y lo que es más importante, compuestos básicos en la transferencia de energía; ATP, ADP (Devlin, 1980; Benton *et al.*, 1991; Resh, 1997, Sánchez, 2004).

En los tejidos meristemáticos de la planta se encuentran fuertes concentraciones de P, que intervienen allí en la síntesis de nucleoproteínas. Además de las proteínas, los fosfolípidos son importantes constituyentes de las membranas celulares. Las coenzimas NAD y NADP son importantes en las reacciones de oxido-reducción en donde tiene lugar la transferencia de electrones. Procesos metabólicos como la fotosíntesis, glicólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos, dependen de la acción de estas enzimas (Devlin, 1980).

El P se constituye entre un 0.15 % y un 1% del peso seco para la mayoría de las especies (Benton *et al.*, 1991), siendo más abundante en las semillas, frutas y tejidos meristemáticos (Sánchez y Escalante, 1989). Una buena parte del P que se encuentra en la planta es soluble en el agua y es relativamente móvil, ejerce un efecto amortiguador en el jugo celular, entre otras cuestiones. Al respecto, Rauther y Smith (1952), citados por Murphy (1983) han observado

que el P reduce la toxicidad del cobre e incrementa el crecimiento de plantas a niveles excesivos de Cu.

En el caso del tomate indeterminado es importante su aportación durante todo el cultivo ya que esta floreciendo continuamente. Por otro lado está comprobado que el movimiento del fósforo en el bulbo de riego es limitado, llegándose a mover en el perfil del suelo o sustrato alrededor de 25 cm de profundidad y 15 cm a los lados del gotero (Domínguez, 1993; citado por Berrios, 2003).

b.2). Síntomas de deficiencia

Las plantas que sufren deficiencias de fósforo exhiben un crecimiento retardado, y a menudo se observa una coloración rojiza en las nervaduras del envés o en todo el envés de las hojas por un incremento en la formación de antocianina (Sánchez, 2004). Los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas más viejas en donde prevalece un color verde oscuro (Mengel y Kirkby, 1982). Hecht-Bucholz (1983), hace énfasis en que la deficiencia de fósforo se caracteriza por la coloración púrpura en las hojas principalmente, lo cual se debe a la presencia de antocianinas en la savia celular. La deficiencia de fósforo en plantas de jitomate provoca además tintes púrpuras, enanismo, tallos delgados y folíolos enrollados hacia abajo (Wallace 1961; Rodríguez, 1982; Domínguez, 1990; Resh, 1997, Sánchez, 2004).

El desarrollo radical se ve frenado, la fructificación se reduce en cantidad y tamaño. En casos agudos, las hojas más viejas tienden a caer y el margen de las hojas que permanecen se tornan de color café-castaño. En algunos cultivos se ha demostrado que la deficiencia de P provoca una acumulación de glúcidos (Devlin, 1980; Sánchez y Escalante, 1989). En algunos casos puede confundirse la deficiencia de P con Zinc. La deficiencia de fósforo en las plantas provoca una mayor acumulación de amonio en los tejidos vegetales y con ello mayor liberación de etileno, que en las plantas que reciben una nutrición completa (Feng y Baker, 1992).

b.3). Síntomas de toxicidad

Los síntomas no se presentan de manera repentina. En primera instancia se puede observar además de un crecimiento vigoroso, una coloración verde muy oscura en las hojas y una elevada formación de flores y frutos. Se puede dificultar posteriormente la absorción de N, presentándose síntomas de deficiencia del mismo. El exceso de P puede provocar precipitación y posteriormente deficiencia de Fe y otros elementos menores como Mn, Cu y Zn, aunque el análisis foliar puede indicar suficiente contenido en las hojas de micronutrientes (Benton *et al.*, 1991; Sánchez, 2004).

c). Potasio (K)

c.1). Función

El papel fundamental del K es regular el contenido de agua manteniendo la turgencia y expansión celular. El K controla el nivel de la transpiración

dependiendo del nivel en que se presente en las células guarda, lo que controla a su vez, la apertura estomática de las hojas (Archer, 1988; Tamhane *et al.*, 1992). El proceso de traslocación de fotosintatos en la planta depende del contenido de K en las células; éste incrementa la eficiencia de la hoja para elaborar azúcares y almidón, es un activador de muchas enzimas que activan los aminoácidos implicados en el metabolismo de los carbohidratos y del ácido nucléico, impulsa la división celular en tejidos meristemáticos por ser móvil (Tamhane *et al.*, 1992).

En las plantas el K^+ constituye el elemento mineral más abundante y el quinto elemento superado en cantidad por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. En la mayoría de las vías metabólicas se encuentran uno o más sistemas enzimáticos que son activados por el potasio, entre las que se incluyen: vía glicolítica, síntesis de almidón, fosforilación oxidativa, fotofosforilación, respiración, metabolismo del núcleo y síntesis proteica (Wilson, 1971).

El potasio se absorbe en altas proporciones por los tejidos vegetales, lo que está en función de su capacidad de transporte en contra del gradiente electromagnético de la célula vegetal, además ejerce acción sobre el turgor celular de acuerdo a la concentración interna, con lo cual regula la transpiración del agua en la planta. El K^+ es muy móvil en la planta, principalmente en dirección de los tejidos meristemáticos a partir de los órganos viejos (Mengel y Kirkby, 1982).

A diferencia de los otros nutrientes mayores, el potasio no forma parte de los constituyentes importantes de las plantas tales como proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos (Castaños, 2000). Es el responsable de la turgencia de los tejidos y hojas, es decir, es el regulador de la presión osmótica dentro de las células, así como la apertura y cierre de los estomas (Domínguez, 1990), participa en el transporte del Cl^- , H^+ , Ca^{2+} y es absorbido por la planta como ión K^+ ; este elemento se encuentra a una concentración alrededor del 1 % en la mayoría de las plantas (Evans y Soger, 1966; citados por Salisbury y Ross, 1994). Promueve mayor vigor y resistencia a enfermedades, es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares (Rodríguez, 1982). Además actúa como coenzima o activador de muchas enzimas. La síntesis de las proteínas requiere altos niveles de potasio (Resh, 1997). El tomate es una de las especies más exigentes en este elemento, necesítándolo en cantidades considerables durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo, sobretudo para mejorar la calidad de los frutos; como dureza, color, vida poscosecha y sabor, el cual está directamente influido por el contenido de potasio en la solución.

c.2). Síntomas de deficiencia

El K está presente en una proporción del 1.00 al 5.00 % del peso seco, de tejidos de hojas. Los primeros síntomas de deficiencia se presentan por un amarillamiento y luego el quemado de las hojas de los márgenes al centro, empezando de las más viejas a las más jóvenes (por su movilidad). Se puede producir en algunos casos el enrollamiento hacia arriba (Wallace, 1961; Devlin

et al., 1980; Mengel y Kirkby, 1982; Archer, 1988; Sánchez y Escalante, 1989). Generalmente hay menos flores y los frutos son de cáscara dura y ácidos. La deficiencia de potasio influye sobre la estructura celular, provocando que en el tejido deficiente sus células se colapsen, provocando agrandamiento de las células del tejido adyacente y la agregación de células muertas formando capas oscuras (Hecht-Bucchholz, 1983). Las plantas son más susceptibles a plagas y enfermedades (Sánchez y Escalante, 1989; Tamhane *et al.*, 1992).

En caso de una deficiencia extrema, además de una posible caída de hojas se puede propiciar una deficiencia de calcio o una toxicidad de cloro (Sánchez y Escalante, 1989) o de amonio (Tamhane *et al.*, 1992).

En frutos carnosos como el jitomate se presentan desórdenes como la madurez no uniforme o “blotchy ripening” y el hombro verde. Uno de los factores que llevan a producir esta anomalía es una deficiencia de este elemento o bien un exceso de N frente a bajos niveles de K, la fuente más rápida de potasio para ser absorbido por la planta es el nitrato de potasio seguido del cloruro por último el sulfato (Berrios, 2003, Sánchez, 2004).

Los problemas de deficiencia se pueden aminorar con aplicaciones de sulfato de potasio del 1 al 2 % (10 a 20 kg de sulfato de potasio por cada 1000 litros de agua (Sánchez, 2004).

c.3). Síntomas de toxicidad

Normalmente no existen problemas de toxicidad como tal, pero se puede observar plantas con entrenudos largos y hojas de color verde pálido. Más tarde se frena el crecimiento y aparecen manchas cafés en las hojas. El exceso de K puede dar lugar a síntomas de ligera deficiencia de Mg, N y Ca, y posiblemente a Mn, Zn y Fe (Resh, 1997), los efectos tóxicos se pueden aminorar añadiendo Ca a la solución (Sánchez y Escalante, 1989; Benton *et al.*, 1991, Sánchez, 2004).

d). Calcio (Ca)

d.1). Función

Es uno de los elementos esenciales más importantes para mantener la integridad celular y la permeabilidad de las membranas (Benton *et al.*, 1991). Un papel bien conocido desempeñado por el Ca es su participación en las paredes celulares en forma de pectato cálcico. La lámina media de la pared celular está formada básicamente de pectatos de Ca y Mg. El Ca es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas (Devlin, 1980).

El Ca permite el desarrollo del polen así como su germinación; es un activador de un gran número de para la mitosis y elongación celular; actúa como activador de enzimas como la quinasa de la adenina y la asparasa; puede ser

importante para la síntesis de proteínas y transferencia de carbohidratos, y su presencia puede servir para desintoxicar de los metales pesados a las plantas (Devlin, 1980, Benton *et al.*, 1991). También contribuye a la neutralización de los ácidos orgánicos en los tejidos vegetales (Sánchez y Escalante, 1989). El contenido de calcio en las plantas varía entre 0.1 y 5 % del peso seco (Sánchez, 2004).

d.2). Síntomas de deficiencia

El contenido de Ca en la planta fluctúa en un rango de 0.20 a 3.00% con nivel aceptable de 0.3 a 1.00 % del peso seco (Benton *et al.*, 1991). En el caso de los tomates las hojas superiores presentan amarilleo de los bordes; el envés se vuelve pardo oscuro; las hojas en formación permanecen finas, deformes y sus bordes se curvan hacia arriba. En estados de mayor carencia los ápices y bordes se blanquean y los pecíolos se rizan y mueren y las yemas vegetativas también mueren. Finalmente en las hojas viejas se presentan puntos cloróticos y necróticos. Así como podredumbre de la yema floral. En los frutos desarrollados se presenta en el extremo distal un área necrótica y corchosa (Wallace, 1961), los tejidos afectados se vuelven blandos debido a la disolución de las paredes celulares, se presenta acumulación de sustancias en los espacios intracelulares y en los tejidos vasculares, en donde afecta el mecanismo de transporte (Mengel y Kirkby, 1982; Hecht-Bucchholz, 1983). Las correcciones de carencia de este elemento puede ser a base de aplicaciones

foliares al 0.75-1.0 por 100 de nitrato de calcio, o una aspersión al 0.4 por 100 de cloruro de calcio, o bien, añadir nitrato de calcio a la solución (Resh, 1997).

d.3). Síntomas de toxicidad

El Ca generalmente no ejerce efectos tóxicos directamente, pero puede causar una disminución del Fe, Mg, K, Mn, B y Zn aprovechables, por lo que pueden aparecer síntomas de deficiencia en algunos de estos elementos, normalmente suelen estar asociados con excesos de carbonatos (Resh, 1997). Puede también ocurrir una acumulación de cloruros que ocasionan toxicidad (Sánchez y Escalante, 1989, Sánchez, 2004).

e). Magnesio (Mg)

e.1). Función

En tejidos vegetales una alta proporción de magnesio (Mg) total, cerca del 70%, está difundido y asociado con aniones de ácidos orgánicos e inorgánicos, tales como malato y citrato. La función más conocida del Mg^{2+} , es el papel que desempeña en la molécula de clorofila, que representa del 15 al 20 % del Mg total contenido en la planta. La función principal del Mg^{2+} , es la de ser cofactor en casi todas las actividades enzimáticas de los procesos de fosforilación. Las formas de Mg son la unión entre la estructura pirofosfatada de ATP o ADP y la molécula enzimática. Otra reacción clave en la que participa el Mg, es la activación de la ribulosa bifosfato carboxilasa que favorece a la asimilación de

CO₂ y producción de azúcares y almidón. El Mg tiene relación con la síntesis de proteínas (Mengel y Kirkby, 1982). Como tal, el Mg es decisivo en las reacciones de metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosoma (Bidwell, 1979). Al mismo tiempo, Sívori *et al.* (1986), señalan que la función del Mg más importante es que forma parte de la molécula de clorofila y en su ausencia se desarrolla clorosis entre las nervaduras por falta de clorofila.

e.2). Síntomas de deficiencia

El contenido de Mg en los tejidos de las plantas fluctúa entre 0.15 a 1.00 % del peso seco con un promedio aceptable del 0.25% (Benton *et al.*, 1991). Debido a la movilidad del Mg dentro de la planta, los primeros síntomas de deficiencia se observan en las hojas viejas, y consisten de un moteado amarillento entre las nervaduras, mientras los bordes y nervaduras permanecen verdes (Sánchez, 2004).

La deficiencia de magnesio presenta los mismos síntomas en los folíolos con clorosis intervenal central y bandas marginales verdes. Las hojas cloróticas también presentan zonas necróticas y los frutos muestran verdeo permanente (Wallace, 1961). La clorosis suele ir seguida por la aparición en las hojas de los pigmentos antociánicos. En una fase más avanzada, la clorosis se torna en manchas necróticas (Devlin, 1980). Ocasionalmente las hojas se enrollan del envés hacia el haz (Sánchez y Escalante, 1989, Sánchez, 2004). Las

correcciones para este elemento se puede aplicar una solución vía foliar de sulfato de magnesio al 2 % cuando es volumen bajo y 10 % cuando es de alto volumen (Resh, 1992).

e.3). Síntomas de toxicidad

Al igual que el calcio, el magnesio en exceso no produce efectos tóxicos directos pero puede ocasionar disminuciones en la absorción de otros cationes (Sánchez, 2004). No existen síntomas específicos de toxicidad, solo que con contenidos mayores del 10 % en los tejidos pueden ocurrir deficiencias de Ca ó K (Benton *et al.*, 1991).

Sin embargo, cuando hay un buen balance de estos tres elementos, el exceso de Mg puede reducir el crecimiento (Benton *et al.*, 1991), hay un menor rendimiento de flores, un color verde oscuro de las hojas y menor tamaño de las mismas, a veces con enrollamiento del envés hacia el haz en hojas jóvenes (Sánchez y Escalante, 1989).

Marshner (1986; citado por Sánchez, 2004) indica que el exceso de Mg se almacena en las vacuolas elevando la calidad nutricional de las plantas, y que hay cierta preocupación a escala mundial por una tendencia hacia la disminución del contenido de magnesio en las plantas cultivadas, ya que una absorción insuficiente de este catión en la dieta humana puede conducir a un síndrome de deficiencia muy perjudicial en la salud.

f). Azufre (S)

f.1). Función

Forma parte de los aminoácidos, cistina, cisteína y metionina y es un importante constituyente de proteínas, así como de algunos compuestos de actividad biológica como el glutatión, la biotina, la tiamina y la coenzima A. Al parecer está relacionado con la síntesis de la clorofila, aunque no es constituyente de la sustancia (Wallace, 1961; Evans y Soger, 1966 citado por Salisbury y Ross, 1994).

Un grupo importante de compuestos que contienen azufre son las ferredoxinas, la coenzima A y vitaminas como la biotina y tiamina. Durante la senescencia las proteínas se hidrolizan y los aminoácidos que contienen se oxidan a sulfatos, a diferencia del nitrógeno inorgánico, el cual no se oxida a NO_3^- en las plantas (Mengel y Kirkby, 1982).

f.2). Síntomas de deficiencia

La deficiencia de azufre es muy difícil de observar, ya que, además de ser un elemento abundante en la mayoría de los suelos, muchos de los fertilizantes usados para abastecer otro nutrimento lo contiene en cantidades suficientes. La inhibición de la síntesis de proteínas durante la deficiencia de azufre conduce a una clorosis generalizada, como sucede con la deficiencia de nitrógeno, pero por tratarse de un elemento poco móvil empieza en las hojas jóvenes (Sánchez,

2004). La deficiencia de azufre muestra algunas características de la deficiencia de N, tal como la reducción del contenido de clorofila (clorosis), incremento de compuestos nitrogenados, de almidón y de la sucrosa, pero disminuyen las cantidades de azúcares reductores. La diferencia en la deficiencia de S, respecto a la de N es que, las proteínas que contienen S de las hojas viejas no son móviles, por lo que la deficiencia se observa en los tejidos jóvenes, mientras que la de N es más evidente en las partes más viejas (Wallace, 1961; Bidwell, 1979).

No suele encontrarse a menudo. El contenido normal de S en los tejidos de la planta fluctúa de 0.15 a 0.50 % del peso seco. Los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en la parte superior de la planta. Inicialmente, las nervaduras de las hojas nuevas se tornan amarillas, mientras que el resto de las hojas permanece verde (Sánchez y Escalante, 1989; Benton *et al.*, 1991).

Los tallos, nervios, pecíolos de las hojas viejas presentan un color púrpura. En las hojas jóvenes presentan necrosis en los vértices y brotes y pequeños puntos púrpuras entre los nervios (Resh, 1997).

Se le considera un elemento móvil que favorece un buen crecimiento radical, un mayor suministro de clorofila y un aumento en la nodulación en leguminosas. Una deficiencia de S hace que baje la tasa de reducción de nitrato e inhibe la oxidación de azúcares dentro de la planta (Sánchez y Escalante, 1989). El S está presente en glucosidos (Tioles y aceites) que dan las características de

olor y sabor en especies como las crucíferas y las liliáceas. El S reduce la incidencia de enfermedades (Benton *et al.*, 1991).

f.3). Síntomas de toxicidad

Debido a que las plantas soportan muy altas concentraciones de azufre, la toxicidad como tal no se presenta, más bien el daño que se puede observar es el de una alta concentración de sales en general (Sánchez y Escalante, 1989, Sánchez, 2004). Benton *et al.*, (1991) señalan que sólo se observa senescencia prematura de hojas.

g). Fierro (Fe)

g.1). Función

De acuerdo con Evans y Soger (1966; citados por Salisbury y Ross, 1994) y Loué (1988) el papel fisiológico del Fe es muy amplio. Sus principales funciones se relacionan o conciernen a la respiración, la síntesis de la clorofila y la fotosíntesis, así como la fijación del N atmosférico; es parte esencial del citocromo, el cual actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración; forma parte esencial de la ferridoxina y, posiblemente, de la nitrato reductasa, activando también algunas otras enzimas (Resh, 1997). Generalmente se absorbe en su forma reducida (Fe^{++}) que en su forma oxidada (Fe^{+++}), debe ser reducido en la superficie o en el apoplasto de la raíz antes de que pueda ser absorbido dentro del citoplasma (Sánchez, 2004).

g.2). Síntomas de deficiencia

El Fe no se mueve fácilmente entre los diferentes órganos de la planta, por lo que, los que carecen de este elemento inician con clorosis en las partes jóvenes, mientras que los tejidos viejos permanecen verdes (Mengel y Kirkby, 1982). La deficiencia severa produce una coloración de amarillenta a blancuzca brillante, para finalizar con necrosis (Ludwick, 1994). La clorosis se produce por la desorganización de la estructura de los cloroplastos en los tejidos foliares, en donde la ausencia de hierro inhibe la formación de pilas de granas y la desintegración de las existentes (Hecht-Bucchholz, 1983). El síntoma más típico, es la clorosis clásica entre las nervaduras de las hojas. Las nervaduras permanecen verdes y se destacan claramente en relación al tejido verde pálido o amarillento. Podría confundirse con deficiencia por Mg, Mn y Zn. La deficiencia de este elemento se ha registrado tanto en suelos ácidos como en alcalinos, en particular en suelos calcáreos (Murphy, 1983; Clark, 1987).

En soluciones nutritivas hidropónicas la deficiencia se puede presentar principalmente por la elevación del pH (que provoca su precipitación con fosfatos) o por elevadas concentraciones de manganeso, elemento con el que presenta reacciones de antagonismo (Sánchez, 2004). En los suelos alcalinos la presencia de bicarbonatos conduce a una deficiencia de este elemento en tanto que en suelos ácidos el aluminio soluble es más abundante y restringe la absorción del hierro (Salisbury y Ross, 1994).

Las correcciones son a base de aplicaciones foliares con quelato férrico (Fe=EDTA) del 0.02 al 0.55 % cada tres o cuatro días. Añadir quelato férrico a la solución nutritiva (Resh, 1997).

g.3). Síntomas de toxicidad

Con excepción de suelos inundados (con deficiencia de oxígeno), es difícil observar efectos de toxicidad de hierro; por el antagonismo entre Fe^{++} y Mn^{++} lo más común es que un exceso de hierro se manifieste como una deficiencia de manganeso (Sánchez, 2004). La rápida conversión del Fe a compuestos insolubles no disponibles sugiere que existe poca posibilidad de problemas de toxicidad por este elemento. Algunos suelos contienen Fe con un exceso del 5 % sin que ocurran problemas de toxicidad aparente (Rauther y Smith, 1952; citados por Murphy, 1983; Loué, 1988).

h). Manganeso (Mn)

h.1). Función

Entre las funciones del Mn están, las de ser un activador de complejos enzimáticos de diferentes procesos metabólicos; actuar en los procesos de oxido-reducción en el sistema fotosintético de transporte de electrones e intervenir en la formación de aminoácidos y como catalizador (Jensen y Salisbury, 1988). Participa en procesos enzimáticos (Domínguez, 1990), en la síntesis de los ácidos grasos así como en la activación de la enzima

responsable de la formación del ADN y ARN, activando también la enzima deshidrogenasa del ciclo de Kreps. Participa directamente en la producción fotosintética de O_2 a partir del H_2O (reacción de Hill), y puede formar parte en la formación de la clorofila (Mengel y Kirkby, 1982, citado por Loué, 1988; Resh, 1997; Sánchez, 2004).

