

11821
14a



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Estudios Superiores
Cuautitlán**

" EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO DEL JITOMATE "
(Lycopersicon esc ulentum Mill.)

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERA AGRÍCOLA

P r e s e n t a:

MINERVA LEON GARCIA

ASESOR: I. A. CARMELO ENRIQUE MARCIAL VARGAS

CAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2003

1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN DISCONTINUA



ESTADO LIBRE Y SOBERANO
DE QUERÉTARO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN



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

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

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

"Evaluación de sustratos en el cultivo del jitomate
(Lycopersicon esculentum Mill)".

que presenta la pasante: Minerva León García
con número de cuenta: 9460808-9 para obtener el título de :
Ingeniera Agrícola

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

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de Octubre de 1 2002

PRESIDENTE Dra. Frida León Rodríguez Frida León Rodríguez

VOCAL M.C.M Ofelia Grajales Muñoz Ofelia Grajales Muñoz

SECRETARIO I.A. Carmelo Enrique Marcial Vargas Carmelo Enrique Marcial Vargas

PRIMER SUPLENTE Ing. Andres S. Marbán Bahena Andres S. Marbán Bahena

SEGUNDO SUPLENTE Q. Celia Elena Valencia Islas Celia Elena Valencia Islas

I

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Félix León Ramírez

Clara García González

**Por todo lo que me han dado, para llevar a cabo esta meta, pero
sobre todo por creer en mi.**

A EDUARDO:

Mi esposo por su amor y comprensión para mi realización.

AL HIJO:

Que algún día llegara a iluminar mi vida.

A MIS HERMANOS:

Adalberto, Elizabeth, Maricela, Liliana y Gustavo.

A MIS SIBRINOS:

Berenice, Danaé y a los que están por venir.

A MI FAMILIA:

**En general quien a lo largo de mi vida me ha apoyado de
diferente manera**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México,

por haberme dado la oportunidad de estudiar una licenciatura.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Al Centro de Enseñanza Agropecuaria,

Por las instalaciones prestadas para llevar a cabo la parte experimental del trabajo de tesis.

Al Ing. Enrique Marcial Vargas

Por su amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

Al Ing. José Luz Hernández Castillo

Por su insistencia para la terminación de la tesis.

A los miembros del jurado

Por sus sugerencias y correcciones para el mejoramiento de esta Tesis.

ÍNDICE	Página
Lista de cuadros	VII
Lista de gráficas	X
Resumen	XI
I. Introducción	1
II. Objetivos e Hipótesis	3
2.1 Objetivos	3
2.2 Hipótesis	3
III. Revisión de Literatura	4
3.1 Generalidades del cultivo	4
3.1.1 Origen	4
3.1.2 Importancia	5
3.1.3 Clasificación taxonómica	6
3.1.4 Características botánicas	6
3.1.5 Características de las variedades en estudio	8
3.1.6 Condiciones climáticas	9
3.1.7 Labores culturales	10
3.1.8 Plagas y enfermedades	11
3.1.9 Cosecha	12
3.2 Generalidades de los sustratos	13
3.2.1 Cultivo en sustratos	13

3.2.2 Características generales de los sustratos	14
3.2.3 Propiedades físicas de los sustratos	16
3.2.4. Características físicas óptimas para el cultivo de jitomate	21
3.2.5 Clasificación de los sustratos	22
3.2.5.1. Materiales inorgánicos	23
3.2.5.2. Materiales orgánicos	23
3.2.5.3. Según sus propiedades	24
3.2.6. Características de los sustratos en experimentación	25
3.2.6.1. Tezontle negro	25
3.2.6.2. Tezontle rojo	26
3.2.6.3. Gravilla	27
IV. Materiales y Métodos	28
4.1 Localización	28
4.2 Características de la instalación	28
4.3 Diseño experimental	28
4.4 Análisis estadístico	29
4.5 Tratamientos	29
4.6 Manejo agronómico	31
4.7 Solución nutricional	33
4.8 Parámetros evaluados	33

V .Análisis de resultados	35
5.1 Rendimiento total	35
5.2 Rendimiento por planta	38
5.3 Peso fresco del fruto	42
5.4 Diámetro ecuatorial	43
5.5 Diámetro polar	48
5.6 Altura de la planta	50
5.7 Número de hojas	52
5.8 Número de hojas	55
VI. Conclusiones	58
VII. Bibliografía	59
Anexo	