La forma divalente del manganeso (Mn) es la más importante para la nutrición vegetal. Bajo condiciones de pH alto, la disponibilidad de Mn^{2+} llega a ser inadecuada a la demanda de la planta, por lo que con la combinación con fertilizantes ácidos es beneficioso para incrementar su tasa de absorción, aunque ésta es más baja que otros tipos de cationes divalentes como Ca^{2+} y Mg^{2+} (Mengel y Kirkby, 1982). La deficiencia de Mn en plantas es más claramente identificada en el fotosistema II de la fotosíntesis. La evidencia es que la reacción de Hill es específicamente inactivada por deficiencia de Mn y que el contenido de Mn en los cloroplastos es disminuido en forma dramática (Anderson y Pyliotis, 1969; citados por Price et al., 1983; Loué, 1988). Cuando el Mn es deficiente, la estructura del cloroplasto se altera. Esta forma de Mn ligada con los cloroplastos, parece presentar una fotooxidación de Mn^{2+} a Mn^{3+} (Loué, 1988).

h.2). Síntomas de deficiencia

Los síntomas de deficiencia del Mn, son similares a los de Mg, en ambos casos se produce clorosis intervenal en las hojas, pero en Mn los síntomas de

deficiencia son más visibles primero en las hojas jóvenes y se desarrollan pequeñas manchas amarillas, mientras que en Mg primero se afectan las hojas viejas (Mengel y Kirkby, 1982). La deficiencia de Mn parece provocar la desintegración de la lámina intergranal, restando con ello resistencia a los grana (Hecht-Buccholtz, 1983). Los síntomas en el caso de las dicotiledóneas se caracterizan frecuentemente por la presencia de puntos amarillos sobre las hojas. En esta fase, la deficiencia de Mn, es muy diferente de la clorosis por Fe, donde las hojas son amarillas excepto la nervadura. En fases avanzadas, únicamente las nervaduras y las zonas adyacentes se mantienen verdes. Para corregir deficiencias de este elemento hacer aplicación foliar con sulfato de manganeso al 0.1 %, con alto volumen, o al 1.0 % con bajo volumen; o bien, aplicar dicha fuente a la solución de nutrientes (Resh, 1997).

h.3). Síntomas de toxicidad

Los síntomas de toxicidad se caracterizan por desarrollarse manchas castañas o negruscas bastante regulares distribuidas a lo largo de los tallos, pecíolos y nervaduras principales, que son precipitados de óxidos de Mn, principalmente en las hojas más viejas y una distribución irregular de la clorofila (Bussler, 1958; citado por Mengel y Kirkby, 1982; Resh, 1997, Sánchez, 2004). La toxicidad de Mn sólo se ha observado en suelos fuertemente ácidos o inundados. Normalmente concentraciones tóxicas de Mn no se encuentran a valores de pH superiores de 6.5, a menos que el suelo de manera natural existan grandes cantidades de Mn (Murphy, 1983; Loué, 1988).

i). Zinc (Zn)

i.1). Función

Las funciones del Zn, en algunos sistemas enzimáticos son semejantes a las del Mg^{2+} y Mn^{2+} , en donde sirve de enlace entre el substrato y las enzimas; el Zn está bastante involucrado en el metabolismo del N en la planta, principalmente con la síntesis de ARN y el contenido de ribosomas en las células, además que el Zn se requiere para la síntesis del triptofano (Mengel y Kirkby, 1982). Es preciso para la formación de la hormona ácido indolacético. Activa las enzimas alcohol deshidrogenasas, ácido glutámico deshidrogenasa y carbopeptidasa (Resh, 1997). El contenido en la planta es de alrededor de 100 ppm, su absorción es en forma de ión Zn^{2+} (Domínguez, 1990).

El Zn muestra una gran afinidad por el P, que juega un papel predominante en la síntesis de ARN. En las plantas deficientes en Zn, se ha observado una actividad creciente de la ribonucleasa y una acumulación de nitratos, lo que indica que el Zn está también empleado en la reducción de los nitratos y en la síntesis de aminoácidos. Una de las funciones más importantes del Zn es su efecto sobre la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis del triptofano. El triptofano es un precursor del ácido indol-acético (auxina) y la formación de esta substancia del crecimiento está indirectamente influenciada por el Zn (Loué, 1988).

Los síntomas de deficiencia del zinc en las plantas inicia con clorosis intervenal en las hojas, presentando un verde pálido amarillento con tendencia a casi blanco; se forman rosetas con distribución irregular de excesivas hojas pequeñas en los extremos de los brotes jóvenes, causado por un acortamiento de los entrenudos y posteriormente mueren, con una prematura caída de hojas. Manchas amarillas y necróticas en las hojas. En casos de deficiencia extrema no se forman semillas y los tallos contienen ninguna o pocas auxinas, en donde el crecimiento se puede inhibir totalmente (Rodríguez, 1982). En los tomates las hojas viejas y terminales son más pequeñas de lo normal; los pecíolos se ven rizados hacia abajo, hojas completamente enrolladas en casos severos, necrosis rápida, marchitez de la totalidad del follaje (Resh, 1997; Sánchez, 2004). La deficiencia de Zn está relacionada con la inhibición de la síntesis de ARN, además que impide el desarrollo normal de cloroplastos, aún cuando el jitomate es una planta moderadamente sensible a la deficiencia de Zn (Jyung, 1975; citado por Mengel y Kirby, 1982; Hewitt y Watson, 1980). La corrección para este elemento se puede utilizar sulfato de zinc al 0.1-0.5 % en aplicación foliar, o bien, añadir sulfato de zinc a la solución de nutrientes (Resh, 1997).

i.3). Síntomas de toxicidad

Bajo condiciones agrícolas difícilmente se presentan toxicidades de Zn. Se han observado en tejidos de plantas hasta 400 ppm sin efectos tóxicos (Murphy, 1983; Loué, 1988). Chesnin (1977), citado por Murphy (1983), Al parecer sólo

se pueden producir desequilibrios en la nutrición donde los niveles de P y Fe se ven disminuidos, por lo que es posible la observación de clorosis férrica (Adriano *et al*, 1977; Murphy, 1983). Como resultado de la toxicidad de Zn en la planta, se presenta una reducción del crecimiento de la raíz y menor expansión foliar que continúa con una clorosis (Mengel y Kirkby, 1982, Sánchez, 2004).

En cultivos hidropónicos, donde se recircula la solución, la toxicidad se puede presentar cuando se utiliza equipo o tubería galvanizada en el riego (el galvanizado lleva zinc que paulatinamente se va diluyendo en la solución). En suelo, el procedimiento más efectivo para corregir un exceso de zinc es incrementar el pH mediante encalado (Sánchez, 2004).

j). Cobre (Cu)

j.1). Función

Actúa como un portador de electrones y es parte de algunas enzimas. Forma parte de la plastocianina, la cual actúa en la fotosíntesis; también forma parte de la oxidasa polifenol, y posiblemente de la nitrato reductasa. Puede tomar parte en la fijación del N_2 (Resh, 1997). Loué (1988) menciona que en las hojas, el 70 % del Cu está localizado en los cloroplastos en forma de proteínas complejas. De ello se deduce que el Cu participa en la fotosíntesis. El Cu está relacionado con la evolución de O_2 en la reacción de Hill; así mismo, participa en el desarrollo de cloroplastos. Por otro lado, en muchas plantas se han encontrado un gran número de proteínas que contienen Cu, tales como la

oxidasa del ácido ascórbico, plastocianina, diamina oxidas, citocromo oxidasa y la polifenoloxidasa.

j.2). Síntomas de deficiencia

El nivel crítico de deficiencia en las hojas se sitúa generalmente entre 3 y 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ de materia seca. El cambio anatómico más típico de una deficiencia de cobre es la detención del proceso de lignificación, lo que se expresa a nivel macroscópico como una distorsión característica de las hojas jóvenes y eventualmente como doblamiento y enrollamiento de tallos. Otro síntoma relacionado es el incremento en la susceptibilidad al acame en cereales (Sánchez, 2004).

Otros síntomas visibles incluyen la detención del crecimiento, la necrosis del meristemo apical y el blanqueado de las hojas más jóvenes. Con la muerte del meristemo apical se pueden formar numerosos brotes nuevos muy débiles que, a su vez, mueren a partir de su ápice (Sánchez, 2004).

Las plantas deficientes en cobre son más susceptibles a marchitarse (probablemente por la falta de lignificación del xilema). Entre las plantas más vulnerables a la carencia se encuentran el jitomate, la col y el rosál (Sánchez, 2004).

La deficiencia de cobre es poco común en plantas cultivadas, debido entre otras cosas a que mucho de los funguicidas que se aplican son a base de cobre, si se trata de agricultura de riego, basta con que el impulsor de la bomba sea a base de cobre para que se diluya la suficiente cantidad de este nutrimento en el agua de riego (Sánchez, 2004). En todo caso para corregir una deficiencia se pueden hacer aplicaciones foliares de doble propósito con funguicidas a base de cobre (por ejemplo oxiclورو de cobre). Resh (1997) recomienda aplicaciones foliares de sulfato de cobre del 0.1 al 0.2 % (1 a 2 kg de sulfato de cobre por cada 1000 litros de agua) pero añadiendo 0.5 % (5 kg por cada 1000 litros) de cal hidratada (hidróxido de calcio).

j.3). Síntomas de toxicidad

El signo más claro del exceso de Cu es la inducción de la clorosis de Fe, puesto que el nivel de Fe en las hojas se ve disminuído (Loué, 1988). Por otra parte, el crecimiento se reduce más particularmente en las raíces que son espesas poco ramificadas y con raicillas de color obscuro (Loué, 1988; Resh, 1997, Sánchez, 2004). Según Murphy (1983) el P reduce la toxicidad del Cu e incrementa el crecimiento de plantas a niveles excesivos de Cu. Por el contrario, altos niveles de cobre en el suelo reducen la captación de P y la concentración de Fe en hojas y raíces.

k). Boro (B)

k.1). Función

El B está implicado en la síntesis del uracilo, que es un componente esencial del ARN y su insuficiencia perturba la formación de ribosomas (que contienen el 50% del ARN). La síntesis del ARN, la formación de ribosomas y la síntesis de proteínas son procesos fundamentales en los tejidos meristemáticos. En caso de deficiencia de B el proceso meristemático se ve afectado (Mengel y Kirkby, 1982). Además, el B juega un papel importante de la G-fosfogluconato deshidrogenasa, favorece la biosíntesis de los fenoles que tendería a acumularse y a producir necrosis Loué (1988).

El B es necesario para la síntesis de pectinas. Se ha demostrado que las deficiencias de B provocan acumulaciones excesivas de auxinas repercutiendo en una clara inhibición del crecimiento. También es importante en la germinación y fertilidad del grano de polen y en la resistencia a plagas y enfermedades (Loué, 1982; Paterson, 1994).

La absorción del boro por las plantas probablemente es como H_3BO_3 no disociado, a través de un control metabólico, principalmente siguiendo el flujo del agua por las raíces. El B es relativamente poco móvil y frecuentemente su contenido se incrementa de las partes inferiores de la planta a las superiores (Mengel y Kirkby, 1982).

k.2). Síntomas de deficiencia

El B, al no desplazarse desde las hojas básales, presenta síntomas externos inicialmente en la parte más joven de la planta. La deficiencia de B provoca: que los tallos y hojas sean rígidos por disturbios de transpiración, muerte de yemas terminales con lo que la floración y fructificación se inhiben, muerte descendente desarrollo de brotes laterales en la parte superior principalmente y hojas deformes de color púrpura, cafés o amarillas (Wallace, 1961; Hewitt y Watson, 1980; Mengel y Kirkby, 1982). La deficiencia de B provoca una continua división de los tejidos meristemáticos sin diferenciación, observándose en el cambium, capas de abscisión y en los tejidos de almacenamiento en crecimiento, causado principalmente por un decremento en la síntesis de citocininas y una acumulación de auxinas (Hecht-Buccholz, 1983).

Las hojas muestran síntomas variados, incluyendo engrosamiento, brillantes, rizado, marchites y moteado clorótico (Resh, 1997). Los síntomas se manifiestan sobretodo en los órganos de crecimiento, con reducción del desarrollo y malformaciones de los brotes hasta la paralización total del crecimiento y puede producirse pérdida de flor y esterilidad de frutos, el desarrollo radicular se presenta espeso con puntas necrosadas (Domínguez, 1990; Resh, 1997, Sánchez, 2004). Síntomas parecidos pueden ser provocados por insectos o por virus. Por otro lado, la deficiencia de Ca puede presentar algunos signos de deficiencia de B (Loué, 1988. La corrección de este nutriente

se realiza en aplicación foliar con borax al 0.1-0.25 por 100 o bien añadir borax a la solución nutritiva (Resh, 1997).

k.3). Síntomas de toxicidad

La toxicidad se manifiesta primero por un amarillamiento de los márgenes y puntas de las hojas maduras, que deriva a una necrosis posterior de las mismas. Esto es reflejo de la distribución del boro siguiendo la corriente transpiratoria. En un principio se puede confundir una toxicidad de boro con una deficiencia de potasio (Sánchez, 2004).

Aunque el jitomate se considera una planta semitolerante a las altas concentraciones de B, presenta efectos tóxicos, como el amarillamiento de la hoja apical con necrosis posterior, iniciando en el ápice y márgenes y finaliza entre las venas laterales y la principal; además que las hojas adquieren apariencia corchosa y caen prematuramente (Mengel y Kirby, 1982; Loué, 1988; Resh, 1997). El exceso se presenta a veces cuando el agua de riego tiene concentraciones elevadas (Clark, 1987).

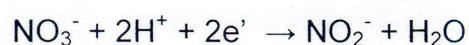
l). Molibdeno (Mo)

l.1). Función

El Mo ha sido conocido desde hace tiempo como requerido para la asimilación normal de N en plantas. De las cuatro enzimas que se sabe que contienen Mo:

aldehido oxidasa, xantino oxidasa, nitrogenasa y nitrato reductasa, únicamente las dos últimas se han encontrado en plantas (Price *et al.*, 1983).

La nitrato reductasa resulta esencial en la asimilación de los nitratos, puesto que cataliza la primera etapa de la reducción, que se presenta por la siguiente reacción:



La nitrogenasa es una enzima compleja asociando dos proteínas distintas, de las cuales, la mayoría contiene Fe y Mo en relación 9:1. La reducción de N_2 en NH_3 se hace según la reacción:



Es absorbido en forma de ión molibdato; MoO_4^- (Domínguez, 1990). Actúa como portador de electrones en la conversión de nitrato de amonio y también es esencial en la fijación del N_2 .

El molibdeno (Mo) es absorbido por las plantas como molibdato (MoO_4^{2+}). La forma en que el molibdeno es traslocado, aún se desconoce. El contenido de Mo en las plantas es, usualmente menor a 1 ppm en la materia seca (Mengel y Kirby, 1982).

I.2). Síntomas de deficiencia

El molibdeno es un componente esencial de dos principales enzimas en las plantas, la nitrogenasa y la nitrato reductasa, por lo que los síntomas de la deficiencia de Mo son similares a los de nitrógeno, que inicia con clorosis en hojas viejas, pero la carencia de Mo provoca un enrollamiento de los márgenes de las hojas hacia adentro y pequeñas manchas necróticas cubren las hojas (Mengel y Kirkby, 1982; Hecht-Bucchholz, 1983; Domínguez, 1990). A menudo se presenta una clorosis intervenal, primero en las hojas más viejas y después en las jóvenes, algunas veces las hojas se ahuecan y aparecen quemaduras en sus bordes (Sánchez, 2004). En las plantas de jitomate aparte de la clorosis los bordes de las hojas se rizan hacia arriba en forma de tubo y las necrosis empiezan en las zonas amarillas y en los bordes de las hojas terminales para acabar en todas las hojas que se acorchan. Las correcciones se pueden realizar con aplicaciones foliares con una solución al 0.07-0.1 por 100 de molibdato sódico o amónico o añadir dichas fuentes a la solución nutritiva (Resh, 1997).

I.3). Síntomas de toxicidad

Según Winsor y Adams (1987; citados por Sánchez, 2004) el exceso de molibdeno es poco frecuente ya que los niveles de toxicidad son altos (10 a 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$ de pesos seco), sin embargo se debe procurar mantenerlos bajos debido a su potencial toxicidad para los animales y seres humanos.

Raramente se presenta efectos tóxicos de Mo en plantas, a pesar de absorberlo en grandes cantidades. En algunos experimentos se ha logrado obtener, en jitomate, una coloración intensa amarilla-oro en las hojas, con contenidos de 1000 a 2000 ppm de Mo (Murphy, 1983; Loué, 1988, Resh, 1997, Sánchez, 2004).

m). Cloro (Cl)

m.1). Función

La principal función del cloro está relacionada con la reacción de Hill en el fotosistema II. Ahí participa como cofactor junto con el manganeso en la fotólisis del agua (Sánchez, 2004).

El cloro también puede afectar la fotosíntesis y el crecimiento de la planta indirectamente debido a su papel en la regulación de la apertura de los estomas (Sánchez, 2004).

Hay evidencias de ciertas bombas de protones (ATPasa) en el tonoplasto que son particularmente estimuladas con cloro y que sirve particularmente para bombear H^+ dentro de la vacuola, ayudando a mantener estable el pH del citoplasma (7 a 7.5) (Sánchez, 2004).

m.2). Síntomas de deficiencia

Hojas marchitas que posteriormente se vuelven cloróticas y necróticas; algunas veces aparecen un color bronceado. El desarrollo de la raíz es pobre y ésta se engruesa cerca de sus extremos (Resh, 1997, Sánchez, 2004).

m.3). Síntomas de toxicidad

La sintomatología es semejante a la del exceso de sales en general (el exceso de sales generalmente trae como consecuencia un exceso de Cl^-), tales como el quemado de los bordes y puntas de las hojas, empezando por las hojas más viejas, reducción en el tamaño de las hojas y detención del crecimiento. Como Cl^- y NO_3^- presentan antagonismo en su absorción un exceso de Cl^- puede provocar una deficiencia de nitrógeno, pero también, aumentando la concentración de nitratos es posible paliar los efectos negativos del exceso de Cl^- (Sánchez, 2004). Se presentan hojas pequeñas de color verde oscuro y la planta presenta consistencia leñosa (Domínguez, 1990). Quemado de los bordes y extremos de las hojas. Bronceado, amarilleo y algunas veces clorosis de las hojas que a su vez puede dividirse. Se reduce el tamaño de las hojas y el desarrollo general es muy bajo (Resh, 1997).

4.8. Concepto de calidad

La calidad es la combinación de atributos o características de un producto que tiene una significancia en la determinación del grado de aceptabilidad del

producto al usuario, y que determina el precio. Es usado por la industria, y envuelve: grados de pureza, firmeza, sabor, color, tamaño, madurez, resistencia al transporte y algunas otras características distintivas del producto.

4.8.1. Calidad de fruto en jitomate

La calidad del fruto está principalmente relacionada con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte (Wittwer y Honna, 1979).

Los factores que afectan la calidad de los frutos son muchos y de gran diversidad, entre los cuales se encuentran el cultivar utilizado, temperatura, suelo, aspectos nutrimentales, riegos, podas, oportunidad de cosecha, almacenamiento, etc., (Corrales, 1994; citado por Acosta, 1997).

La nutrición mineral determina directa e indirectamente la calidad externa e interna de los productos hortofrutícolas, influyendo sobre atributos como resistencia al almacenamiento, tamaño, peso, color, firmeza, acidez, dulzor, vitaminas y sabor, entre otros (Corrales, 1994; citado por Acosta, 1997).

Para clasificar los frutos según su calidad hay que tomar en cuenta una serie de características como: alto contenido de sólidos (mínimo 4.5 ° Brix); bajo pH (cercano a 4.4); firmeza de los frutos: puede ser consistente, esponjosa o flácida; limpieza: los frutos deben estar libres de polvo, o residuos de pesticidas;

forma de los frutos: redonda, cuadrada y ovalada; libre de daños de plagas y enfermedades, tamaño de fruto: este indicador lo determina el volumen del fruto, es decir, la longitud y el diámetro del fruto (León, 1980; citado por Mendoza, 1995).

Para considerar un fruto de buena calidad deben tomarse también en cuenta algunos de sus características internas tales como: pH, acidez titulable, Vitamina C, sólidos solubles totales, entre otras y que a continuación se describen.

4.8.2. Sólidos solubles totales

El contenido de azúcares, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del jitomate. Valores de pH inferiores a 4.4 y contenido de azúcares superiores al 4.0-4.5 % son necesarios para un buen sabor, aunque varía según cultivares (Grierson y Kader, 1986). En condiciones de baja radiación y temperatura, como ocurre en cultivo protegido en invierno, donde los contenidos de materia seca del fruto pueden ser inferiores al 3.5 %, resulta difícil alcanzar esos mínimos de azúcares requeridos para un buen sabor. Con alta temperatura la acidez del fruto es menor, por lo que desvanece su sabor (Castilla, 1995).

El contenido de sólidos solubles totales (SST), es afectado principalmente por las podas y aclareos (Corrales, 1994; citado por Acosta, 1997), y se incrementa durante la maduración y senescencia de los frutos (Hulme, 1971).

4.9. Pudrición apical de frutos asociado a deficiencias de calcio

El calcio es absorbido por las raíces en su forma catiónica (Ca^{2+}). En el interior de la planta es poco móvil, ya que sólo circula en el xilema movido por la fuerza transpiratoria. Entra fácilmente al apoplasto y es adsorbido en forma intercambiable por las paredes celulares. Su tasa de absorción dentro del citoplasma está severamente restringida y parece estar muy relacionada con los procesos metabólicos (Sánchez, 1998).

La movilidad del Ca^{2+} de célula en célula y a lo largo del floema es muy baja y se considera que sólo el calcio y el boro funcionan principalmente fuera del citoplasma (Hanson, 1984).

Al presentarse una deficiencia de calcio, las regiones meristemáticas son las primeras afectadas porque una reducción de calcio impide la división de las células (Bidwell, 1979).

Salisbury y Ross (1994) reportan que la deficiencia de calcio en jitomate ocasiona la degeneración de frutos jóvenes en las cercanías del botón floral.

Entre las causas que pueden dar lugar a una deficiencia de Ca en el fruto se encuentra una nutrición inadecuada, el crecimiento rápido del fruto, salinidad elevada en la zona radical y el abonado excesivo con nitrógeno amónico. (Chamarro, 1995).

El exceso de humedad relativa, disminuye la velocidad de transporte de calcio en el tejido, por ello se da la pudrición apical (Ponce, 1995).

La deficiencia de calcio junto con otros factores como las altas temperaturas, baja humedad relativa, condiciones de salinidad (Lazcano, 1998), estrés hídrico y desarrollo restringido de la raíz (Wilcox, 1981) están asociados con la pudrición apical del fruto de jitomate o Blossom end-rot.

4.10. Aspectos generales de la hidroponía

El término hidroponía deriva de los vocablos griegos “hydro” o “hutor”, que significan agua y “ponos”, equivalente a “trabajo en agua” o “actividad en agua” (Sánchez y Escalante, 1989).

La hidroponía es un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en el agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva, con el objeto de proporcionar las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal. La hidroponía es un sistema de cultivo que tiene por objeto optimizar las funciones que el suelo desempeña, es decir, proporcionarle al cultivo un sustrato con las condiciones más idóneas desde el punto de vista físico, químico y fitosanitario, eliminando a su vez la acción de todos aquellos factores que en el suelo, por su naturaleza, lo llevan

inevitablemente a modificaciones que se traducen en limitantes para el desarrollo de los cultivos (por ejemplo: salinización, pérdida de textura, etc.) (Sánchez y Escalante, 1989).

4.10.1. Métodos de cultivo en hidroponía

4.10.1.1. Por el manejo de la solución nutritiva

a) Sistemas abiertos. La solución nutritiva se drena libremente no reciclándose la solución sobrante (Sánchez y Escalante, 1989).

b) Sistemas cerrados. La solución nutritiva se recicla o se mantiene en contacto con las raíces cambiándose o ajustándose (Sánchez y Escalante, 1989).

4.10.1.2. Por el tipo de medio de cultivo

Sánchez y Escalante (1989), clasifican los métodos de cultivo:

a) Cultivo en solución nutritiva. Se establecen los cultivos con las raíces sumergidas parcial o totalmente en una solución que contenga todos los nutrimentos esenciales.

b) Cultivo en grava. Cuando se usan los tipos de grava comunes y otros sustratos semejantes (de más de 2 mm de diámetro). Por ejemplo: tezontle y ladrillo quebrado.

c) Cultivo en agregado. Cuando se usa la arena o sustratos semejantes. Por ejemplo: perlita, vermiculita, aserrín, turba y lana de roca.

d) Cultivos en técnicas misceláneas

Comprende otros métodos de cultivo no incluidos en los anteriores. Por ejemplo. El sistema NFT (Nutrient Film Technique) o Técnica de la película nutritiva, la producción de forraje en hidroponía y la aeroponía (Sánchez y Escalante, 1989).

4.10.2. Componentes de los sistemas hidropónicos

Sánchez y Escalante (1989), mencionan que cualquier método de cultivo en hidroponía consta de los siguientes componentes:

a) Plantas. Aunque generalmente cualquier cultivo puede establecerse en hidroponía, comercialmente son recomendables cultivos con alta redituabilidad.

b) Solución nutritiva. Es la disolución en el agua de todos los nutrimentos con la que se riegan las plantas.

c) Contenedores. Recipientes que contienen el sustrato donde se establecen las plantas.

d) Sustrato. Material que sustituye al suelo agrícola.

e) Sistema de riego. Para abastecer a la planta de agua y nutrimentos, el cual adopta múltiples formas: inundación, subirrigación, goteo, aspersión y atomización de las raíces.

f) Sistema de aireación y drenaje.

g) Tutores.

h) Medio ambiente.

4.11. Agricultura orgánica ó ecológica: Generalidades

Se pueden ubicar los principales problemas ambientales derivadas de cualquier actividad humana incluida la agricultura, por su efecto sobre la calidad del agua, del aire, de la biodiversidad y de los alimentos producidos (Stoorvogel y Vargas, 1999).

El mercado de los productos orgánicos se expande y desarrolla rápidamente. Ningún otro grupo de productos agropecuarios registra tasas de crecimiento por arriba del 20 % anual, ni tiene, además, la particularidad de que todavía no puede satisfacer la demanda, como es el caso de los productos orgánicos en Europa, Japón y América del Norte (Gómez *et al.*, 2003).

El manejo orgánico en hortalizas se practica en países como Japón, Alemania, Francia, España, Estados Unidos y últimamente México. En nuestro país el cultivo orgánico de hortalizas es novedoso y de reciente introducción (Gómez *et al.*, 2003).

Stoorvogel y Vargas (1999), enumeran los problemas enfrentados para desarrollar un sistema de cultivo orgánico:

- a) Disponibilidad en cantidad y calidad de abonos orgánicos a ser aplicados.
- b) Ausencia de métodos alternativos al combate químico para controlar los problemas generados por patógenos no deseados.

4.11.1. Agricultura orgánica: definición y concepto

Primeramente, en cuanto al problema de la denominación, parece que en todo el mundo se utilizan unos 16 nombres para lo que en México llamamos agricultura orgánica. Algunos de los más conocidos son: agricultura biológica, regenerativa, sostenible y biodinámica, entre otras (Gómez, 1996).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha formulado una sencilla definición de la agricultura ecológica (organic farming) que, aunque le faltan algunos aspectos importantes, describe las principales prácticas (Lampkin, 2001).

“La agricultura ecológica es un sistema de producción que evita o excluye en gran medida la utilización de fertilizantes compuestos sintéticos, plaguicidas, reguladores del crecimiento y aditivos para la alimentación del ganado. En la mayor medida de lo posible, los sistemas en agricultura ecológica se basan en el mantenimiento de la productividad del suelo y su estructura, la aportación de nutrientes a las plantas y el control de los insectos, malas hierbas y otras plagas, en la rotación de cultivos, los residuos de los cultivos, los abonos animales, las leguminosas, los abonos verdes, la utilización de residuos orgánicos producidos fuera de la finca, y determinados aspectos del control biológico de plagas” (US, 1990).

4.11.2. Normatividad en la agricultura orgánica

La normatividad en la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el proceso de los productos orgánicos, así como la instrumentación de los sistemas de regulación para su cumplimiento (Gómez *et al.*, 1999).

IFOAM (Internacional Federation of Organic Agricultural Movements) desde 1972 fija normas básicas que deben adoptar las organizaciones nacionales y supervisa estas normas nacionales para ayudar al comercio internacional. Por otra parte, IFOAM promueve el intercambio de información e ideas a través de congresos, seminarios de investigación y su revista *Ecology and Farming* (Lampkin, 2001).

México cuenta también con una reglamentación ó norma, esta es la NOM-037-FITO-1995, donde se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos (Gómez *et al.* 1999).

4.11.3. Conceptos afines de agricultura orgánica

Términos comúnmente utilizados como afines a la agricultura orgánica, se tienen a: la agricultura sustentable, alternativa, de bajos insumos, biointensiva, ecológica, biodinámica, natural, aunque cada una de ellas tiene ciertas particularidades que las diferencian una de otras (Gómez, 1996).

4.11.3.1 Agricultura alternativa

La agricultura alternativa es considerada como el enfoque de la agricultura que pretende promover rendimientos sostenidos a través del uso de tecnologías de manejo en sentido ecológico, es decir, se realiza un manejo óptimo en el reciclamiento de nutrientes y materia orgánica, cerrando los flujos de energía, además de balancear las poblaciones de plagas provenientes de el uso múltiple de la unidad de suelo (Altieri, 1991).

La agricultura alternativa incluye prácticas como la alternancia de cultivos, la labranza mínima y labranza cero, el control mecánico y biológico de malezas, reducción al mínimo ó no aplicación de fertilizantes y pesticidas químicos,

control integral de plagas y suministro de elementos nutritivos de varias fuentes orgánicas como abonos animales, leguminosas con fijación de nitrógeno, entre otras (World Resources Institute, 1992; citado por Trápaga y Torres, 1994).

4.11.3.2. Agricultura Sustentable

FAO define el desarrollo sostenible como el manejo y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las presentes y futuras generaciones (FAO, 1991; citado por Camino y Muller, 1993).

Por lo tanto una agricultura sustentable debe emplear tecnologías biofísicas, económicas y sociales cercanas a la naturaleza con carácter biológico, bajas en insumos de tipo energético y de capital exógeno para con ello poder ser aceptada social y económicamente (Camino y Muller, 1993).

4.11.3.3. Agricultura o sistemas de bajos insumos

Los sistemas de bajos insumos para una agricultura sostenible trata básicamente de minimizar las partes de elementos externos hacia el sistema agrícola (Villalba y Fuentes, 1991).

La reducción de insumos se realiza a través de prácticas menos agresivas como el control integrado de plagas y enfermedades, asociaciones de cultivos, rotaciones de cultivos, con el uso de leguminosas, integración del sistema pecuario con el agrícola, menor uso de maquinaria y el control mecánico y biológico de malezas (Madden y Dobbs, 1990).

Los sistemas de bajos insumos no necesariamente eliminan la aplicación de pesticidas sintéticos químicamente al igual que los fertilizantes.

4.11.3.4. Agricultura orgánica o ecológica

En este tipo de agricultura se debe aprovechar al máximo las ventajas del uso de la rotación de cultivos, los residuos vegetales, los estiércoles, las leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos de cosechas, rocas minerales y control biológico para mantener la productividad del suelo y el rendimiento (USDA, 1980; citado por Altieri, 1991).

En concreto, es posible decir que la agricultura orgánica utiliza algunas técnicas tradicionales así como equipo moderno, semilla certificada, prácticas de conservación de aguas y suelo; así como las últimas innovaciones en la alimentación del ganado, se trata de sustituir los insumos externos siendo necesaria la investigación para fluir y proporcionar la información para satisfacer la demanda de los consumidores (Trápaga y Torres, 1993).

4.11.3.5. Agricultura biodinámica

La agricultura biodinámica o cosmobiológica, considera los ritmos de la naturaleza.

Entre las prácticas más comunes encontramos la realización de compostas con preparaciones especiales, aspersión de los preparados biodinámicas, uso de abonos verdes, aplicación de polvos, asociaciones favorables de plantas, entre otras (Florín, 1985; Harwood, 1990).

4.11.3.6. Biointensiva

La agricultura biointensiva es un método que utiliza técnicas de producción empleadas por la agricultura biodinámica.

El sistema intensivo consiste en colocar las plantas a una distancia menor que la convencional, preferentemente en camas de siembras donde se remueve perfectamente el suelo y se aplican grandes cantidades de composta o estiércol, con ello las plantas crecen más juntas evitando el crecimiento de arvenses, creando un microclima especial que retiene mayor humedad (Jeavons, 1991).

La agricultura biointensiva emplea también abonos verdes, estiércoles, compostas, así como insecticidas a base de plantas.

4.11.3.7. Agricultura natural

Se le ha llamado agricultura natural cuando al cultivar los predios no se emplean fertilizantes ni pesticidas de origen químico, buscando la integración de la naturaleza a los procesos agrícolas (Arango, 1992).

4.11.4. Técnicas de producción utilizadas en la agricultura orgánica

Las técnicas de producción utilizadas en México y reportadas en la literatura son:

La composta o abonera es una técnica de transformación de residuos por la acción de microorganismos que consta de dos etapas: física o de desintegración y la química o descomposición. El producto final es un abono orgánico de color oscuro disponible para su uso. La función de las compostas es proporcionar humus al suelo, quien retiene los nutrientes evitando su lixiviación (Ruiz, 1993).

Las asociaciones de cultivo, también se denomina cultivos múltiples, multicultivos, o policultivos. Esta técnica consiste en sembrar al mismo tiempo y en el mismo espacio diferentes especies. La esencia de los cultivos múltiples es la intensificación de la producción de cosechas en cuatro dimensiones: tiempo, área cultivada, rendimiento por unidad de área y el espacio vertical (Sánchez, 1991; citado por Licona *et al.*, 1994).

continúa y en la misma área, generalmente se alternan gramíneas con leguminosas para mantener la fertilidad del suelo (Ruiz, 1993).

El uso de abonos verdes, que consiste en incorporar al suelo una masa vegetal, generalmente leguminosas al inicio de la floración (Ruiz, 1993).

Los acolchados, técnica que consiste en colocar sobre el suelo residuos, rastrojos, etc.; del cultivo anterior, principalmente gramíneas como maíz, cebada, trigo y avena. Esta capa de material poco a poco se va desintegrando por la acción de los microorganismos del suelo, formándose una capa o "mulch" que contiene materia orgánica que enriquece poco a poco al suelo aumentando la fertilidad de este (Azteinsa, 1995).

Cultivos relevos o imbricados, práctica que consiste en establecer un cultivo sobre el surco donde está creciendo otro cultivo sembrado con anterioridad.

El Control biológico, que se define como el estudio, importación, conservación e incremento de organismos benéficos para la supresión de poblaciones plaga. (Rodríguez, 1993).

Los cultivos trampa, que son siembras simultáneas de especies vegetales, que se disponen en bandas interactuando agronómicamente, pero con independencia en el espacio (Leyva, 1993). Generalmente son franjas de una o

varias especies intercaladas en el cultivo principal que son apetecibles para los insectos a controlar, con ello el cultivo presenta una barrera biológica a los insectos (ya que los insectos reconocen su alimento tanto por el olor como por el espectro, este último es roto por producto de la asociación), los desorienta y permanecen en dicha franja, de la cual toman su alimento; sin perturbar o atacar al cultivo comercial.

El control físico y mecánico de insectos, es aquel que se refiere principalmente al control de la temperatura, agua, etc.; por ejemplo cuando se tienen estructuras protectoras como los invernaderos. En este caso existen trampas realizadas con telas de colores o plásticos, por ejemplo la tela amarilla con aceite, la cual atrae a la mosca blanca por el color y con el aceite se pegan. El control mecánico, es cuando se eliminan, retiran o se matan a los insectos, ya sea quitándolos con alguna maquinaria o de forma manual (FUNPROCOOP, 1993).

La utilización de feromonas, que son sustancias secretadas por glándulas exocrinas liberadas en el medio externo y que ejercen influencia sobre la conducta de otros animales de la misma especie. Existen varios tipos: de atracción sexual, de rastreo, de defensa, distinción de jerarquías, identificación del alimento, entre otras.

La utilización de preparados de origen orgánico, que son productos hechos a bases de plantas (fitoterapia), extractos, maceraciones, polvos e infusiones.

También se les encuentra de origen animal, tales como aplicaciones foliares de excretas y deyecciones líquidas.

El uso de polvos de rocas minerales y compuestos, tales como: yeso agrícola, dolomita, abonos sulfatados, fosfatos naturales y aluminocálcicos.

La lombricultura, que es la utilización de lombrices de tierra para desdoblar materia orgánica en el tracto digestivo de éstas, obteniéndose en sus excretas un abono orgánico rico en humus y nutrientes.

Las prácticas de conservación de suelos, que son técnicas utilizadas para evitar la pérdida del suelo por acción del agua y el viento. Ejemplos: terrazas, bordes de tierra, acequias, reforestaciones, entre otras.

La agroforestería, que es un nombre colectivo para todos los sistemas y prácticas de uso de tierra donde plantas leñosas perennes se siembran deliberadamente en la misma unidad de tierra como cultivos agrícolas y/o animales, en combinaciones espaciales o en secuencia temporal. (Lundgren, 1987; citado por Torquebiau, 1990).

La diversidad productiva, que consiste en integrar la producción agrícola con la pecuaria, forestal y/o a la piscícola (Azteinsa, 1993).

4.12. Sustratos

4.12.1. Definición y concepto de sustrato

El término de sustrato, se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto un papel de soporte para la planta. Los sustratos pueden ser de materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar nutrientes al proceso de la nutrición de las plantas (Abad, 1993, Burés, 1997; Cadahía, 1998; citados por Bastida, 2002).

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier sustrato de cultivo es producir una planta o cosecha de calidad en el más corto periodo de tiempo, con los más bajos costos de producción. El sustrato no deberá provocar un impacto medioambiental negativo de importancia (Abad, 1993; Cadahía, 1998).

Winsor (1990), clasifica los sustratos en orgánicos (turberas, cortezas, etc.) e inorgánicos o inertes (perlita, vermiculita y otros). Sin embargo, esta última denominación se refiere principalmente a su estabilidad química o resistencia a la descomposición, y puede inducir a cierta confusión. En efecto, muchos sustratos clasificados como inertes (vermiculita, zeolita y otros) poseen una importante actividad química, que es nula en otros orgánicos sintéticos.

Existen sustratos de origen orgánico con buenas perspectivas en hidroponía, sobre todo en lugares donde la posibilidad de obtener los tipos de sustratos convencionales es difícil y por consiguiente su costo es elevado (White, 1978; Harris y Maree, 1984).

Entre los sustratos de origen orgánico de los que se han obtenido buenos resultados, están: la turba o peat moss (White, 1978; Penningsfeld y Kurzman, 1983; Sutherland, 1989; Resh, 1992); el aserrín (Alejo y Sánchez, 1987; Resh, 1992); pajas de trigo y cebada (White, 1978); corteza de pino (Harris y Maree, 1984).

4.12.3. Necesidad de caracterizar los sustratos

En la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes (Ansorena, 1994).

4.12.3.1. Propiedades físicas

Se entiende por propiedades físicas aquellas que se pueden ver y sentir: granulometría, color, retención de agua y aireación. Generalmente suele darse

mas importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física (Ansorena, 1994).

4.12.3.2. Propiedades químicas

Por otra parte, las propiedades químicas corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las plantas y no se pueden apreciar con los sentidos: capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), pH, cationes intercambiables y acidez intercambiable, porcentaje de saturación de bases. Estas propiedades pueden ser alterada durante su desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado (Ansorena, 1994).

4.12.4. Sustratos utilizados en hidroponía

4.12.4.1. Turba

Este material está constituido por restos de vegetación acuática de pantanos o de marismas que han sido conservados debajo del agua en estados de descomposición parcial (Hartmann y Kester, 1992).

4.12.4.2. Tezontle rojo

Es una roca volcánica ígnea de estructura vesicular, formadas por magma expulsado por erupción y presentan burbujas atrapadas, el color rojo se atribuye al grado de oxidación (Huang, 1968; citado por Granados, 1989)

4.12.4.3. Fibra de coco

El bonote de coco es un material de desecho de la industria coprera en todo el mundo, por lo que el polvo de bonote viene siendo un subproducto, que se acumula la mayoría de las veces en grandes cantidades fuera de las instalaciones copreras (Caraveo, 1994).

El bonote constituye entre el 35 y 40 % del peso total del fruto (Cadigal y Magatt, 1977). Uyenco y Ochoa (1984) indican que el polvo de bonote o partículas finas representan cerca del 46 % del bonote y son subproducto del procesamiento para la extracción de la fibra.

En México se está aprovechando desde unos años a la fecha, un material de desperdicio de las copreras de Armería, Colima; la cual lleva el nombre comercial de Germinaza[®] basado en polvo fresco de bonote (Martínez, 1996).

Caraveo (1994), menciona que obtuvo otro tipo de germinaza por decantación de la original y la denominó germinaza lavada, la cual estaba compuesta casi en su totalidad por grumos esponjosos de diferentes tamaños (primer componente), y sólo ligeramente de algunas fibras cortas.

Caraveo (1994), reportó que la germinaza original tuvo un contenido de taninos de 11.4 % y la germinaza lavada solamente un 5.3 %, también menciona que para la germinaza lavada la liberación de taninos totales se incremento progresivamente en cada lavado, eliminándose 6.4, 16 y 211 % durante el primer, segundo y tercer lavado. Esto revela la importancia del remojo continuo por períodos de 24 horas en la solubilización de taninos.

Según Verdonck y colaboradores (1983), es necesario compostear el material fresco de fibra de coco debido a la presencia de sustancias fitotóxicas.

Padilla (1961) citado por Martínez (1996), señala que, después de analizar químicamente las cenizas del bonote encontró que el principal componente es el potasio y en menores cantidades están presentes componentes como el calcio, sílice, fierro, aluminio, sodio y magnesio.

Por otra parte Caraveo (1994) analizó las propiedades químicas, para la germinaza original y lavada obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 4):

Cuadro 4. Propiedades químicas de la germinaza

PROPIEDAD	GERMINAZA ORIGINAL	GERMINAZA LAVADA
pH	5.7-6.3	6.5
CE (mmhos/cm)	10.1	0.7
CIC (meq/100 g)	42.0	39.8
M.O. (%)	88.2	96.1
C total (%)	51.2	55.8
N total (%)	0.95	0.54
Relación C/N	53.9	103.2
K (%)	1.84	0.32
P (%)	0.46	0.14
Ca (%)	0.29	0.25
Mg (%)	0.17	0.12
Na (%)	0.21	0.13
Si (%)	0.32	0.23
Cl (%)	0.46	0.14
Fe (ppm)	243.6	162.9
Cu (ppm)	13.8	0.0
Mn (ppm)	31.2	8.6
Zn (ppm)	31.7	24.5
Taninos (%)	11.4	5.3

Fuente: Caraveo, 1994.

Por otro lado Torres (1993) citado por Martínez (1996), menciona que el pH de la germinaza varía en un rango de 6.3 a 6.5. Caraveo (1994), señala que con el

transcurso del tiempo existe una gran variación en el pH de la germinaza original, ya que libera sales y otros compuestos orgánicos solubles.

La conductividad eléctrica en la germinaza original tiene un promedio de 10.1 mmhos cm^{-1} . Esto es debido a que la mayoría de las sales presentes en la germinaza son solubles en agua (Caraveo, 1994).

Cuadro 5. Propiedades físicas de la fibra de coco

SUSTRATOS	DENSIDAD (gr.cm^{-3})	ESPACIO POROSO TOTAL (%)	VOLUMEN DE AIRE (%)	VOLUMEN DE AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE
Fibra de coco fresca	0.006	95.5	39.9	15.6
Fibra de coco composteada	0.094	93.5	20.3	27.3
			CAPACIDAD DE OXIGENACIÓN (%)	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD (%)
Germinaza original	0.108	81.3	24.3	56.9
Germinaza lavada	0.079	78.0	29.3	48.7

FUENTE: Verdonck *et al*, 1983 y Caraveo, 1994.

Verdonck (1983), indica que la capacidad de intercambio catiónico es de 126 miliequivalentes por 100 g de sustrato, la cual es muy alta y comparable a la turba canadiense. Verdonck *et al*. (1983), registran que la fibra de coco tiene una relación agua/aire muy buena (cuadro 5).

La vermicomposta denominada también "humus de lombriz" es un fertilizante orgánico natural (García, 1966) que se obtiene después de una serie de procesos que sufren los materiales orgánicos en el aparato digestivo de la lombriz (Wong y Griffiths, 1991).

El proceso de transformación se produce al pasar el material orgánico por su intestino, en éste mezcla con elementos minerales, microorganismos y fermentos que provocan la transformación bioquímica de la materia orgánica (Labrador *et al.*, 1993).

López (1994), menciona que la vermicomposta presenta altos contenidos de ácidos húmicos que aportan una amplia gama de sustancias fitorreguladores del crecimiento de las plantas, contiene una rica flora bacteriana que permite formar otros materiales orgánicos y eliminar elementos contaminantes. Por su pH neutro, se comporta como medio desfavorable para la proliferación de patógenos y parásitos.

4.13. Investigaciones realizadas con el uso de vermicompostas en jitomate

El vermicomposteo requiere de una mezcla de desechos orgánicos que en las actividades cotidianas estos materiales se generan en grandes cantidades los cuales pueden ser de: jardín, cosechas, ganado, forestales, marinos, urbanos y agroindustriales (FAO, 1991).

Gallo *et al.*, (1987), trabajando con jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aplicando biodegradados anaerobios de estiércol bovino enriquecido con fósforo y la Universidad Autónoma de Nuevo León concluye que responde positivamente

a la aplicación de los biodegradados, encontrándose que a una dosis de 250 g / 6 kg de suelo proporciona los más altos rendimientos, arriba del que pudiera ser tóxico para la planta.

Kalembasa (1996), aplicando vermicomposta en proporciones equivalentes a 15 g de nitrógeno/m² en las variedades de jitomate Jawar (enano) y Zorza (alto), obtuvo rendimientos en ambas variedades de 1.9 y 3.5 kg/m² respectivamente, superando a las plantas cultivadas en el suelo. Al mismo tiempo que Szczech *et al.*, (1993), reporta que la aplicación de vermicomposta tuvo efectos positivos en el rendimiento de jitomate.

Ordeñana (1994), usando como sustrato la composta de lirio y tule, aserrín y arena de tezontle en sistema hidropónico, encontró que la composta de lirio y tule y cantidad adicionales de LEDA, permite cosechas en ambientes controlados de cerca de 36 kg de jitomate por metro cuadrado.

Manjarrez (1997), al evaluar vermicomposta inoculada con micorriza arbuscular en los cultivos de cebolla, lechuga, jitomate de cáscara y chile, obtuvo resultados positivos al aplicarla en dosis de 15, 20 y 30 g por m² más la micorriza.

Rodríguez (1997), evaluó los siguientes sustratos: vermicomposta, composta de lirio y tule, tierra de monte, tezontle rojo y peat moss y soluciones nutritivas que fueron LEDA, fertilizante químico, mixta y agua potable; para la producción de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Los sustratos vermicomposta y composta de lirio y tule regadas con la solución LEDA produjeron mejor calidad de planta respecto a las obtenidas en tierra de monte

y solución mixta, y ésta última produjo más calidad que las obtenidas en tezontle rojo y peat moss nutridas con la solución inorgánica.

Velasco (1996), menciona que la utilización de vermicomposta a razón de 10 t.ha⁻¹ más inoculación con una endomicorriza arbuscular incrementó el rendimiento de tomate de cáscara de 4 t.ha⁻¹ (testigo) a 5.5 t.ha⁻¹ (tratamiento con vermicomposta más G. *Intraradix*), este tratamiento superó al testigo en 26 %. La adición de vermicomposta ya sea sola o combinada con G. *intraradix* o A. *brasilense* incrementó el contenido de materia seca, altura de planta, área foliar y volumen radical de tomate de cáscara.

Frías *et al.*, (1996), evaluaron dos niveles de vermicomposta (5 y 15 t.ha⁻¹) en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Los resultados muestran una respuesta favorable del cultivo a la fertilización con vermicomposta, los niveles de 5 y 15 t.ha⁻¹ superaron al testigo en 41 y 128 %, respectivamente.

Existe un efecto positivo de la adicción de vermicomposta en el desarrollo vegetativo y reproductivo en el tomate de cáscara (Flores *et al.*, 1995).

Arteaga (1995), destaca la utilización de vermicomposta en varios niveles en los cultivos de jitomate, tabaco y pasto estrella a campo abierto. Los resultados muestran una respuesta favorable del cultivo de jitomate a la fertilización con

vermicomposta, los niveles de 4, 8 y 12 t.ha⁻¹ superaron al testigo en más del 200 % en el rendimiento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Respuestas de algunos cultivos a la aplicación de vermicomposta

Dosis de vermicomposta (ton.ha ⁻¹)	Rendimiento (Ton.ha ⁻¹)		
	Jitomate	Tabaco	Pasto estrella
0	8.13	1.56	10.97
4	23.37	1.79	13.00
8	24.61	1.88	14.33
12	22.69	1.82	14.38
16	18.57	1.92	13.24

FUENTE: Arteaga *et al.*, 1995.

García (1996), comparó la germinación de semillas en algunos cultivos de importancia económica, probando con ello, cuatro niveles de dos vermicompostas, obteniendo que la vermicomposta de estiércol de bovino y pulpa de café tiene efectos positivos en la germinación de semillas de cebolla, maíz, pepino, jitomate y zempoaxóchitl cuando se aplican niveles inferiores a 25%.

4.14. Investigaciones realizadas con el uso de fibra de coco en jitomate y otras especies

Caraveo (1994), al evaluar fibra de coco sin lavar, fibra de coco lavada y turba canadiense, en jitomate, obtuvo los mejores rendimientos en la fibra de coco lavada superando a la turba canadiense y a la fibra sin lavar.

Martínez (1996), evaluó diferentes mezclas de sustratos como: corteza de pino, fibra de coco, tezontle y peat moss en nochebuena, obteniendo que la fibra de coco al 100 % es el mejor sustrato para flor de nochebuena y que a medida que se incrementa el porcentaje de fibra de coco en el medio de crecimiento la calidad de la planta es mejor.

Seseña (1998), evaluó 2 sustratos: fibra de coco y tierra de hoja en combinación con vermicomposta y la aplicación de líquido efluente de digestor anaeróbico (LEDA) en la solución nutritiva, en Nochebuena cv Freedom, obteniendo que el mejor sustrato fue fibra de coco, superando a la tierra de hoja, la mejor mezcla fue de 70 % fibra de coco con 10 % de vermicomposta.

Reynolds (1976) citado por Caraveo (1994), realizaron algunos experimentos sobre producción de plántulas de hortalizas empleando fibra de coco finamente desmenuzada y encontraron que éste sustrato es un excelente sustituto del suelo en cuanto a la producción de plántulas de jitomate, chile, lechuga y col.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación y características del sitio experimental

La presente investigación se realizó del 15 de abril al 10 de noviembre de 2004, en un invernadero en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, localizada a los 19 ° 29 ' latitud norte y 98 ° 53 ' longitud oeste, a una altitud media de 2251 msnm. El clima de la región según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987) es C(W₀)(W)b(i')g, que significa templado con verano fresco largo, cuya precipitación invernal es inferior al 5%, con una oscilación térmica de 5 a 7 ° C y el mes con temperatura más elevada es mayo. La temperatura media anual es de 15 ° C. La precipitación media anual es de 664.8 mm, con un promedio de 96 días de lluvia, ocurriendo la máxima en el mes de julio y la mínima en enero.

5.2. Característica del material utilizado

5.2.1. Material vegetal

Se utilizó el híbrido de jitomate "Reserva F1" (Vilmorin), que se caracteriza por ser de crecimiento indeterminado, planta vigorosa, la forma de fruto es de tipo

saladette y resistencia a: TMV V F N (con resistencia a Virus del Mosaico del Tabaco, a Verticillium, a razas 0 y 1 de Fusarium y a Nemátodos)¹.

¹FUENTE: <http://www.vilmorin.com//>

5.2.2. Productos químicos, sustratos y otros

Se utilizaron tres soluciones nutritivas: una inorgánica elaborada a base de fertilizantes solubles, exclusiva para el tratamiento testigo (TE + SI). La solución contiene todos los elementos esenciales con la siguiente característica de concentración en ppm o mg l⁻¹: N = 250; P = 60; K = 300; Ca = 350; Mg = 60; S = No cuantificado; Fe = 3; Mn = 0.5; B = 0.5; Cu = 0.10 y Zn = 0.5 (Cuadro 8).

Otra de las soluciones nutritivas se preparó con un producto comercial elaborado a base de humatos y fulvatos (CYTOAMIN L) para los tratamientos (V25 + SN75 + Cy, V50 + SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy). La concentración final de la solución nutritiva expresadas en ppm fué: N = 150; P = 100; K = 50; Microelementos (Fe, Zn, Cu, Mg, Mn; B, Co, y Mo) = No cuantificado; ácidos fúlvicos = 150 (Cuadro 9).

La última solución nutritiva, fue la orgánica utilizada en el resto de los tratamientos o sustratos, fue preparada con efluentes de lombriz. El efluente de lombriz se obtuvo de camas de lombricomposta alimentadas con estiércol maduro de bovino lechero previamente compostado. Esta solución nutritiva presento la siguiente concentración en ppm de los elementos minerales: N: 31;

P = 21; K = 470; Ca = 10.24; Mg = 9.2; S = No cuantificado; Fe = 1.1; Mn = 0.1; B = 0.3; Cu = 0.15 y Zn = 0.1 (Cuadro 10).

a) Arena de tezontle

Un sustrato usado fue la arena de tezontle extraída de minas cercanas al área de estudio, con granulometría de entre 0.2 y 2.5 mm, buena capacidad de retención de humedad y que es considerada como un sustrato estéril e inerte. En el Cuadro 5a y Cuadro 6a del anexo se muestran algunas propiedades específicas resultado del análisis nutrimental realizado.

b) Fibra de coco

Un material de reciente utilización en estudios de hidroponía y que ha mostrado excelentes resultados es la fibra de coco, también conocida en el mercado nacional como germinaza (Germinaza[®]) (Cuadro 5a y Cuadro 6a del anexo).

c) Turba

Se usó la turba canadiense o peat moss (Cosmopeat[®]). Los resultados del análisis nutrimental se presentan en Cuadro 5a y Cuadro 6a del anexo.

d) Vermicomposta

Se usó también vermicomposta o lombricomposta, cuyo origen son estiércoles de bovinos lecheros. Los resultados del contenido nutrimental se presentan en Cuadro 5a y Cuadro 6a del anexo.

e) Suelo natural

También se incluyen tratamientos con suelo natural traído de la comunidad de San Diego, en el municipio de Texcoco, Méx., de color café-oscuro, franco arcillo arenoso con gran capacidad de retención de humedad (Cuadro 7a del anexo).

f) El agua utilizada en el experimento presentó un pH neutro. Los datos del pH y el análisis nutrimental se presentan en el Cuadro 8a del anexo.

g) Fertilizantes solubles

Los fertilizantes con los que se preparó la solución nutritiva inorgánica utilizada en la arena de tezontle manejada en hidroponía (Tratamiento testigo) fueron: Nitrato de calcio, sulfato de potasio, ácido fosfórico, sulfato ferroso, borax, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de manganeso y ácido sulfúrico.

h) Efluente de lombriz

Como fuente para preparar la solución nutritiva orgánica se utilizó **EFLUENTE DE LOMBRIZ**, cuyo origen es el mismo que el de la vermicomposta. El análisis

del contenido nutrimental del efluente de lombriz y de la solución nutritiva orgánica se encuentran en Cuadro 10a del anexo y Cuadro 10, respectivamente.

i) CYTOAMIN L

Este producto se utilizó para formular una de las soluciones nutritivas evaluadas para un grupo de tratamientos. **CYTOAMIN L** es un producto de alta concentración en ácidos fúlvicos, además contiene los macroelementos N, P₂O₅, K₂O, enriquecido con aminoácidos y microelementos, lo cual lo hace un producto complejo y completo. Los resultados del contenido nutrimental se presentan en Cuadro 9a.

j) Otros productos

Se aplicó **CALCIO ORGÁNICO** al total de las plantas durante la etapa de desarrollo del fruto, ésto motivado por una deficiencia de calcio que se presentó en frutos de algunos tratamientos evaluados.

Así mismo, se realizó una aplicación de **AZOTOBACTER**, un inoculante o bacteria fijadora de N elaborado a base de *Azotobacter* spp.

Se utilizó además el producto **MICORRIZA**, un producto derivado de multicepas de ectomicorrizas y micorrizas arbúsculares para la biotransferencia de fósforo.

Las plantas se cultivaron en un sistema abierto. Los contenedores fueron macetas o bolsas de polietileno negro de 40 x 40 calibre 800. El arreglo topológico fue: 50 cm entre plantas y 40 entre hileras para una densidad de 3.3 plantas/m² de espacio útil de invernadero. El sustrato o mezcla utilizada es única para cada tratamiento (Cuadro 7). El espacio ocupado por el experimento fue de 130 m².

El invernadero donde se realizó la investigación es tipo túnel modificado con doble ventila cenital, de 20 metros de frente por 50 metros de fondo y 6.0 metros de alto. Con láminas plásticas de polietileno transparente calibre 720.

5.3. Diseño de tratamientos y experimental

Se estudiaron 15 tratamientos. La descripción de ellos aparece en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Tratamientos evaluados durante el experimento. Chapingo, Méx. 2004.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
SN100 + SO	Suelo natural únicamente, nutrida con la solución nutritiva orgánica
TE + SI	Arena de tezontle irrigada con solución hidropónica (Testigo)
TU100 + SO	Turba como medio de cultivo, complementada su nutrición con la solución orgánica
V100 + SO	Sólo vermicomposta y la solución nutritiva orgánica
FC100 + SO	Fibra de coco como sustrato regada con la solución nutritiva orgánica
FC75 + V25 + SO	Mezcla de vermicomposta 25 % y fibra de coco 75 % más la solución orgánica *
FC50 + V50 + SO	Mezcla de vermicomposta y fibra de coco en proporción 1:1 nutrida con solución orgánica
FC25 + V75 + SO	Mezcla de tres partes de vermicomposta y una de fibra de coco junto con la solución orgánica
V25 + SN75 + SO	Mezcla de vermicomposta 25 % y suelo natural 75 % regada con la solución nutritiva orgánica
V50 + SN50 + SO	Mezcla de vermicomposta y suelo natural en proporción 1:1 irrigada con la solución orgánica
V75 + SN25 + SO	Mezcla de vermicomposta 75 % más suelo natural 25 % y solución nutritiva orgánica
V25 + SN75 + Cy	Mezcla de vermicomposta 25 % y suelo natural 75 % más la solución del producto CYTOAMIN L
V50 + SN50 + Cy	Mezcla de vermicomposta y suelo natural en proporción 1:1 nutrida con la solución CYTOAMIN L
V75 + SN25 + Cy	Mezcla de vermicomposta 75 % y suelo 25 % regada con la solución nutritiva CYTOAMIN L
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	Mezcla de vermicomposta, fibra de coco y turba en proporción 1:1:1 y solución nutritiva orgánica

* Los porcentajes están expresados en base a volumen

Se empleo un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Con los quince tratamientos y cuatro repeticiones se tuvieron un total de 60 unidades experimentales, con diez plantas cada una para un total de 600, las cuales se midieron todas. Para evitar efectos de orilla se colocó una hilera de plantas en

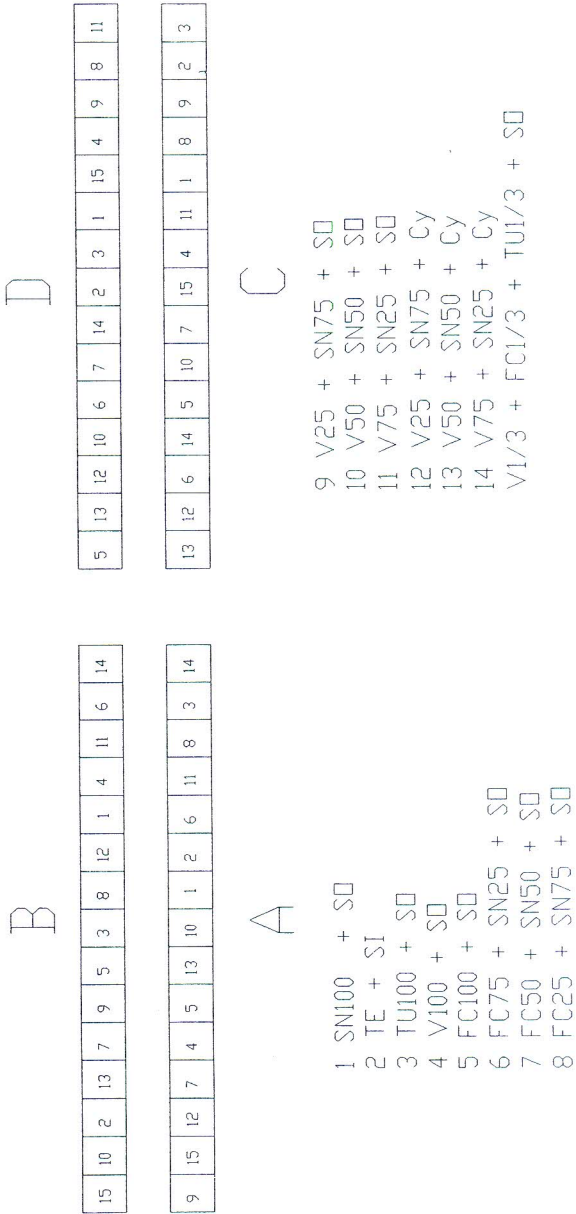


Figura 1. Distribución de tratamientos dentro del invernadero

5.4. Conducción del experimento

5.4.1. Semillero

La siembra se realizó el 15 de abril de 2004, utilizando charolas de poliestireno de 200 cavidades, se humedeció el sustrato constituido por una mezcla de peat moss (Sunshine-mix número 3) y perlita (agrolita) en la proporción 3:1. Se depositó una semilla por cavidad y se cubrió con el mismo sustrato humedecido. Posteriormente se apilaron las charolas y se cubrieron con un plástico negro por dos días para favorecer la germinación. La emergencia se presentó al tercer día. En los primeros días de la germinación, el riego se realizó con agua sola, una vez que las plántulas tenían la segunda hoja verdadera se les regó con una solución nutritiva elaborada a base de fertilizantes químicos, conteniendo todos los nutrientes minerales esenciales a la mitad de la concentración normal indicada en el Cuadro 8.

5.4.2. Trasplante

El trasplante se realizó el 25 de mayo, a los 40 días después de la siembra (Figura 2). Tres días antes, a las plántulas se les aplicó una solución de CONFIDOR (Imidacloprid), 0.5 ml l^{-1} , para protegerlas de posibles daños ocasionados por mosquita blanca. Al momento del trasplante, las raíces de las plantas se sumergieron en una solución de CAPTAN (Captan; 1.0 g l^{-1}) y FUNGIMICIN 100 (Sulfato de estreptomicina; 1.0 g l^{-1}) como medida preventiva para el ataque de hongos y bacterias.

5.4.3. Riegos

Durante la primera semana se dieron dos riegos diarios con agua sola, con el objetivo de evitar la deshidratación de las plántulas. A los 8 días después del trasplante se inició el riego con las soluciones nutritivas según el tratamiento indicado en los Cuadros 8, 9 y 10.

5.4.4. Podas

Las plantas se condujeron a un solo tallo (Figura 3). Para ello se dejó crecer el tallo principal, podando los brotes laterales de manera continua; en el sexto racimo floral se dejaron tres hojas por arriba de éste y se eliminó el punto de crecimiento o yema apical. Se podaron las hojas inferiores conforme los frutos maduraban, con el fin de favorecer la circulación de aire en el dosel bajo, así como homogeneizar la madurez de los mismos.

5.4.5. Polinización

Para favorecer la polinización y amarre de los frutos, se movían diariamente las plantas golpeando los tutores manualmente.

5.4.6. Control de plagas y enfermedades

Se observaron síntomas de ataque de cenicilla (*Leveillula taurica*) (Figura 6). Para su control se aplicó CUPRAVIT MIX (oxicloruro de cobre + mancozeb) en

dosis de 2 g l^{-1} ; después de cinco días, se aplicó 1 g l^{-1} de BAYLETON (triadimefon).

Se manifestó ataque de acaro bronceador (*Acullops sp.*), el control se efectuó con una aplicación de SULFOCOP (azufre elemental) en dosis de 3 ml l^{-1} .

5.4.7. Cosecha

Se realizó el primer corte a los 82 días después del trasplante para todos los tratamientos (Figura 8). Los frutos se colectaron en el término de rayado (40 % o más de su superficie cubierta por color rosa-rojo) hacia maduro (rojo 100 %).

5.5. Desarrollo del experimento

a) Preparación del sustrato

a1) Suelo natural

El suelo se cribó o tamizó, para eliminar piedras y restos vegetales mayores a 13 mm.

a2) Arena de tezontle

La arena de tezontle extraída de minas de la región, con granulometría (0.2 y 2.5 mm,), totalmente virgen se le llevó a las macetas o contenedores.

a3) Turba (Cosmopeat[®])

A este material se le hidrató previamente, luego se procedió al llenado de las macetas.

a4) Vermicomposta

Debido al alto contenido de sales que presenta la vermicomposta, se procedió a su lavado, dos inmersiones en agua corriente de una hora cada ciclo. Se le expuso a la acción del sol y viento para su secado y facilitar así su manejo.

a5) Fibra de coco (Germinaza[®])

A este material se le hicieron tres lavados con agua corriente, de 1 hora cada uno, para minimizar el contenido de sales que presenta. Posteriormente se sumergió la fibra de coco en una solución de nitrato de calcio, a una concentración de 1000 ppm de Ca, para disminuir su capacidad de intercambio catiónico (CIC); es decir, para neutralizarla y se comportara como un material inerte.

b) Preparación de las soluciones nutritivas

Se utilizaron tres soluciones nutritivas, una inorgánica a base de sales comerciales, exclusiva para el tratamiento testigo (TE + SI) (arena de tezontle manejado en hidroponía), otra con un producto comercial elaborado a base de humatos y fulvatos (CYTOAMIN L) para los tratamientos (V25 + SN75 + Cy, V50

+ SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy), y la última una solución orgánica elaborada con efluente o abono líquido de lombriz para el resto de los tratamientos.

b1) La solución inorgánica

La solución nutritiva empleada para el tezontle manejado en hidroponía, se formuló con la siguiente concentración de cada nutrimento, expresada en partes por millón (Cuadro 8).

Cuadro 8. Concentración de la solución nutritiva inorgánica utilizada en la Investigación.

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN (ppm)	FUENTE
Nitrógeno	250	Nitrato de calcio
Fósforo	60	Ácido fosfórico
Potasio	300	Sulfato de potasio
Calcio	350	Nitrato de calcio
Magnesio	60	Sulfato de magnesio
Azufre	NC	Sulfato de ...
Boro	0.5	Borax
Fierro	3	Sulfato ferroso
Cobre	0.5	Sulfato de cobre
Zinc	0.5	Sulfato de zinc
Manganeso	0.05	Sulfato de manganeso
NC No cuantificado.		

b2) La solución nutritiva del producto CYTOAMIN L

Se diluyó un litro del producto CYTOAMIN L (Cuadro 9a del anexo a) en agua (Cuadro 9), se aforó a 1000 litros, se aciduló con ácido fosfórico para tener un pH de 6.0 a 6.5. Las concentraciones de los nutrientes de la solución orgánica final con la que se regaban las plantas se indican en el Cuadro 9).

Cuadro 9. Concentración final de la solución nutritiva del producto CYTOAMIN L

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN (ppm)
Nitrógeno (N)	150
Fósforo (P_2O_5)	100
Potasio (K_2O)	50
Ácidos fúlvicos	150
Microelementos (Fe, Zn, Cu, Mg, Mn; B, Co, y Mo)	No cuantificado

b3) La solución orgánica

El efluente de lombriz se obtuvo de camas de lombricomposta alimentadas con estiércol maduro de bovino lechero previamente compostado.

Se diluyó un litro del efluente en 100 litros de agua y se le aciduló con ácido fosfórico a un pH de 6.0-6.5. Las concentraciones de los nutrientes de la solución orgánica final con la que se regaban las plantas se indican en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Concentración de la solución nutritiva orgánica utilizada en la Investigación.

NUTRIMENTO	CONCENTRACION (ppm)
Nitrógeno	31.0
Fósforo	21.0
Potasio	470
Calcio	10.24
Magnesio	9.2
Azufre	NC
Boro	0.3
Fierro	1.1
Cobre	0.15
Zinc	0.1
Manganeso	0.1

NOTA: NC No cuantificado.

5. 6. Variables evaluadas

a) Diámetro de tallo (DT)

Esta variable se midió por debajo de la primera hoja verdadera, usando una regla graduada en mm.

b) Número de hojas (NHj)

Se contabilizaron el número de hojas verdaderas desarrolladas al trasplante, y a cada quince días hasta el día en que se despuntaron las plantas.

c) Altura de la planta (AP)

Medida con un flexómetro desde el nivel del sustrato hasta la parte superior de la planta, fue evaluada cada 15 días hasta cuando se realizó el despunte.

d) Rendimiento total de fruto (REN)

Se consideró toda la producción obtenida en los trece cortes cuantificado en gramos por planta, aunque en algunos tratamientos el número de cortes fue menor.

e) Número de frutos por planta (NFP)

Se obtuvo al contabilizar el total de frutos cosechados en cada tratamiento divididos entre el número de plantas productivas. El punto de corte fue de rayado (40 % o más de su superficie cubierta por color rosa-rojo) hacia maduro (rojo 100 %).

f) Peso promedio de frutos (PF)

Se dividió el peso total de frutos en cada tratamiento entre el número de frutos cosechados.

g) Número de frutos categorizado por peso (NF)

En cada uno de los trece cortes, los frutos se clasificaron en cuatro tamaños en base a peso (Figura 9), éstas fueron definidas como:

- 1ª. Número de frutos por planta con peso igual o mayor a 90 gramos.
- 2ª. Número de frutos por planta con peso entre 60 y 90 gramos.
- 3ª. Número de frutos por planta con peso de 30 a 60 gramos.
- 4ª. Número de frutos por planta menores o iguales a 30 gramos.

h) Número de frutos con deficiencias de calcio (FdCa)

Se cuantificaron todos los frutos por tratamiento que presentaban síntomas de pudrición apical por deficiencia de calcio (Figura 4), ya que este fue un síntoma que se evidenció en algunos tratamientos.

i) Diámetro ecuatorial y polar de fruto (Dp y De)

Estas variables fueron medidas con un vernier en una muestra de 10 frutos para cada tratamiento.

j) Peso específico de fruto (PE)

Se obtuvo al dividir el peso de la muestra de 3 frutos (gr) entre el volumen de agua desplazado por la muestra (cm³).

k) Sólidos solubles totales (SST)

Los resultados de esta variable son medias de tres lecturas para cada uno de los tratamientos evaluados. Se determinó con un refractómetro manual con escala 0-32 % previamente calibrado en agua destilada. Consistió en poner de una a dos gotas de jugo de jitomate, tomando inmediatamente la lectura en grados ° Brix., lavándolo con agua destilada después de poner cada una de las muestras.

5.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se hizo análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de los datos promedio de los trece cortes, usando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), con un nivel de significancia del 5 %.

5.7.1. Contrastes

En este trabajo se planteó la necesidad de conocer algunos comportamientos entre grupos de tratamientos. Por ejemplo; ¿Es significativa la diferencia entre el efecto testigo y el del resto de los tratamientos?, ¿El efecto de los tratamientos: FC75 + V25 + SO, FC50 + V50 + SO y FC25 + V75 + SO es igual al de los tratamientos: V25 + SN75 + SO, V50 + SN50 + SO y V75 + SN25 + SO?. Estas y otras preguntas fueron planteadas y para ello se recurrió a la técnica de contrastes.

En el Cuadro 1a del anexo se presenta la matriz de coeficientes de los contrastes establecidos (Cuadro 11). En este último, también se presenta la descripción de cada contraste. Además, se estimó el valor porcentual de las diferencias entre los valores medios para cada grupo de tratamientos contrastados.

Para ello, al promedio del primer grupo de tratamientos se les restó el promedio del segundo grupo de tratamientos, esta diferencia se expresó en por ciento del valor del promedio del segundo grupo de tratamientos.

5.8. Análisis económico

Para la evaluación económica de los tratamientos evaluados, únicamente se consideran los costos variables, ya que son estos los que diferencian a los tratamientos: el costo de los sustratos y los nutrimentos (fertilizantes, producto CYTOAMIN L y el efluente de lombriz). Los costos fijos, que son constantes para todos los tratamientos, no se consideraron en el análisis económico.

Cuadro 11. Relación de contrastes establecidos y su descripción.

No. CONTRASTE	DESCRIPCIÓN
1 (SN vs RT)	Suelo vs el resto de los tratamientos
2 (TE vs RT)	Tezontle vs el resto de los tratamientos
3 (TU vs RT)	Turba vs el resto de los tratamientos
4 (V vs RT)	Vermicomposta vs el resto de los tratamientos
5 (FC vs RT)	Fibra de coco vs el resto de los tratamientos
6 (TE vs SN+TU+V+FC)	Testigo vs sustratos al 100 %
7 (TE vs MFCVSO)	Testigo vs mezclas: fibra de coco y vermicomposta, nutridas con solución orgánica
8 (TE vs MVSNSO)	Testigo vs mezclas: vermicomposta y suelo irrigadas con solución nutritiva orgánica
9 (TE vs MVSNCY)	Testigo vs mezclas: vermicomposta y suelo con solución nutritiva del producto CYTOAMIN L
10 (TE vs MFCVSO + MVSNSO y MVSNCY)	Testigo vs mezclas: con dos componentes en su mezcla.
11 (SN + TE + TU + V + FC vs RT)	Tratamientos al 100 % vs el resto de los tratamientos
12 (MFCVSO vs MVSNSO)	Mezclas fibra de coco y vermicomposta vs mezclas vermicomposta y suelo más la solución orgánica
13 (MFCVSO vs MVSNCY)	Mezclas fibra de coco y vermicomposta vs mezclas vermicomposta y suelo más sol. CYTOAMIN L
14 (MVSNSO vs MVSNCY)	Mezclas vermicomposta-suelo más solución orgánica vs mezclas vermicomposta-suelo más sol. CYT.
15 (V1/3 + FC1/3 + TU1/3 vs RT)	Tratamiento 15 vs el resto de los tratamientos

NOTA: TE + SI = Testigo = Arena de tezontle manejada en hidroponia

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento y sus componentes primarios

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 12) para las variables rendimiento total promedio por planta y sus componentes número de frutos promedio por planta y peso medio de fruto, indican que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 12. Cuadrados medios del Análisis de varianza para las variables rendimiento total y sus componentes: número de frutos totales y peso medio de fruto por planta. Chapingo, Méx. 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Rendimiento (g/planta)	Frutos por planta	Peso medio de fruto (g)
Tratamiento	14	763463*	32.56*	108.06*
Bloques	3	712410	23.84	381.50
Error	42	149114	13.42	40.17
R ²		0.672	0.483	0.611
CV		9.920	8.916	6.699
Media general		3892.6	41.1	94.6

* Al menos un tratamiento tuvo efecto diferente a los demás con un $\alpha \leq 0.05$.

R² = Coeficiente de determinación. CV = Coeficiente de variación.

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 13) se tienen diferencias significativas para las variables: rendimiento promedio por planta y sus componentes número de frutos totales y peso medio de fruto. Se puede observar que para el rendimiento promedio de planta el máximo valor correspondió al tratamiento TU100 + SO superando al tratamiento testigo (TE + SI) en un 2.8 %, aún cuando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) reportó igualdad estadística para ambos tratamientos. El menor valor correspondió al tratamiento V75 + SN25 + SO, seguido por el tratamiento V75 + SN25 + Cy con 3259 y 3261 gramos por planta, respectivamente.

En cuanto al número de frutos por planta, se observa una tendencia similar a la anterior, resultando nuevamente que los tratamientos TU100 + SO y TE + SI fueron los que presentaron la mayor cantidad de frutos (45.5 y 44.7 frutos, respectivamente). El menor número de frutos se tuvo en los tratamientos V100 + SO, V50 + SN50 + SO, V75 + SN25 + SO y V75 + SN25 + Cy, todos ellos menores a 40 frutos por planta, teniéndose el menor valor en el tratamiento V75 + SN25 + Cy con 36 frutos por planta.

Para la variable peso medio de frutos, el tratamiento FC100 + SO presentó el mayor valor (104 g) seguido de los tratamientos TU100 + SO y TE + SI con valores superiores a los 100 gramos. Los menores valores en el peso medio de fruto se tienen en los tratamientos V75 + SN25 + SO y V50 + SN50 + Cy con 87 y 86 gramos, respectivamente.

Cuadro 13. Comparación de medias para las variables rendimiento promedio y sus componentes número de frutos por planta y peso medio de fruto, Chapingo, Méx. 2004.

Tratamiento	Rendimiento (g/planta)	Frutos por planta	Peso medio de frutos (g)	Rendimiento Unitario por superficie (kg/m ²)
TU100 + SO	4629.0 a*	45.5 a*	101.0 ab*	15.27
TE + SI ^T	4502.0 ab	44.7 ab	100.0 ab	14.85
FC100 + SO	4393.0 abc	42.0 ab	104.0 a	14.49
FC50 + V50 + SO	4128.0 abcd	43.2 ab	95.0 ab	13.62
SN100 + SO	4124.0 abcd	44.2 ab	93.0 ab	13.61
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	4071.0 abcd	42.5 ab	96.0 ab	13.43
V25 + SN75 + Cy	4013.0 abcd	41.0 ab	97.0 ab	13.24
V25 + SN75 + SO	3907.0 abcd	42.0 ab	92.0 ab	12.89
FC25 + V75 + SO	3838.0 abcd	40.2 ab	95.0 ab	12.66
FC75 + V25 + SO	3834.0 abcd	40.5 ab	94.0 ab	12.65
V50 + SN50 + Cy	3590.0 bcd	41.5 ab	86.0 b	11.85
V50 + SN50 + SO	3446.0 cd	38.2 ab	90.0 ab	11.37
V100 + SO	3388.0 d	37.2 ab	91.0 ab	11.18
V75 + SN25 + Cy	3261.0 d	36.0 b	90.0 ab	10.76
V75 + SN25 + SO	3259.0 d	37.5 ab	87.0 b	10.75
DMS	982.87	9.327	16.133	

* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$).

DMS = Diferencia Mínima Significativa. ^T Testigo

El tratamiento TU100 + SO produjo el mayor rendimiento (4629.0 g/planta, 15.27 kg/m²) seguida del tratamiento testigo TE + SI con 4502 g/planta. Estos resultados eran esperados considerando que la turba (Cosmopeat[®]) es un sustrato con excelentes propiedades físicas, con alto contenido en nutrientes, más el complemento dado en la nutrición con la solución orgánica del efluente de lombriz (Cuadro 10), no encontrándose diferencia en cuanto a productividad con el tratamiento testigo (TE + SI) que fue el de mejor manejo en cuanto a la formulación de la solución nutritiva (Cuadro 8) y a la calidad del sustrato (Cuadro 5a. Cuadro 6a). El tratamiento FC100 + SO con un rendimiento promedio comparable a los tratamientos TU100 + SO y TE + SI, produjo los frutos de mayor tamaño, y el tratamiento SN100 + SO produjeron rendimientos superiores a los 4 kilogramos por planta.

En los tratamientos V25 + SN75 + SO, V50 + SN50 + SO, V75 + SN25 + SO, V25 + SN75 + Cy, V50 + SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy, en cuya mezcla se tiene a los componentes suelo y vermicomposta, se observaron los menores rendimientos en fruto, debido posiblemente a las propiedades físicas y químicas resultantes de la mezcla, principalmente las de la vermicomposta, ya que el suelo (SN100 + SO) aún cuando presentó alta densidad de partículas finas que provocan disminución del volumen de sustrato en el contenedor y la consecuente pérdida de espacio poroso que se traduce en falta de oxigenación a las raíces de las plantas produjo mayor rendimiento que todos ellos.

Una de las observaciones visuales durante el desarrollo de la investigación fue el pobre cuajado o amarre de frutos en todos los tratamientos, en especial la pérdida de flores en el primer racimo floral. Una de las causas pudo ser la alta temperatura (mayores a 30 ° C por tres horas o más en todo el ciclo del cultivo), como lo describe Stevens y Rudich (1978), al señalar que las altas temperaturas (26/20 ° C) durante la fructificación provocan la caída de flor y limitan el cuajado (30/20 ° C).

Se observa de manera general que, los tratamientos que contiene vermicomposta en proporción igual o mayor al 50 % de su volumen (Tratamientos V100 + SO, FC50 + V50 + SO, FC25 + V75 + SO, V50 + SN50 + SO, V75 + SN25 + SO, V50 + SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy), presentan los menores valores en las tres variables previamente discutidas, comportamiento que pudiera explicarse ó justificarse por el mayor contenido de sales presentes en estos sustratos (Cuadro 5a y Cuadro 6a), coincidiendo con lo reportado por Chamarro (1995), Cuartero *et al.* (1995) y Nuez (1995), quienes señalan que las plantas de jitomate cultivadas en suelos salinos producen menor número de flores y frutos más pequeños. También es posible atribuir este efecto al genotipo evaluado debido a que, en variedades de crecimiento indeterminado, es difícil armonizar el número de racimos, el número de flores por racimo, el elevado número de frutos por racimo y el peso medio de fruto, especialmente a partir del cuarto o quinto racimo, al producirse un notable descenso en el porcentaje de cuajado (Nuez, 1995).

Por otra parte, considerando que la arena de tezontle como material inorgánico no aporta nutrimentos de manera significativa y presenta una baja reacción con las soluciones nutritivas, el efecto sobre las variables analizadas podría estar determinado por sus propiedades físicas, ya que presenta buenas características de aireación, que según reportes de Valdivia (1989), su porosidad es de 55.63 %, lo que le permite el manejo con altos niveles de humedad sin presentar problemas de aireación. Tomando en cuenta que la cantidad y frecuencia de los riegos no presentaron indicios de efectos negativos (sobre todo estrés hídrico severo), es probable que esta propiedad física haya favorecido el desarrollo general de las plantas, y como consecuencia el efecto sobre esta variable.

En el caso de las mezclas: fibra de coco y vermicomposta (FC75 + V25 + SO, FC50 + V50 + SO y FC25 + V25 + SO), así como las mezclas: vermicomposta y suelo natural (V25 + SN75 + SO, V50 + SN50 + SO, V75 + SN25 + SO, V25 + SN75 + Cy, V50 + SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy), es muy probable que existan reacciones de absorción e intercambio catiónico entre el sustrato y las soluciones nutritivas, ya que de acuerdo con Morales (1988), al mejorar la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, se liberan cantidades considerables de nutrimentos esenciales para las plantas y de alta disponibilidad; además de que es posible la presencia de sustancias orgánicas activas, que pudieran influir en algunos procesos bioquímicos en el metabolismo y respuesta fisiológica del jitomate, el cual está reportado por Viser (1986; citado por Rodríguez, 1992) como parte del grupo de plantas (junto con

el betabel, papa y zanahoria) que responden significativamente a la aplicación de estas sustancias (como ácidos húmicos, fúlvicos, etc.) y que han sido encontradas en materiales orgánicos parecidos, como la turba o peat-moss (Peningsfeld y Kurzmann, 1985).

Se realizó un análisis de varianza para las variables número de frutos clasificados de acuerdo a tamaño con base a peso de fruto, encontrándose diferencias estadísticas significativas sólo en frutos de primera y tercera clasificación cualitativa (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables número de frutos de primera, segunda, tercera y cuarta calidad en base a peso de fruto. Chapingo, Méx. 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Fruto ≥ 90 g	Fruto 60 a 90 g	Fruto 30 a 60 g	Fruto ≤ 30 g
Tratamiento	14	73.78**	11.22	6.85**	1.22
Bloques	3	63.13	35.53	24.40	3.78
Error	42	17.26	6.23	3.27	0.98
R^2		0.627	0.501	0.551	0.408
CV		23.32	14.642	42.590	18.280
Media general		17.8	17.0	4.2	2.4

*Al menos un tratamiento tuvo efecto diferente a los demás con un $\alpha \leq 0.05$.

R^2 = Coeficiente de determinación. CV = Coeficiente de variación.

Para el caso del número de frutos de primera (≥ 90 gramos por fruto) , se observa (Cuadro 15) que los tratamientos TE + SI, TU100 + SO y FC100 + SO

fueron en los que se obtuvo la mayor cantidad de ellos, siendo 23.9, 24.2 y 23.6 frutos por planta, respectivamente, con igualdad estadística entre ellos. La menor cantidad de éstos se obtuvo en los tratamientos V75 + SN25 + SO y V75 + SN25 + Cy, con 11.1 y 12.0 frutos, respectivamente. Era de esperarse estos resultados, ya que el tratamiento testigo (TE + SI) reúne el mejor manejo de la solución nutritiva balanceada acompañada de un excelente sustrato inerte (Cuadro 8, Cuadro 5a y Cuadro 6a), lo cual facilita la conducción del cultivo. En el caso del peat moss (Tu100 + SO), es conocida los excelentes resultados que se han obtenido en muchos trabajos de investigación (Penningsfeld y Kurzman, 1983; Sutherland, 1989; Resh, 1992).

En frutos de tercera (30 a 60 gramos) (Cuadro 15), el tratamiento V50 + SN50 + Cy fue el de mayor número de frutos y la menor cantidad de ellos se tuvo en el sustrato FC100 + SO.

En el Cuadro 16 se muestran los valores porcentuales en frutos de jitomate de 1ª, 2ª, 3ª y 4ª clasificación base a tamaño dentro de cada tratamiento evaluado. Se observa que en la fibra de coco (FC100 + SO) se encontró mayor proporción de frutos de 1ª y 2ª (56.34 %, 33.11 %) (Cuadro 16), superando al tratamiento testigo (TE + SI) cuyos valores son: 53.67 % para frutos de 1ª y 32.88 % en frutos de 2ª, seguida de la turba o peat moss (TU100 + SO) con 52.40 % en frutos de 1ª y 36.63 % en frutos de 2ª, respectivamente. La menor cantidad de frutos de 1ª se tienen en el tratamiento V75 + SN25 + SO con 29.21 %, para

frutos de 2ª correspondió el menor valor en el tratamiento testigo (TE + SI) con 32.88 %.

Cuadro 15. Comparación de medias de las variables número de frutos por planta de primera, segunda, tercera y cuarta calidad en base a tamaño. Chapingo, Méx. 2004

Tratamiento	Fruto 1ª ≥ 90 g	Fruto 2ª 60 a 90 g	Fruto 3ª 30 a 60 g	Fruto 4ª ≤ 30 g
TU100 + SO	24.2 a	16.9 a	2.8 ab	2.22 a
TE + SI ^T	23.9 a	14.6 a	2.8 ab	3.17 a
FC100 + SO	23.6 a	13.9 a	1.8 b	2.60 a
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	22.1 ab	15.1 a	3.4 ab	1.94 a
V25 + SN75 + Cy	19.5 abc	16.2 a	3.5 ab	2.00 a
FC50 + V50 + SO	18.9 abc	16.9 a	4.5 ab	3.04 a
SN100 + SO	18.3 abc*	19.9 a	4.0 ab*	2.56 a
V25 + SN75 + SO	17.1 abc	17.6 a	4.8 ab	2.46 a
FC25 + V75 + SO	17.1 abc	18.5 a	3.2 ab	1.89 a
FC75 + V25 + SO	16.1 abc	18.2 a	4.2 ab	2.15 a
V100 + SO	14.3 abc	16.1 a	5.2 ab	2.35 a
V50 + SN50 + Cy	14.2 abc	17.0 a	6.6 a	3.80 a
V50 + SN50 + SO	14.0 abc	16.9 a	5.7 ab	2.16 a
V75 + SN25 + Cy	12.0 bc	18.1 a	5.2 ab	1.83 a
V75 + SN25 + SO	11.1 c	19.3 a	5.5 ab	2.03 a
DMS	10.57	6.35	4.60	2.53

* Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo a (Tukey, $\alpha=0.05$). ^T Testigo en la presente investigación.

Cuadro 16. Porcentuales en frutos de jitomate de 1ª, 2ª, 3ª y 4ª categoría en base a tamaño en los tratamientos evaluados. Chapingo, Méx. 2004.

Tratamiento	Porcentuales			
	% Fruto ≥ 90 g	% Fruto 60 a 90 g	% Fruto 30 a 60 g	% Fruto ≤ 30 g
FC100 + SO	56.34	33.11	4.34	6.20
TE + SI ^T	53.67	32.88	6.34	7.11
TU100 + SO	52.40	36.63	6.16	4.81
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	51.91	35.44	8.09	4.57
V25 + SN75 + Cy	47.34	39.28	8.54	4.84
FC50 + V50 + SO	43.57	38.92	10.52	6.98
FC25 + V75 + SO	42.06	45.43	7.87	4.64
SN100 + SO	40.94	44.42	8.93	5.71
V25 + SN75 + SO	40.73	41.82	11.61	5.85
FC75 + V25 + SO	39.69	44.66	10.37	5.28
V100 + SO	37.64	42.53	13.66	6.17
V50 + SN50 + SO	36.08	43.55	14.81	5.56
V50 + SN50 + Cy	34.09	40.94	15.85	9.13
V75 + SN25 + Cy	32.43	48.64	14.00	4.93
V75 + SN25 + SO	29.21	50.90	14.56	5.34
Media	42.54	41.28	10.38	5.81

^T Testigo

6.2. Diámetro ecuatorial y diámetro polar de frutos

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 17) para las variables diámetro ecuatorial y diámetro polar de fruto, indican que existen diferencias significativas entre tratamientos para ambas variables.

Cuadro 17. Cuadrados medios del análisis de varianza para diámetro ecuatorial y diámetro polar de frutos de jitomate. Chapingo, Méx. 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Diámetro ecuatorial de fruto (mm)	Diámetro polar de fruto (mm)
Tratamiento	14	5.367	17.799 *
Bloques	3	18.946	62.866
Error	42	1.994	6.618
R ²		0.6118	0.6116
C. V.		3.3706	3.8718
Media general		41.89	66.44

*Al menos un tratamiento tuvo efecto diferente a los demás con $\alpha=0.05$.

R² = Coeficiente de determinación C. V. = Coeficiente de variación

En la comparación de medias (Cuadro 18), para la variable diámetro ecuatorial de frutos el tratamiento FC100 + SO presenta el mayor valor (44.10 mm). Los menores valores en el diámetro ecuatorial se tienen en los tratamientos V75 + SN + SO y V50 + SN50 + Cy con 40.21 y 40.02 mm, respectivamente.

En cuanto al diámetro polar de fruto (Cuadro 18), la media más alta corresponde a la fibra de coco como sustrato al 100 % nutrida con la solución orgánica (70.47 mm), con la misma tendencia que para el diámetro ecuatorial, seguido de los tratamientos turba y el testigo (hidroponía), estos últimos estadísticamente iguales entre sí. El menor valor en esta variable se tiene en los tratamientos 11 y 13 con 63.38 y 63.04 mm, respectivamente. Es lógico el

tener la misma tendencia en los tratamientos, debido a la alta correlación que existe entre ambas variables.

Cuadro 18. Comparación de medias para las variables diámetro ecuatorial y diámetro polar en frutos de jitomate. Chapingo, Méx. 2004.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)		Diámetro polar (mm)	
FC100 + SO	44.10	a*	70.47	a*
TU100 + SO	43.49	ab	69.36	ab
TE + SI ^T	43.31	ab	69.02	ab
V25 + SN75 + Cy	42.64	ab	67.80	ab
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	42.23	ab	67.07	ab
FC25 + V75 + SO	42.05	ab	66.74	ab
FC50 + V50 + SO	42.04	ab	66.71	ab
FC75 + V25 + SO	41.94	ab	66.54	ab
SN100 + SO	41.61	ab	65.94	ab
V25 + SN75 + SO	41.52	ab	65.77	ab
V100 + SO	41.13	ab	65.06	ab
V50 + SN50 + SO	41.05	ab	64.92	ab
V75 + SN25 + Cy	41.01	ab	64.84	ab
V75 + SN25 + SO	40.21	b	63.38	b
V50 + SN50 + Cy	40.02	b	63.04	b
DMS	3.5938		6.5481	

* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$). DMS = Diferencia Mínima Significativa ^T Testigo.

6.3. Variables morfológicas

El análisis de varianza (Cuadro 19), indica que sólo se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable diámetro de tallo, lo cual también se puede observar en el Cuadro 20.

Cuadro 19. Cuadrados medios del Análisis de varianza para caracteres morfológicos, en plantas de jitomate despuntadas a seis racimos. Chapingo, Méx. 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas
Tratamiento	14	55.51	1.16**	0.14
Bloques	3	151.91	1.95	0.55
Error	42	32.97	0.25	0.18
R ²		0.470	0.674	0.326
C. V.		3.735	4.549	1.613
Media general		153.7	11.0	26.3

* Al menos un tratamiento tuvo efecto diferente a los demás con $\alpha=0.05$

R² = Coeficiente de determinación C. V. = Coeficiente de variación

En la variable altura de planta, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre sustratos o tratamientos; concluyéndose que para este carácter es indistinto utilizar cualquier sustrato o combinación de ellos.

En cuanto al número de hojas, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, debido posiblemente a la expresión fenotípica del material no influenciada por condiciones ambientales de manejo.

Cuadro 20. Comparación de medias para caracteres morfológicos, en plantas de jitomate despuntadas a seis racimos. Chapingo, Méx. 2004.

Tratamiento	Altura de Planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas
FC75 + V25 + SO	159.0 a*	11.1 abcd	26.5 a*
V50 + SN50 + SO	158.1 a	11.1 abcd	26.4 a
TE + SI ^T	158.1 a	10.4 d	26.7 a
FC100 + SO	157.5 a	12.2 a	26.0 a
FC50 + V50 + SO	156.1 a	11.1 abcd	25.9 a
TU100 + SO	156.0 a	11.9 ab	26.2 a
V50 + SN50 + Cy	154.6 a	11.0 abcd	26.2 a
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	153.4 a	11.7 abc	26.5 a
SN100 + SO	152.7 a	10.5 cd	26.3 a
V25 + SN75 + Cy	152.7 a	11.0 abcd	26.2 a
V25 + SN75 + SO	151.4 a	10.8 bcd	26.3 a
V75 + SN25 + Cy	150.4 a	10.5 cd	26.3 a
V75 + SN25 + SO	149.6 a	10.5 cd	26.3 a
V100 + SO	149.6 a	10.8 bcd	26.3 a
FC25 + V75 + SO	146.5 a	11.2 abcd	26.1 a
DMS	14.61	1.28	1.08

* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$). DMS = Diferencia Mínima Significativa ^T Testigo.

El mayor diámetro de tallo se presentó en el tratamiento FC100 + SO con 12.20 mm medida por debajo del área cotiledonal. Los tratamientos FC75 + SN25 + SO, FC50 + SN50 + SO y FC25 + SN75 + SO (todos ellos contienen fibra de coco y fueron nutridas con la solución orgánica) muestran la misma tendencia,

debida posiblemente a las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención de humedad) de la fibra de coco muy superiores a los otros sustratos evaluados. El menor diámetro de tallo (10.45 mm) correspondió al tratamiento TE + SI (hidroponía comercial), justificado posiblemente por la capacidad de retención de humedad de la arena volcánica y al método de riego utilizado en la presente investigación.

Con base a los resultados obtenidos y a las observaciones visuales durante el transcurso del experimento, se destaca lo siguiente:

En los tratamientos con vermicomposta (V100 + SO y los tratamientos V25 + SN75 + SO al SN100 + SO4), en los primeros días del trasplante, se mostraron síntomas que podrían relacionarse con la presencia de sales en estos sustratos, ya que se presentaban márgenes y puntas de hojas necrosadas, hojas abarquilladas y crasas, aspectos que coinciden con la descripción dada por Cuartero (1995).

De acuerdo con lo anterior, será conveniente considerar en trabajos posteriores la inclusión de variables respuesta como peso seco, área foliar (o en su defecto medir la longitud de la hoja, longitud, ancho y número de foliolos), así como el análisis de tejidos vegetales y fruto.

6.4. Peso específico de frutos, sólidos solubles totales y pudrición apical de frutos

El análisis de varianza (Cuadro 21) no mostró diferencias significativas en peso específico de frutos, pero sí en sólidos solubles totales y pudrición apical de frutos.

Cuadro 21. Cuadrados medios del Análisis de varianza para las variables

Peso específico, Sólidos Solubles Totales y pudrición apical de frutos. Chapingo, Méx. 2004.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Peso específico (g cm ⁻³)	Sólidos Solubles Totales (° Brix).	Pudrición apical de frutos
Tratamiento	14	0.00059	0.30364*	170.3095*
Bloques	3	0.00266	0.02416	201.3777
Error	42	0.00068	0.14773	44.7349
R ²		0.3635	0.4106	0.6140
CV		2.5786	9.1407	118.0309
Media general		1.009858	4.2050	5.6667

*Al menos un tratamiento tuvo efecto diferente a los demás con $\alpha \leq 0.05$.

R² = Coeficiente de determinación. CV = Coeficiente de variación.

La comparación de medias (Cuadro 22) muestra que el tratamiento V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO produjo los frutos de mayor peso específico (1.0372 g cm⁻³) aunque estadísticamente fue igual al resto de los tratamientos, los menores valores corresponden a los tratamientos FC100 + SO y V50 + SN50 + SO con 0.9992 y 0.9835 g cm⁻³, respectivamente. En general, los tratamientos (los

sustratos y sus combinaciones) no tuvieron influencia sobre el peso específico de frutos. Es posible asociarse el valor unitario en el peso específico de los frutos al alto contenido de agua presentes en ellos y que se traduce en frutos no huecos y de textura firme.

Cuadro 22. Comparación de medias de las variables peso específico de frutos, sólidos solubles totales, número de frutos con pudrición apical. Chapingo, Méx. 2004.

Tratamiento	Peso específico (g cm ⁻³)		Sólidos Solubles Totales (° Brix).		Pudrición apical de frutos	
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	1.0372	a	4.4000	ab	4.750	ab
FC25 + V75 + SO	1.0230	a	4.2750	ab	10.250	ab
V100 + SO	1.0170	a	4.4500	ab	10.000	ab
FC75 + V25 + SO	1.0157	a	4.1500	ab	5.000	ab
V25 + SN75 + Cy	1.0157	a	4.1750	ab	1.500	b
V75 + SN25 + SO	1.0142	a	4.4500	ab	16.250	ab
V75 + SN25 + Cy	1.0127	a	4.4750	a	21.500	a
TU100 + SO	1.0092	a	3.9500	ab	1.250	b
FC50 + V50 + SO	1.0085	a	3.9750	ab	4.250	b
V50 + SN50 + Cy	1.0047	a	4.2250	ab	2.750	b
TE + SI ^T	1.0045	a	4.0250	ab	0.250	b
SN100 + SO	1.0017	a	4.2500	ab*	0.000	b*
V25 + SN75 + SO	1.0010	a	4.2250	ab	0.250	b
FC100 + SO	0.9992	a	3.4750	b	0.000	b
V50 + SN50 + SO	0.9835	a	4.5750	a	5.000	ab
DMS	0.0663		0.9783		2.0342	

* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas

de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$). DMS = Diferencia Mínima Significativa. ^T Testigo

En cuanto al contenido de sólidos solubles totales (SST) (Cuadro 22), la media más alta (4.6 ° Brix) se obtuvo con el tratamiento V50 + SN50 + SO, seguida del tratamiento V75 + SN25 + SO con 4.5 ° Brix, ambos tratamientos estadísticamente fueron iguales; debido posiblemente a la cantidad de sales presentes en estos sustratos y que tienen efecto en esta propiedad, ya que el contenido en SST y azúcares reductores suele ser más alto en frutos procedentes de plantas regadas con agua salina que en frutos de plantas regadas con agua dulce (Mizrahi, 198; Mizrahi et al., 1988; citado por Cuartero, 1995).

El menor valor correspondió al tratamiento FC100 + SO con 3.4750 ° Brix, respectivamente; una de las causas de la baja acidez en frutos se debe al efecto de las altas temperaturas ya que disminuyen la acidez del fruto desvaneciendo su sabor (Castilla, 1995).

En relación con el número de frutos con pudrición apical (Cuadro 22), el valor más alto (21.5) correspondió al tratamiento V75 + SN25 + Cy. Los tratamientos SN100 + SO, FC100 + SO y el testigo (TE + SI) mostraron los menores valores en esta variable.

En general, la pudrición apical de frutos se debe a una deficiencia de calcio. Al respecto, Salisbury y Ross (1994) reportan que la deficiencia de calcio en tomate ocasiona la degeneración de frutos jóvenes en las cercanías del botón floral. Entre las causas que pueden dar lugar a una deficiencia de Ca en el fruto

se encuentra una nutrición inadecuada, el crecimiento rápido del fruto, salinidad elevada en la zona radical y el abonado excesivo con nitrógeno amónico (Chamarro, 1995). La deficiencia de calcio junto con otros factores como las altas temperaturas, baja humedad relativa, condiciones de salinidad, estrés hídrico y desarrollo restringido de la raíz están asociados con la pudrición apical del fruto de tomate o Blossom end-rot (Wilcox, 1981; Lazcano, 1998).

Como se puede observar en el Cuadro 21, los tratamientos V100 + SO, FC25 + V75 + SO, V75 + SN25 + SO y V75 + SN25 + Cy presentan el más alto número de frutos con pudrición apical, esto debe asociarse con el alto contenido de sales presentes en estos tratamientos (Cuadro 6a), en donde se tiene como mínimo el 75 % de vermicomposta como componente básico en la mezcla o sustrato.

6.5. Contrastes ortogonales

Como ya se mencionó, se realizó una serie de contrastes que tienen relación con los objetivos del trabajo (Cuadro 11). En el Cuadro 2a se presenta sus cuadrados medios y su significancia, y en el Cuadro 3a se muestran los valores en porcentaje para cada contraste en las variables evaluadas. Este valor hace referencia a la magnitud de la diferencia, cuando se comparan las medias de dos grupos de tratamientos contrastados (Sea un grupo A y un grupo B expresado en % de B).

En rendimiento total de fruto, se tienen marcadas diferencias en los contrastes C 8 (TE **vs** MFCVSO), C 9 (TE **vs** MTVSNCy) y C 10 (TE **vs** MTCVSO más MVSNSO y MVSNCy), son altamente significativa para el contraste C 8 (TE **vs** MFCVSO, y significativas para los contrastes C 9 (TE **vs** MTVSNCy) y C 10 (TE **vs** MTCVSO más MVSNSO y MVSNCy) (Cuadro 2a), no encontrándose significancia estadística para el resto de los contrastes. Destaca el contraste C 8 (TE **vs** MFCVSO), en donde se observa que el testigo (hidroponía) produjo un 27.3 % más que el promedio de los tratamientos FC75 + V25 + SO, FC50 + V50 + SO y FC25 + V75 + SO.

En la variable número de frutos de primera (≥ 90 g), sólo en los contrastes C 8 (TE **vs** MFCVSO), C 10 (TE **vs** MTCVSO más MVSNSO y MVSNCy) y C 11 (SN+TE+TU+V+FC **vs** RT) se observan diferencias estadísticas significativas con 70.1, 53.70 y 28.7 %, respectivamente. El menor valor del contraste fue de 3.3 en C 1 (SN **vs** RT). Con base a esto, la mayor proporción de frutos de primera fueron producidos por el tratamiento testigo (TE + SI = hidroponía).

En cuanto a la variable diámetro de tallo, sólo el contraste C 5 (FC **vs** RT), señala diferencia estadística significativa, con una diferencia entre los valores medios de los grupos de tratamientos contrastados de 10.7 %. El menor valor del contraste se tiene en los contrastes C 6 (TE **vs** SN+TU+V+FC), C 2 (TE **vs** RT) y C 1 (SN **vs** RT) con -8.0, -6.2 y -6.0 %, respectivamente. Lo anterior indica que la fibra de coco como sustrato propicio un mayor diámetro de tallo.

En las variables número de frutos, peso de fruto, frutos de segunda, frutos de tercera y frutos de cuarta calidad en base a tamaño, número de hojas, altura de planta, diámetro polar de fruto, diámetro ecuatorial de fruto, peso específico de fruto y frutos con pudrición apical, no se observan diferencias estadísticas significativas para todos los contrastes; es decir, para éstos caracteres es indistinto utilizar cualquier sustrato o combinación de ellos.

6.6. Evaluación económica

A los diferentes tratamientos se les hizo un análisis económico, siendo conveniente aclarar que con las debidas reservas que conlleva extrapolar los resultados obtenidos en la investigación con los posibles resultados a nivel comercial, se consideraron los siguientes aspectos:

6.6.1. Rendimiento extrapolado por hectárea

Con el objeto de estimar un posible rendimiento comercial, se extrapolaron los rendimientos promedio por planta obtenidos en cada tratamiento, se les cálculo para una superficie de una hectárea (Cuadro 23).

Además, se estimó el valor porcentual de las diferencias para este indicador. Para ello, al valor del tratamiento testigo (TE + SI) se le restó el valor del tratamiento evaluado (SN100 + SO, TE + SI, ..., V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO), esta diferencia se expresó en por ciento del valor del tratamiento testigo.

Cuadro 23. Media de producción y diferencias porcentuales.

Tratamiento	Media de producción (Ton/ha)	Diferencia porcentual
TU100 + SO	156.67	2.84
TE + SI	152.35	0.00
FC100 + SO	148.67	-2.42
FC50 + V50 + SO	139.71	-8.30
SN100 + SO	139.58	-8.38
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	137.77	-9.57
V25 + SN75 + Cy	135.83	-10.85
V25 + SN75 + SO	132.23	-13.21
FC25 + V75 + SO	129.88	-14.75
FC75 + V25 + SO	129.75	-14.83
V50 + SN50 + Cy	121.51	-20.24
V50 + SN50 + SO	116.63	-23.45
V100 + SO	114.67	-24.73
V75 + SN25 + Cy	110.35	-27.57
V75 + SN25 + SO	110.30	-27.60

Tomándose al testigo (TE + SI) como referencia, se observa que únicamente el tratamiento TU100 + SO superó al testigo en 2.94 % en el rendimiento ponderado, los otros tratamientos registran diferencias negativas con respecto al testigo.

Es importante resaltar que el tratamiento FC100 + SO presentó un rendimiento ligeramente menor al testigo (-2.42 %), lo cual le hace un sustrato potencial para la producción orgánica de jitomate y otras hortalizas. La fibra de coco es

un material que existe en abundancia en México, que se le utiliza con mucha frecuencia en la producción de ornamentales y que ha demostrado ser un excelente medio de cultivo en la producción de jitomate, cítense los trabajos de Reynolds (1977) y Caraveo (1994).

La máxima diferencia porcentual negativa corresponde al tratamiento V75 + SN25 + SO seguida del tratamiento V75 + SN25 + Cy con -27.60 y -27.57, respectivamente.

6.6.2. Análisis económico por tratamiento

Para la evaluación económica de los tratamientos evaluados (Cuadro 24), únicamente se consideran los costos variables, ya que son estos los que diferencian a los tratamientos: el costo de los sustratos y los nutrimentos (fertilizantes, producto CYTOAMIN L y el efluente de lombriz). Los costos fijos, que son constantes para todos los tratamientos, no se consideraron en el análisis.

También, se estimó el valor porcentual de las diferencias para el costo por tratamiento (\$/ha). Para ello, al valor del tratamiento testigo (TE + SI) se le restó el valor del tratamiento evaluado (SN100 + SO, TE + SI, ..., V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO), esta diferencia se expresó en por ciento del valor del tratamiento testigo (Cuadro 24).

Cuadro 23. Costos por tratamiento y diferencias porcentuales.

Tratamiento	Costo por tratamiento (\$/ha)	Diferencia porcentual
TU100 + SO	1032120.00	- 626.19
V75 + SN25 + Cy	887284.80	- 524.29
V100 + SO	795240.00	- 459.52
V50 + SN50 + Cy	725868.00	- 410.71
FC25 + V75 + SO	680184.00	- 378.57
V75 + SN25 + SO	633484.80	- 345.71
FC50 + V50 + SO	565128.00	- 297.62
V25 + SN75 + Cy	564112.80	- 296.90
V50 + SN50 + SO	472068.00	- 232.14
FC75 + V25 + SO	450072.00	- 216.67
V1/3 + FC1/3 + TU1/3 + SO	423000.00	- 197.62
FC100 + SO	335016.00	- 135.71
V25 + SN75 + SO	310312.80	- 118.33
SN100 + SO	148896.00	- 4.76
TE + SI	142128.00	0.00

Con relación a los costos por tratamiento “sustrato”, nuevamente el tratamiento testigo (TE + SI) funge como punto de referencia. De manera general se observa que todos los tratamientos, exceptuando obviamente al testigo, muestran valores negativos en la diferencia porcentual, es decir, que el testigo (TE + SI) tiene el menor costo en comparación al resto de los tratamientos. El costo más alto entre los tratamientos “sustratos”, corresponde al tratamiento TU100 + SO superando al testigo en un 626.19 % en el costo por tratamiento,

debido al alto precio de la turba en el mercado, y a pesar de los excelentes resultados reportados en esta y otras investigaciones en la literatura científica, le hacen un material no accesible económicamente para los productores de orgánicos.

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo y muchos años de experiencia en trabajos de hidroponía en varias especies realizados en esta universidad y en otras instituciones, la arena de tezontle es un material excelente por su precio accesible y a las características físicas y químicas que posee (inerte y estéril). Para los productores de jitomate, podrá recomendarse la utilización de este material en mezcla con la fibra de coco o algún otro material orgánico, complementando la nutrición con la utilización de efluentes de lombriz o efluentes líquidos de digestor anaerobio (LEDA), previo análisis nutrimental de estos para la formulación de las soluciones nutritivas orgánicas, es posible la obtención de resultados positivos.

Los tratamientos V100 + SO, V50 + SN50 + Cy y V75 + SN25 + Cy presentan diferencias porcentuales muy altas (mayores al 400 % con respecto al testigo). Las razones habrá que encontrarlas en el precio de la vermicomposta y en el alto costo del producto CYTOAMIN L, que le hacen tratamientos prohibitivos para llevarlo a la explotación comercial.

El tratamiento SN100 + SO es el único que compite económicamente con el sistema hidropónico (TE + SI) en los costos variables (compra de sustrato y fuente fertilizante), la diferencia entre ellos no supera el 5 %. Aún cuando no existe mucha investigación científica en la utilización de suelos en contenedores, y conocidos los problemas de patógenos presentes en éste medio de cultivo y a la baja capacidad amortiguadora (desequilibrios nutricionales), pudiese ser llevado a la práctica de la agricultura orgánica en invernadero con los riesgos conocidos.

La vermicomposta o lombricomposta, a pesar de la fiebre de muchos entusiastas en su elaboración y a la fuerte promoción que le han dado como abono orgánico, con fundamento en las observaciones cualitativas (visuales) y cuantitativas (rendimiento), a las características físicas y químicas, así como al precio al cual se consigue en la región, no se le sugiere como sustrato en la producción orgánica de jitomate y otras hortalizas. Pero si es recomendable el utilizarse ya sea como abono o fuente de elementos minerales, o como componente en la mezcla de sustratos en proporción menor al 25 % en base a volumen; es necesario el conocer la fuente con la que se elabora la vermicomposta para evitar la presencia de elementos pesados (Plomo y Cadmio), así como el alto contenido de sales presentes en la mayoría de las vermicompostas que se comercializan, con estas situaciones se trabajó en la investigación. A los productores orgánicos de hortalizas que elaboran sus compostas y lombricompostas con residuos de cosechas, la utilización de ella no traerá problema alguno si se le utiliza como sustrato.

La fibra de coco con la solución nutritiva orgánica, aún cuando tiene una diferencia porcentual de 135.75 % en el costo por tratamiento, que es una de las menores comparándole con la hidroponía comercial, conociendo sus excelentes propiedades físicas (porosidad y retención de humedad), así como las experiencias observadas en la investigación, debiera considerársele en la producción orgánica de jitomate.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos, los resultados obtenidos y las condiciones en que se desarrolló el experimento, se puede concluir que:

El sustrato que obtuvo el mayor rendimiento de fruto por planta fue la turba nutrida con la solución orgánica (efluente de lombriz) siendo de 4629.8 g/planta superando al testigo (hidroponía) en 2.8 %, siendo ambos tratamientos con igualdad estadística.

El uso del efluente de lombriz mostró ser una buena fuente de nutrimentos para la formulación de la solución nutritiva orgánica con la que se regó la fibra de coco al 100 % como sustrato, al ser su rendimiento estadísticamente igual al testigo con 4393 y 4502 g por planta, respectivamente.

La utilización de la solución nutritiva del producto CYTOAMIN L[®] en las condiciones en que se evaluó (mezclas suelo-vermicomposta), mostró los menores valores en las variables evaluadas, motivado principalmente por el alto contenido de sales de la vermicomposta y la alta densidad aparente del suelo.

La fibra de coco irrigada con la solución orgánica (efluente de lombriz), manifestó buen potencial como sustrato, ya que se observó mayor tamaño de frutos, y mayor rendimiento promedio por planta igualando al obtenido por el testigo (hidroponía).

El uso de las mezclas suelo-vermicomposta como sustrato no reflejó ventaja alguna respecto al resto de los tratamientos evaluados.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tukey $P \leq 0.05$) en las variables altura de planta, número de hojas y peso específico de fruto en los tratamientos evaluados.

El menor costo por tratamiento corresponde al testigo (hidroponía) en un 626.2 % menor con respecto a la turba que fue la de mayor rendimiento.

VIII. RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias generadas en el presente trabajo, para investigaciones posteriores sobre el tema se sugiere considerar lo siguiente:

- a) Las características nutricionales del producto CYTOAMIN L[®], deben ser consideradas en posteriores trabajos de investigación, ya que las condiciones en las que se validó no le permitieron manifestar su potencialidad como fuente de nutrimentos.
- b) Es necesario seguir evaluando sustratos naturales, más que nada aquellos que se tienen en gran cantidad y representan un potencial para su estudio (cítense como ejemplo: pulpa de café, cascarilla de arroz, bagazo de caña, entre otros).
- c) Evaluar el efecto de otras fuentes orgánicas para la formulación de las soluciones nutritivas y la corrección de deficiencias minerales.
- d) Evaluar los contenidos nutrimentales en hojas y frutos para la reformulación de las soluciones nutritivas durante el desarrollo del cultivo.

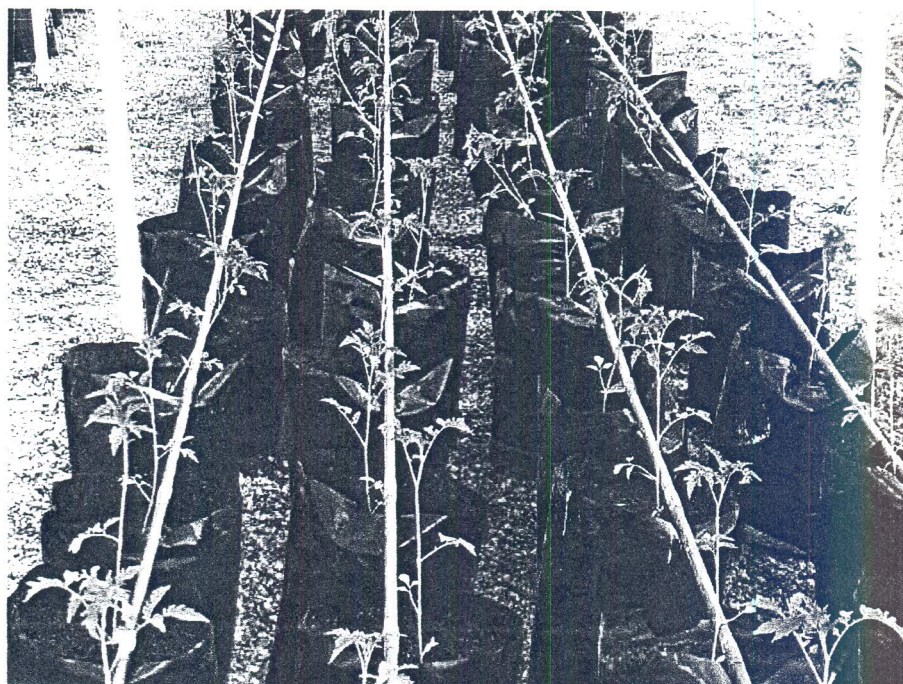


Figura 2. Establecimiento del experimento



Figura 3. Tutorado y etiquetado de las plantas de jitomate
(*Lycopersicon esculentum* Mill) a los 15 días después del trasplante



Figura 4. Deficiencia de calcio ó pudrición apical en frutos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) observadas en algunos tratamientos



Figura 5. Deficiencia de nitrógeno observada en el experimento

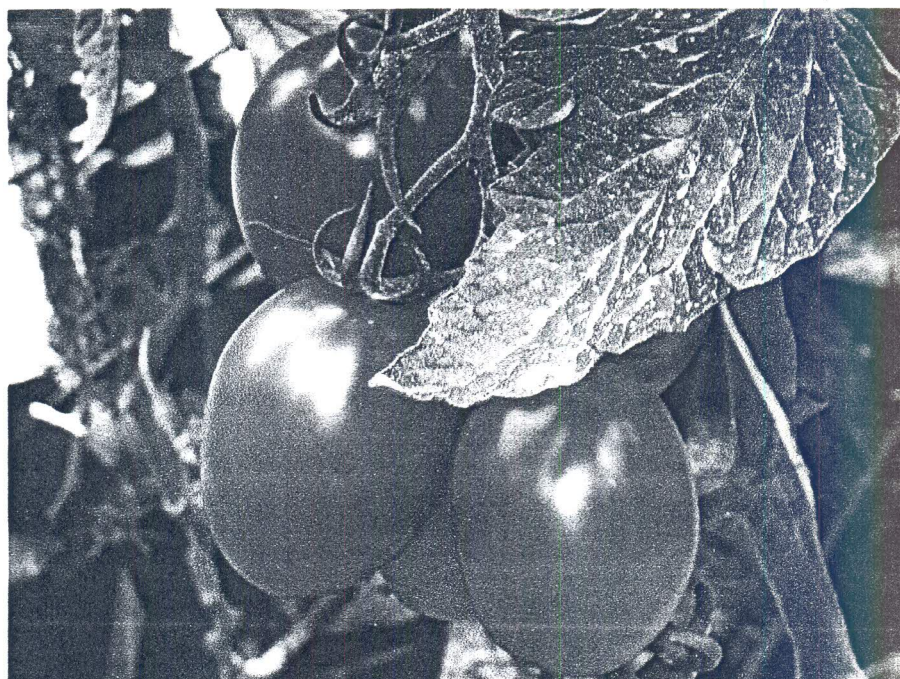


Figura 6. Frutos de la variedad “Reserva F1” de Vilmorin Seeds, y síntomas de ataque de *Leveillula taurica*



Figura 7. Plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y sus frutos

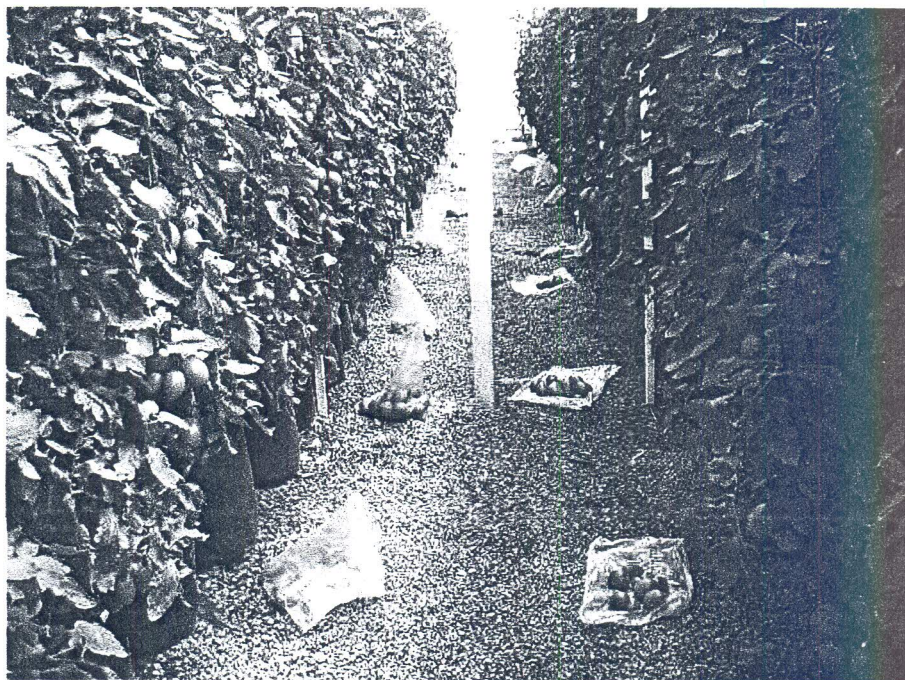


Figura 8. Primer corte realizado a los 82 días después del trasplante

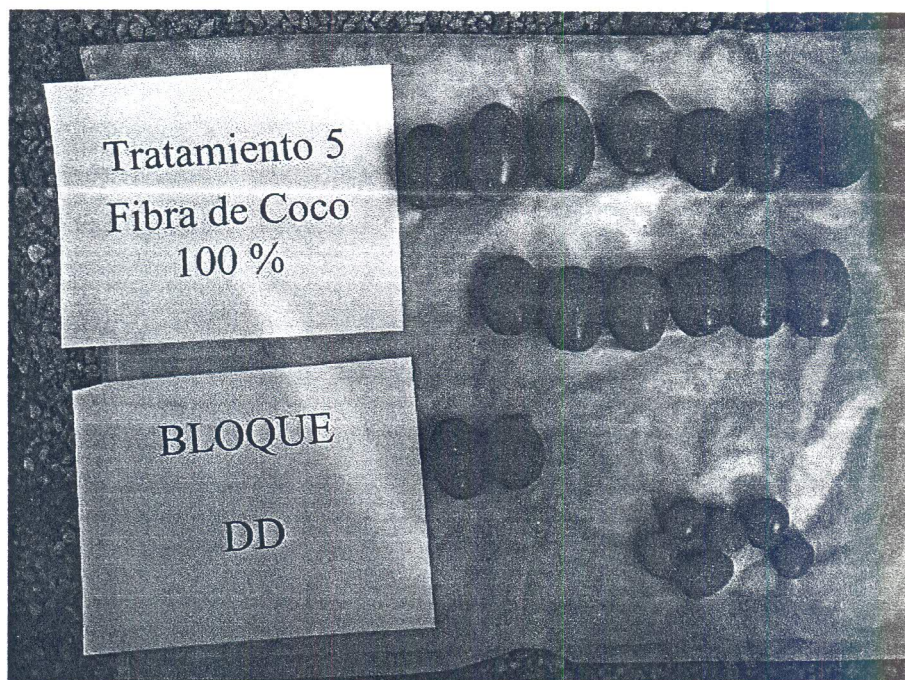


Figura 9. Clasificación de los frutos cosechados de jitomate
(*Lycopersicon esculentum* Mill) en uno de los tratamientos

IX. LITERATURA CITADA

ABAD, M.; NOGUERA, P. 1993. Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp. 137-183. In: Cultivos sin Suelo. M. Urrestarazu (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

ACOSTA R., M. 1997. Calidad de tres cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) Cera, Maradol y Sunset, y la susceptibilidad a la antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides* Penz.), en postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 118 p.

ADAMS, P. 1986. Mineral Nutrition, pp. 281-334. In: The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. J. G. Atherton, J. Rudich (Eds.). Chapman & Hall. New York.

ADAMS, P.; HO, L. C. 1993. Effects of enviroment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of "Blossom-end rot". Neth. J. Agric. Sci. 583-588.

ADAMS, P.; HOLDER, R. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca in the leaves and fruit of tomato. Journal of Horticultural Science. 67(1): 137-142.

ADRIANO, D.; PAULSEN, M.; MURPHY, S.. 1977. Phosphorus, iron and phosphorus-zinc relationship in corn seedlings as affected by mineral nutrition. Agron. Journal 63: 36-39.

ALEJO, J. A.; SÁNCHEZ del C., F. 1987. El aserrín de pino como sustrato hidropónico. Revista Chapingo. (56-57): 9-12.

ALTIERI, M. A. 1991. Agroecología. Las bases científicas para la agricultura alternativa. Traducido al español de Dulce Ma. Flores Gallardo. Chapingo, México. 270 p.

ARANGO, T. J. 1992. Experiencias sobre agricultura natural en México, pp. 21-22. In: Segundo Simposio Internacional y Primer Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico. Comisión de Estudios Ambientales - Colegio de Postgraduados – Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. D.F., México.

ARCHER, J. 1988. Crop Nutrition and Fertilizer use. Farming Press Ltd. USA. 265 p.

ARTEAGA, L.; OJEDA, L.; HERNÁNDEZ, E.; BRUNET, W. 1995. Factibilidad de una agricultura sostenible y sus posibilidades en Cuba, pp. 63-90. In: Agroecología y Desarrollo sustentable. 2º Seminario Internacional de

Agroecología. J. González; V. De la Cruz; J. Aguilar; M. V. González; D. Delgado; A. Vargas (eds.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. 1986. The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall. New York. 661 p.

AZTEINZA B., G. 1993. Tecnologías alternativas para el agro mexicano, pp. 107-138. In: Alternativas para el campo mexicano. Tomo II. Editorial Fontamara. D.F. México.

BASTIDA, A. 2002. Sustratos Hidropónicos. Serie de publicaciones Agribot. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 72 p.

BENTON , J.; WOLF, J. B.; MILLIS, A.. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing. Inc. USA. 213 p.

BIDWELL, R. G. S. 1979. Plant Physiology. MacMillan Publishing Co., Inc. New York, USA. 726 p.

BOLLO, E. 1992. Humus de lombriz y su aplicación. Lombricultura S:C:I:C: Ecuador. Folleto de divulgación. Quito, Ecuador.

BUENO, C. 1994. Cuba: producción de humus. Información publicitaria Agrovisión (9).

CADIGAL, V. L.; MAGGAT, S. 1977. Agronomic utilization of coconut husk at the Davao Research Center. Agric. Res. Branch Ann. Rep. p 44-50.

CAMINO, R.; MULLER, S. 1993. Sustentabilidad de la agricultura y los recursos naturales, bases para establecer indicadores. Serie de documentos de programas No. 38. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 133 p.

CARAVEO, F. de J. 1994. Relaciones nutrimentales en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empleando el polvo de bonote de coco como sustrato. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 244 p.

CARON, J.; PARENT, L. E.; GOSSELINI, A.. 1991. Effect of nitrogen and salinity levels in nutrient solution on the diagnosis of greenhouse tomato. Communications of Soil Science Plant Analysis. 228 (9-10): 879-892.

CASTAÑOS, C. M. 1993. Horticultura; Manejo Simplificado. Dirección General del Patronato Universitario. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 527 p.

CASTILLA, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo, pp. 189-225. In: El cultivo del jitomate. F. Nuez (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

CHAMARRO, L. J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. In: El cultivo del jitomate. F. Nuez (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

CLARK, B. 1987. Respuesta de las plantas a la toxicidad y deficiencia de elementos minerales, pp 91-172. In: Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. M. N. Christiansen (ed.). Ed. LIMUSA. D. F. México.

COETZER, I. A.; ROBERTSE, P. J.; STOFFHERG, I.; ROLTZHAASEN, C. B.; BANARD, R. O.. 1990. The effect of boron on reproduction in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). South Africam Journal of Plant and Soil. 7(4): 212-257.

COMPAGNONI, L. 1988. Cría moderna de lombrices. El abono más económico, rentable y eficaz. Editorial de Vecchi. Barcelona, España. 126 p.

CORNISH, P. S. 1992. Use de high electrical conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grow in hydroponic culture. Australian Journal of Experiment Agriculture. 32: 513-520.

CUARTERO, Z. J.; HERNANDEZ R.; GONZALEZ, J. J. 1995. Estréses abióticos. In: El cultivo del jitomate. F. Nuez (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

DEVLIN, R. M. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Omega, S. A. Barcelona, España. 517 p.

DEVOREN, C. W.; Stephens, P. M.; Double, B. M.; Ryder, M. H. 1994. Ability of earthworms increase plant growth through their actions upon the soil microbiota. In: XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. D.F., México. 23 de octubre de 1995. 22 p.

DOMÍNGUEZ, V. A. 1990. El abonado de los cultivos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 184 p.

EDWARDS, C. A.; BATER J. E. 1992. The use of earthworms in environmental management. Soil Biol. Biochem. 12: 1683-1689.

FAO. 1991. Manejo de suelo: Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de Suelo (56). Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma, Italia. 176 p.

FENG, J.; A. V. BAKER. 1992. Ethylene evolution and ammonium accumulation by nutrient stressed tomato plants. Journal of Plant Nutrition. 15 (2): 137-153.

FERRUZI, C. 1986. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.

FLORES, G. A., FERRERA, C. R. 1995. Uso de la vermicomposta para la producción de hortalizas. In: I Reunión Internacional de Ecología Microbiana. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados. IPN. México. 169 p.

FLORÍN, X. 1985. La agricultura biodinámica, pp 60-65. In: Volver a la Tierra. Agricultura biológica. Revista integral. Monográfico No. 1. Barcelona, España.

FRÍAS, M. S.; FLORES, G.; FERRERA, C. F. 1996. Uso de la vermicomposta en la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), pp. 353-354. In: Agroecología y desarrollo Sostenible. 2º Seminario Internacional de Agroecología Sustentable y Educación. J. Pérez M.; F. Ferrera C. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

FUNPROROCOOP. 1993. Hortalizas biodinámicas intensivas, pp 44-45. In: Agricultura sostenible. Inventario tecnológico. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Salvador, El Salvador.

GALLO, B. M.; de la GARZA, C. M. 1987. Respuesta del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a los efluentes biodegradados anaeróbicos del estiércol de bovino enriquecido con fósforo. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Suelos. UAAAN. Saltillo, Coahuila.

GARCÍA, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Talleres de Offset Larios. D. F., México. 217 p.

GARCÍA C., R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrítica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis de Licenciatura. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 129 p.

GENT, P. N.; 1992. Effect of planting date, ventilation and soil temperature on growth and nutrition of tomato in high tunnels. *Plants and Soil*. 145: 81-91.

GÓMEZ, L. 1996. La agricultura orgánica de México. Una opción viable para los agricultores de escasos recursos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 237 p.

GÓMEZ, L.; GÓMEZ, M. A.; SCHWENTESIUS, R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica, Comercialización y certificación. Ediciones Mundi-Prensa-UACH. D. F., México. 224 p.

GÓMEZ, M. A.; GÓMEZ, L.; SCHWENTESIUS, R. 2003. La agricultura orgánica en México, pp. 90-108. In: Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. M. A. Gómez, L. Gómez, A. J. Lobato, Ma. del R. Meraz (eds.). UACH- CIESTAAM. Chapingo, México.

GOULD, W. A. 1974. Tomato production, processing and quality evaluation. University Ohio. 445 p.

GRANADOS, A. V. 1989. Evaluación de sustratos para la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en hidroponía bajo invernadero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.

GRIERSON, D.; KADER, A. A. 1986. Fruit ripening and quality, pp. 241-280. In: The tomato crop. A scientific Basis for improvement. J. G. Atherton; J. Rudich (eds.) Chapman and Hall. London, England.

GUENKOV, G. 1980. Fundamentos de la horticultura Cubana. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 308 p.

HANSON, J. B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. *Advances in Plant Nutrition*. 1: 149-208.

HARRIS, A.; P. C.; MAREE J. 1984. Growing tomatoes in a plastic greenhouse in uncomposted pine bark, pp 245-253. In: *ISOSC Proceedings 1984*.

HARTMANN, T. H.; KESTER, E. 1992. *Propagación de plantas*. Ed. CECSA. D.F. México. 814 p.

HARWOOD, R. 1990. A history of sustainable agricultural, pp. 3-19. In: *Sustainable agricultural systems*. Soil and Conservation Society. USA.

HECHT-BUCCHHOLZ, Ch. 1983. Light and electron microscopic investigation of the reactions of various genotypes to nutritional disorders, pp. 17-31.

In: *Proceedings of the first International Symposium on Genetics Aspects of Plant Nutrition*. Saric, M. C.; D. C. Lougham (Eds.). Belgrade.

HEWITT, E.; WATSON, E. F. 1980. The production of micronutrient element deficiencies in plants grow in recirculated NFT systems. *Acta Hort*. 98: 179-189.

HO, L. C.; HEWITT, J. D. 1986. Fruit development, pp. 201-239. In: *The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement*. J. G. Atherton; J. Rudich (eds). Chapman & Hall, New York.

HULME, A. C. 1971. The biochemistry of fruit and their products. Vol. I. Academic Press London and New York. London, U. K.

JEAVONS, J. 1991. Cultivos biointensivos, Más alimentos sanos en menos espacio. Ecology action of the Mid-Penninsula. California, USA. 203 p.

JENSEN, W. A.; SALISBURY. F. B. 1988. Botánica. Ed. McGraw-Hill. México. 762 p.

JONES J., B. Jr. 1983. Análisis de los tejidos de las plantas para micronutrientes. Traducido al español por Cristina Vaquero G. Ed. AGT Editor. D. F. México.

KALEMBASA, D. 1996. The effects of vermicompost on the yield and chemical composition of tomato. Organic waste and protection and productivity of agroecosystems 437: 249-252.

LABRADOR, J. M. 1993. La materia orgánica en los sistemas agrícolas, manejo y utilización. Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación. Madrid, España. 174 p.

LAZCANO F., I. 1998. Las temperaturas altas y la deficiencia de calcio en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Informaciones Agronómicas. INFOFOS 3(3): 11-12.

- LEYVA G., A. 1993. Las asociaciones y rotaciones de cultivos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 14 p.
- LICONA V., A. 1994. Diversificación agrícola en zonas cafetaleras del estado de Veracruz, México. Ponencia presentada en el XXXVIII Congreso Internacional de las Americas, dentro del simposio "El futuro papel del café en el desarrollo sostenible de sociedades campesinas en América Latina". Estocolmo, Suecia.
- LÓPEZ, T. A. 1994. Agricultura intensiva y Subtropical especial: Abonos. Revista española. No. 93.
- LOUÉ, A. 1988. Los microelementos en la agricultura. Traducido al español por Alonso Domínguez. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 354 p.
- LUDWICK, A. E. 1994. Papel del fierro en la fertilidad de suelo. Revista Productores de Hortalizas, Agosto: 23-25.
- LUDWICK, A. E. 1995. Equilibrio de elementos dan cosechas redituables. Revista Productores de hortalizas, Abril: 32-34.
- MAAS, E. F.; ADAMSON R. M. 1980. Soilless culture of commercial greenhouse tomatoes. Information Services in Agriculture. Canada. 27 p.

MADDEN, P.; DOBBS T.L. 1990. The role of economics in achieving low input farming systems. Soil and Conservation society. USA. pp 459-465.

MANJARREZ, M. 1997. La vermicomposta y la micorriza arbuscular en la producción de especies hortícolas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 104 p.

MARRERO, L. P. 1986. Influencia de algunos factores ecológicos sobre el crecimiento y desarrollo del tomate. Ed. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. La Habana, Cuba. 42 p.

MARTÍNEZ, S. M. 1996. Evaluación de mezclas de sustratos y sus componentes en flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Hill) cv Freedom. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 106 p.

MASSEY, D.; WINSOR, G. W. 1980. Some responses of tomatoes to nitrogen recirculating solutions. Symposium on research on recirculating water culture. Acta Horticulturae. 98: 127-137.

MAYNARD, D. N. 1991. Nutritional Diseases. pp. 60-63. In: Compendium of tomato diseases. J. B. Jones.; J. P. Jones; R. E. Stall and T. A. Zitter (eds.). APS Press American Phytopathological Society. Minnesota, USA.

MENDOZA, U. A. 1995. Evaluación de 15 variedades precoces e intermedios de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 70 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, A. E. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern, Switzerland. 655 p.

MORALES, A. M. 1988. Efecto del lirio acuático (*Eichhornia crassipes* Solms.) sobre algunas condiciones físicas y químicas del suelo y su influencia en la producción de zanahoria (*Daucus carota* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 132 p.

MURPHY L., S. 1983. Corrección de deficiencias de micronutrientes o fertilizantes, pp. 379-424. In: Micronutrientes en Agricultura. J. J. Mortvedt; P. M. Giordano (eds.). Ed. AGT-Editor. D. F. México

NEEDHAM, P. 1973. Nutritional Disorders. pp. 209-216. In: The U.K. Tomato Manual. H.G. Hingham (ed.). Grower Books London.

ORDEÑANA, J. O. 1994. Producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en hidroponía orgánica bajo invernadero; usando efluentes líquidos de

digestor anaeróbico como solución nutritiva en tres sustratos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 130 p

PARKER, D. R.; AGUILERA, J. J.; THOMASON, D. N. 1992. Zinc-phosphorus. Interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grow in chelator-buffered nutrient solutions. Plant and Soil 143: 163-177.

PATERSON, J. M. 1994. Micronutrientes magníficos. Revista Productores de Hortalizas, Agosto: 24-25.

PENNINGSFELD, F.; KURZMANN P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 343 p.

PÉREZ, B. O. 1999. Relaciones potasio-calcio sobre rendimiento y calidad de fruto en jitomate (*Lycopersicon esculentum* mill.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

PÉREZ, M. 2000. Producción de hortalizas en invernadero con énfasis en el cultivo de jitomate. In: Temas Selectos de Fitosanidad y Producción de Hortalizas. N. Bautista M.; A. D. Suárez V.; O. Morales G (eds). Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 173 p.

PONCE, J. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96 p.

PRICE, C., A.; CARPENA, O.; GARATE, A. 1990. The effects of short-term deficiency of boron on potassium. Calcium and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. In: Plant Nutrition (Physiology and applications). Proceedings of the eleventh International plant nutrition colloquium, wageningen, Netherlands, 30 July- 4 August 1989. Academic Publishers. (Developments in Plant and Soil Sci. Vol. 41).

RESH, H. M. 1992. Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.

REYNOLDS, S. G. 1977. Growing vegetables on coconut fiber. World crops and livestock 29:266-268.

RICHARDS, S. J. 1963. Physical properties of soil mixes. Citrus Research Center and Agricultural Experimental. Station, Riverside. Paper No. 1521. University of California. Riverside, California, USA. 4 p.

ROBINSON, D. W. 1975. Peat in horticulturae. Ed. Academic Press Inc.. London, U. K. 170 p.

RODRÍGUEZ, L. A. 1993. Glosario del control biológico, pp. 202-219. In: Memorias del tercer curso de control biológico. Sociedad Mexicana de Control biológico. Texcoco, México.

RODRÍGUEZ, A. 1997. Líquido efluente de digestor anaerobio (LEDA) y sustratos orgánicos e inorgánicos en la producción de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 86 p.

RODRÍGUEZ, R. 1997. El cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 201 p.

RODRÍGUEZ, S. F. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. Ed. AGT-Editor. D. F. México. 157 p.

RODRÍGUEZ, S. F. 1982. Riego por goteo. Ed. AGT-Editor. D. F. México. 154 p.

RUIZ F., J. F. 1993. La agricultura orgánica, pp 152-182. In: Alternativas para el campo mexicano. Editorial Fontamara. D.F. México.

RUSSEL, C. R.; MORRIS, D. A. 1983. Patterns of assimilate distribution and source sink relationships in the young reproductive tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ann. Bot. 52: 357-363.

SALISBURY, F. B.; ROSS C. W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamericana. D.F., México. 759 p.

SÁNCHEZ del C., F.; ESCALANTE, E. 1989. Hidroponía. Un sistema de producción. Dirección de Patronato Universitario. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.

SÁNCHEZ del C., F. 2004. Elementos para el manejo de la nutrición vegetal y las soluciones nutritivas. Memorias del III Curso Internacional de Invernaderos. DIMA-UACH. Chapingo, México.

SARIC, M. R. 1983. Theoretical and practical approaches to the genetic specificity of mineral nutrition of plants, pp. 1-4. In: First International Symposium on Genetics Aspects of Plant Nutrition. Saric, M. R.; B. C. Loughman (eds.). Belgrade.

SCHWENTESIUS R., R.; GÓMEZ, M. A. 1997. TLC y Mercado Hortícola. El caso del jitomate, pepino, chile bell y calabacita. Reporte de investigación 33. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la

Chapingo, México. 47 p.

SESEÑA C., N. 1998. Uso de vermicomposta como componente del sustrato y adición de LEDA a la solución fertilizante en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Hill.) cv Freedom. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61 p.

SIVORI M., E.; MONTALDI, F.; CASO, F. 1986. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 371 pp.

SOBRINO, I. E.; SOBRINO, E. 1989. Tratado de horticultura herbácea especial. Hortalizas de flor y de fruto. Ed. Aedos. Barcelona, España. 352 p.

STEINER, A. A. 1966. The influence of the chemical composition of nutrient solution on the production pf tomato plants. Plant and Soil 24 (3): 454-466.

STEVEN, M. A.; RUDICH, J. 1978. Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability yield and quality in the tomato. Hortscience. 13: 673-678.

STOORVOGEL, J.; VARGAS, R. 1998. La agricultura de precision en banano. Memorias del Congreso de producción de banano orgánico. Guácimo, Costa Rica. pp. 40-55.

SUTHERLAND, S. K. 1989. Hydroponics for everyone: A practical guide to gardening in the 21st century. Hyland House Publishing Pty Limited. Melbourne, Australia.

SZCZECZ, M.; BRZESKY, M.; SMOLINSKAK, J. M. 1993. Supressive effect of a commercial earthworm compost on some root infection of cobage and tomato. Biological Agriculture and Horticulturae 10:47-52.

TAMHANE R., V.; MOTIRAMANI, P.; BALI, P. 1992. Suelos: Su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Mc Graw-Hill. Bogota, Colombia. 622 p.

TORQUEBIAU, E. 1993. Conceptos de agroforestería: una introducción. Traducido al español por Carlos Cano. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapingo, México. 92 p.

TORRES G., M. S. 1989. Evaluación de siete soluciones nutritivas en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en hidroponía bajo invernadero rústico. Tesis de Licenciatura, UACH. Chapingo, México. 145 p.

TRÁPAGA, Y.; TORRES, F. 1994. El Mercado internacional de la agricultura orgánica. Universidad Nacional Autónoma de México. Juan Pablos editor. D. F., México. 232 p.

VIVES M., E. 1984. Cultivo del tomate. Editorial Sintes, S.A. Barcelona, España.
206 p.

WALLACE, T. 1961. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by visual symptoms. Chemical Publishing Co. Inc. New York. 125 p.

WHITE, R. A. J. 1978. Soil-less growing methods for greenhouse tomatoes, pp. 40-44. In: Proc. Glasshouse tomato growers School. Naseey University. Hort. Dept. U.S.A.

WILCOX, G. E. 1993. Tomato, pp. 137-141. In: Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. W.F. Bennet (ed.). APS Press American Phytopathological Society. Minnesota, USA.

WILLIAMS, P. L. 1980. Practical horticultura. A. Restonbook. New Jersey, USA.

WILSON, R. W. 1971. The role of univalent cations in enzyme systems, pp 167-187. In: Recents Advances in Plant Nutrition. R. M. Samish (ed.). Vol. I.

WINSOR, G. W.; ADAMS, P. 1976. Changes in the composition and quality of tomato fruit throughout the season. Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1975, 134.

WINSOR, G. W. 1990. Soilles culture for horticultural crop production. FAO plant production and protection paper 101.

WITTWER, S. H.; HONNA, S. 1979. Greenhouse Tomatoes, Letucce and cucumber. Michigan State University Press. East Lansing.

WONG, S. H., GRIFFITS E. 1991. Vermicompost in the management of pig-waste in Hong Kong. World L. Microbiol. Biotechnol. 7: 593-595 p.

X. ANEXO

Cuadro 1a. Matriz de coeficientes (ci) para los principales contrastes establecidos.

Tratamiento															
C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4	-1	-1	-1	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
5	-1	-1	-1	-1	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
6	-1	4	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	3	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	3	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0
9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0
10	0	9	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
11	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	0
15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	14

NOTA: C = CONTRASTE

Cuadro 2a. Cuadrados medios del análisis de varianza de 15 variables y significancia estadística de 15 contrastes (Cuadro 10).

FV	REN	NF	PMF	≥ 90 g	60-90 g	30-60 g	≤ 30 g
BLO	712410.91	23.84	379.85	63.14	35.53	24.41 *	3.78
TRAT	763463.42 **	32.56	107.89 **	73.79 **	11.22	6.85	1.23
1	230939.51	42.53	6.64	1.32	35.50	0.25	0.09
2	1591491.63	57.10	171.72	163.58	23.81	8.55	2.48
3	2328709.51 *	82.97	220.94	177.50	0.05	8.37	0.16
4	1089144.06	63.53	49.40	51.96	3.16	3.89	0.02
5	1074144.58	3.47	422.59	147.71	42.10	25.16	0.16
6	433209.61	20.00	33.02	47.02	13.47	1.29	1.76
7	969292.52	35.02	100.34	128.81	30.72	4.12	2.00
8	2788852.08 **	90.75	340.80	293.54 *	32.21	19.67	2.76
9	2324080.08 *	82.69	261.33	227.77	17.79	15.60	1.19
10	2328545.03 *	80.28	265.74	253.16 *	31.77	14.46	2.31
11	2977380.03 **	81.68	424.13	290.47 *	15.35	24.53	0.84
12	939708.38	26.04	142.59	66.90	0.04	11.58	0.12
13	583128.38	20.17	75.62	28.02	3.51	7.37	0.21
14	42336.00	0.38	10.53	8.33	4.25	0.47	0.65
15	136756.58	8.40	10.36	79.64	16.24	2.75	0.94
E	149114.51	13.43	40.15	17.26	6.24	3.27	1.00
T	19088530.18	1091.40	4336.38	1947.44	525.59	306.65	70.06
C.T.	9.92	8.92	6.70	23.32	14.64	42.59	41.13

Continúa

Cuadro 2a (continúa)

DT	NHj	AP	Dp	De	PE	SST	FdCa
1.95 **	0.56	151.92	63.38 **	18.84 **	0.0026	0.02	201.37
1.16 *	0.14	55.51	17.88	5.33	0.0006	0.30	170.31 *
1.65	0.01	3.94	1.06	0.32	0.0002	0.01	137.62
1.78	0.67	83.60	29.05	8.44	0.0001	0.14	125.74
2.78	0.03	23.50	36.13	11.02	0.0000	0.28 *	83.60
0.26	0.00	72.34	8.36	2.72	0.0002	0.26	121.90
5.23 **	0.23	50.03	70.41	20.81	0.0004	2.28	125.74
2.63	0.68	57.63	5.72	1.65	0.0000	0.00	26.45
2.00	0.75	54.40	17.28	4.94	0.0003	0.04	117.19
0.42	0.35	76.76	56.99	16.80	0.0000	0.46	143.52
0.46	0.63	91.58	43.70	12.71	0.0001	0.21	221.02
1.00	0.68	88.11	44.73	13.03	0.0000	0.24	189.23
0.19	0.02	31.31	70.53	20.58	0.0003	0.92	291.41
1.17	0.15	3.84	23.01	7.04	0.0015	0.48	2.67
1.08	0.01	9.63	12.04	3.60	0.0001	0.15	32.67
0.00	0.08	1.31	1.76	0.57	0.0007	0.93	16.67
1.84	0.21	0.48	1.69	0.54	0.0032	0.16	3.60
0.25	0.18	32.97	6.63	1.98	0.0006	0.15	44.73
32.83	11.23	2617.89	719.05	214.24	0.0440	10.53	4867.33
4.55	1.61	3.74	3.88	3.36	2.5730	9.14	118.03

NOTA: * = Significancia al 5 % ** = Significancia al 1% E = Error T = Total
C. V. = Coeficiente de variación

REN = Rendimiento de fruto, NF = Número de frutos, PMF= Peso de fruto,

≥ 90 g = No. de frutos por planta con este peso 60-90 g = No. de frutos en esta categoría

30-60 g = No. de frutos por planta con este peso ≤ 30 g = No. de frutos con este peso

DT = Diámetro de tallo

NHj = Número de hojas

AP = Altura de planta

Dp = Diámetro polar de fruto

De = Diámetro ecuatorial

PE = Peso específico de fruto

SST = Sólidos solubles totales

FdCa = Frutos deficientes en calcio

**Cuadro 3a. Estimación porcentual de los principales contrastes
establecidos**

Contraste	REN	NF	PMF	≥ 90 g	60-90 g	30-60 g	≤ 30 g
1	6.4	8.3	-1.4	3.3	18.3	-6.0	6.5
2	17.0	9.6	7.2	38.1	-14.7	-34.8	34.5
3	20.6 *	11.6	8.2	39.7	-0.7	-34.4	-8.5
4	-13.7	-10.0	-3.8	-20.7	-5.4	24.4	-3.0
5	13.9	2.3	11.3	36.2	-19.4	-58.7	8.5
6	8.9	5.9	3.3	19.0	-12.3	-18.3	30.4
7	14.5	8.3	6.1	37.6	-17.9	-29.2	34.5
8	27.3 **	14.0	11.8	70.1 *	-18.2	-47.5	43.2
9	24.3 *	13.3	10.2	57.0	-14.2	-44.6	24.7
10	21.7 *	11.8	9.3	53.7 *	-16.8	-41.4	33.7
11	12.7 **	6.1	6.1	28.7 *	-6.2	-28.9	10.8
12	11.2	5.3	5.4	23.7	-0.4	-25.7	6.4
13	8.6	4.6	3.9	14.1	4.5	-21.7	-7.3
14	-2.3	-0.6	-1.4	-7.7	4.9	5.5	-12.9
15	4.9	3.7	1.8	26.4	-12.1	-19.9	-20.5

Continúa

Cuadro 3a (continúa)

DT	NHj	AP	Dp	De	PE	SST	FdCa
-6.0	0.2	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	1.1	-100.0
-6.2	1.6	3.1	4.2	3.6	-0.6	-4.6	-95.9
7.8	-0.3	1.6	4.7	4.1	-0.1	-6.5 *	-79.1
-2.4	0.0	-2.9	-2.2	-2.0	0.8	6.3	108.1
10.7 **	-0.9	2.4	6.6	5.7	-1.1	-18.4	-95.9
-8.0	1.8	2.8	2.0	1.7	-0.2	-0.2	-92.0
-7.2	1.9	2.8	3.6	3.1	-1.1	-2.6	-96.2
-3.5	1.3	3.3	6.7	5.8	0.5	-8.9	-96.5
-3.6	1.7	3.6	5.9	5.0	-0.6	-6.2	-97.2
-4.8	1.6	3.2	5.4	4.6	-0.4	-6.0	-96.7
1.1	0.1	1.0	3.5	3.0	-0.5	-6.1	-64.7
4.1	-0.6	0.5	3.0	2.6	1.6	-6.4	-9.3
3.9	-0.2	0.8	2.2	1.9	0.5	-3.7	-26.4
-0.2	0.4	0.3	-0.8	-0.7	-1.1	2.9	-18.9
6.4	0.9	-0.2	1.0	0.9	2.9	5.0	-17.1

NOTA: En cada contraste los valores corresponden a las diferencias expresadas en %, en donde como 100 % se tomó al segundo grupo de tratamientos sujeto a comparación. * = Significancia al 5 % ** = Significancia al 1 %

Cuadro 4a. Diferencia entre medias de cada grupo de tratamientos involucrados en cada contraste

Contraste	REN	NF	PMF	≥ 90 g	60-90 g	30-60 g	≤ 30 g
1	248.714	3.375	-1.334	0.595	3.084	-0.258	0.156
2	652.911	3.911	6.782	6.619	-2.525	-1.514	0.815
3	789.786	4.714	7.693	6.895	-0.112	-1.498	-0.206
4	-540.125	-4.125	-3.637	-3.731	-0.921	1.020	-0.072
5	536.393	0.964	10.639	6.290	-3.358	-2.596	0.204
6	367.938	2.500	3.213	3.833	-2.052	-0.636	0.741
7	568.417	3.417	5.783	6.553	-3.200	-1.172	0.816
8	964.167	5.500	10.658	9.892	-3.277	-2.561	0.958
9	880.167	5.250	9.333	8.713	-2.435	-2.280	0.630
10	804.250	4.722	8.592	8.386	-2.971	-2.004	0.801
11	472.550	2.475	5.640	4.668	-1.073	-1.357	0.251
12	395.750	2.083	4.875	3.339	-0.077	-1.389	0.143
13	311.750	1.833	3.550	2.161	0.765	-1.108	-0.186
14	-84.000	-0.250	-1.325	-1.178	0.842	0.281	-0.328
15	191.393	1.500	1.666	4.619	-2.086	-0.858	-0.503

Continúa

Cuadro 4a (continúa)

DT	NHj	AP	Dp	De	PE	SST	FdCa
-0.664	0.048	-1.027	-0.532	-0.291	-0.009	0.048	-6.071
-0.691	0.423	4.732	2.789	1.504	-0.006	-0.193	-5.804
0.863	-0.086	2.509	3.111	1.718	-0.001	-0.273	-4.732
-0.262	-0.005	-4.402	-1.496	-0.854	0.008	0.262	5.714
1.184	-0.246	3.661	4.343	2.361	-0.011	-0.782	-5.804
-0.906	0.462	4.244	1.337	0.719	-0.002	-0.006	-2.875
-0.817	0.500	4.258	2.400	1.283	-0.011	-0.108	-6.250
-0.375	0.342	5.058	4.358	2.367	0.005	-0.392	-6.917
-0.392	0.458	5.525	3.817	2.058	-0.006	-0.267	-8.583
-0.528	0.433	4.947	3.525	1.903	-0.004	-0.256	-7.250
0.120	0.038	1.533	2.300	1.243	-0.005	-0.262	-4.675
0.442	-0.158	0.800	1.958	1.083	0.016	-0.283	-0.667
0.425	-0.042	1.267	1.417	0.775	0.005	-0.158	-2.333
-0.017	0.117	0.467	-0.542	-0.308	-0.011	0.125	-1.667
0.702	0.236	-0.357	0.673	0.379	0.029	0.209	-0.982

REN = Rendimiento de fruto,

NF = Número de frutos, PMF= Peso de fruto,

≥ 90 g = No. de frutos por planta con este peso 60-90 g = No. de frutos en esta categoría

60-90 g = No. de frutos en esta categoría ≤ 30 g = No. de frutos con este peso

DT = Diámetro de tallo

NHj = Número de hojas,

AP = Altura de planta

Dp = Diámetro polar de fruto

De = Diámetro ecuatorial

PE = Peso específico de fruto

SST = Sólidos solubles totales

FdCa = Frutos deficientes en calcio

**Cuadro 5a. Análisis del estado nutrimental en las diferentes muestras (M)
ó tratamientos del experimento en jitomate.**

CONTENIDO NUTRIMENTAL

M	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁼	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo
1	35.62	25.75	429	1782	887	-	11.06	0.64	1.07	4.63	-	-
2	4.45	1.18	0.48	0.62	0.83	0.50	1.90	1.54	1.07	0.62	0.50	0.10
3	5.94	124.4	2.76	3.86	5.94	4.61	19.12	1.11	3.36	8.53	0.54	0.28
4	18.55	134.5	25.72	7.43	32.54	7.98	19.02	21.61	237.72	57.62	4.92	0.56
5	6.55	4.73	4.12	0.97	0.82	0.75	1.54	0.88	5.55	2.36	1.13	0.76
6	10.19	85.8	16.02	2.53	4.07	8.48	14.31	12.90	136.93	26.91	5.45	nd
7	13.10	115.9	17.90	5.61	12.25	4.29	9.86	16.59	177.94	38.98	2.56	nd
8	8.74	123.6	11.89	4.54	8.54	3.80	9.18	13.59	180.74	38.10	1.25	0.28
9	10.92	29.7	6.77	13.74	20.88	6.94	5.67	2.58	30.72	15.53	1.63	0.26
10	9.46	101.3	19.19	19.78	49.24	8.43	7.21	7.04	86.10	23.24	2.50	0.44
11	19.66	122.9	23.33	15.89	48.52	6.37	10.18	9.31	102.92	31.55	3.13	0.59
12	10.92	29.7	6.77	13.74	20.88	6.94	5.67	2.58	30.72	15.53	1.63	0.26
13	9.46	101.3	19.19	19.78	49.24	8.43	7.21	7.04	86.10	23.24	2.50	0.44
14	19.66	122.9	23.33	15.89	48.52	6.37	10.18	9.31	102.92	31.55	3.13	0.59
15	10.39	107.8	9.30	3.43	7.34	4.28	12.62	12.57	178.36	36.08	1.60	1.11

NOTA: - = No determinada; nd = No detectado o trazas

El número de la muestra (M) corresponde al tratamiento con misma numeración.

Las cantidades de los elementos nutritivos en la muestra se expresan en:

N en mg L⁻¹; K, Ca, Mg, SO₄⁼ en meq L⁻¹; Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo en mg Kg⁻¹.

Cuadro 6a. Algunas propiedades físicas y químicas de las diferentes muestras (M) ó tratamientos del experimento en jitomate.

M	pH	CE dS m⁻¹	MO %	CIC Cmol(+) kg⁻¹	Dap g/cm³	Dr g/cm³
1	7.19	-	1.21	14.95	-	-
2	7.13	0.34	0.34	0.53	1.35	2.76
3	6.16	1.32	60.6	61.41	0.18	1.63
4	6.90	7.19	49.60	63.01	0.57	1.70
5	6.80	0.77	95.3	45.39	0.17	1.58
6	8.10	2.74	54.40	44.50	-	-
7	7.23	4.27	-	44.06	-	-
8	7.14	3.29	-	30.71	-	-
9	7.09	4.73	14.10	22.43	-	-
10	6.69	9.88	18.80	27.23	-	-
11	6.73	9.68	29.00	36.85	-	-
12	7.09	4.73	14.10	22.43	-	-
13	6.69	9.88	18.80	27.23	-	-
14	6.73	9.68	29.00	36.85	-	-
15	7.25	2.23	-	48.06	-	-

NOTA: - = No determinada

El número de la muestra (M) corresponde al tratamiento con misma numeración.

Cuadro 7.a Análisis del estado nutrimental del suelo utilizado en el experimento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

pH	M.O.	CIC	NI	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	%	Cmol(+) kg ⁻¹									
7.19	1.21	14.95	35.62	25.75	429	1782	887	11.06	0.64	1.07	4.63

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA
56.8	21.4	21.8	FRANCO ARCILLO ARENOSO

NOTA: Las cantidades de los elementos nutritivos en la muestra se expresan en mg Kg⁻¹.

Cuadro 8.a Análisis del estado nutrimental del agua utilizada en el experimento de jitomate.

pH	CE	Ca	Mg	Na	K	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B
	dS m ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹
7.25	0.28	0.80	0.78	0.93	0.12	nd	2.6	nd	0.22	0.03

NOTA: nd = No detectado o trazas

Cuadro 9a. Análisis nutrimental del producto CYTOAMIN L[®]

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN
Nitrógeno (N)	15.00 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	10.00 %
Potasio (K ₂ O)	05.00%
Ácidos fúlvicos	(15%) 150 g/L)
Inertes hasta	100.00 %
Aminoácidos libres	25 g/100 g de Aminoácidos totales
Microelementos	No cuantificado
(Fe, Zn, Cu, Mg, Mn; B, Co, y Mo)	
FUENTE: Corporación Bioquímica Mexicana (CBM).	

Cuadro 10.a Análisis del estado nutrimental del efluente orgánico

(fertilizante líquido de lombriz) utilizado en el experimento de jitomate.

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
%	%	%	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
0.31	0.21	4.70	2048.44	925.91	1118.4	14.40	9.98	8.40	29.20