Lista de cuadros	Página
Cuadro No 1. Condiciones climáticas para el cultivo de jitomate	10
Cuadro No 2. Principales plagas del jitomate	12
Cuadro No 3. Principales enfermedades del jitomate	12
Cuadro No 4. Niveles óptimos de las propiedades físicas de los sustratos	22
Cuadro No 5. Solución nutrimental.	33
Cuadro No 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento total de jitomate	35
Cuadro No 7. Prueba de Tukey para la variable rendimiento total, para el factor sustrato, en el cultivo de jitomate	36
Cuadro No 8. Prueba de Tukey para la variable rendimiento total de jitomate, para el factor variedad	36
Cuadro No 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta de jitomate	38
Cuadro No 10. Prueba de Tukey para la variable rendimiento por planta para el factor sustrato, en el cultivo de jitomate	39
Cuadro No 11. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de jitomate en el factor variedad	41
Cuadro No 12. Análisis de varianza para la variable peso fresco del fruto de jitomate	42

Cuadro No 13. Prueba de Tukey para la variable peso fresco del fruto de jitomate, en el factor sustrato.	43
Cuadro No 14. Prueba de Tukey para la variable peso fresco del fruto de jitomate, en el factor variedad.	44
Cuadro No 15. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de jitomate	46
Cuadro No 16. Prueba de Tukey para la variable diámetro ecuatorial de jitomate, para el factor variedad	47
Cuadro No 17. Análisis de varianza para la variable diámetro polar de jitomate	48
Cuadro No 18. Prueba de Tukey para la variable diámetro polar de jitomate, en el factor variedad	48
Cuadro No 19. Análisis de varianza para la variable altura de planta de jitomate	50
Cuadro No 20. Prueba de Tukey para la variable altura de planta de jitomate, en el factor variedad.	50
Cuadro No 21. Análisis de varianza para la variable el número de hojas de jitomate	52
Cuadro No 22. Prueba de Tukey para la variable número de hojas de la planta de jitomate, para el factor sustrato	52
Cuadro No 23. Prueba de Tukey para la variable número de hojas por planta	53

de jitomate, para el factor variedad.

Cuadro No 24. Características físicas de los sustratos estudiados. 55

Cuadro No. 25 Análisis de varianza para % de espacio poroso de los sustratos evaluados 57

Lista de gráficas	Página
Gráfica 1. Rendimiento total de jitomate, factor sustrato	35
Gráfica 2. Rendimiento total, de jitomate factor variedad	37
Gráfica 3. Rendimiento por planta de jitomate, factor sustrato.	39
Gráfica 4. Rendimiento por planta, factor variedad, en el cultivo de jitomate	41
Gráfica 5. Peso fresco del fruto para el factor sustrato, en el cultivo de jitomate	43
Gráfica 6. Peso fresco del fruto factor variedad, en el cultivo de jitomate	45
Gráfica 7. Diámetro ecuatorial del fruto factor variedad, en el cultivo de	47
Gráfica 8. Diámetro polar del fruto factor variedad, en el cultivo de jitomate	49
Gráfica 9. Altura de planta factor variedad, en el cultivo de jitomate.	51
Gráfica 10. Número de hojas factor sustrato, en el cultivo de jitomate	53
Gráfica 11. Número de hojas factor variedad, en el cultivo de jitomate	54

Resumen

En la actualidad el cultivo hidropónico se ha consolidado como una alternativa de producción intensiva de hortalizas, los países bajos han sido precursores en el desarrollo de esta tecnología tanto en términos comerciales como de investigación, estando a la vanguardia de esta tecnología en el ámbito mundial, transfiriendo conocimientos a otros países como el nuestro, donde se comienza a evaluar el cultivo hidropónico como una rentable alternativa de producción hortícola.

La presente investigación se realizó en el Modulo de Hidroponía, del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la FES - Cuautitlán UNAM.

El estudio, se realizó en una cubierta plástica, empleando la técnica de cultivo en grava, utilizando tres diferentes sustratos y un sistema de riego por subirrigación, teniendo como objetivo principal determinar el rendimiento económico del jitomate, en tres sustratos, así como determinar las características físicas de los mismos.

Se utilizo un diseño experimental factorial, con 6 tratamientos, 12 repeticiones y una distribución completamente al azar. La parcela experimental fue de un metro cuadrado, de la cual se eligieron 6 plantas de cada tratamiento para hacer la evaluación de las variables en estudio, siendo estas: rendimiento por planta, peso fresco del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, altura de la planta y número de

hojas. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidad.

Se encontró que el factor variedad tuvo influencia de manera significativa en los resultados de las 6 variables en estudio. Con excepción de la variable diámetro polar, diámetro ecuatorial y altura de la planta, las otras tres restantes, se vieron influenciadas por el factor sustrato.

En cuanto a la comparación de medias para el factor sustrato en la variable rendimiento total por planta, el tezontle rojo resulto ser el mejor, así como el mayor peso fresco del fruto y número de hojas por planta.

Las diferencias significativas para el factor variedad, en las variables estudiadas se atribuye al tipo de crecimiento de cada una de ellas, crecimiento determinado para la variedad Río Grande, e indeterminado para la variedad San Marzano.

INTRODUCCIÓN

El cultivo hidropónico se ha consolidado como una alternativa, en la producción intensiva de hortalizas, siendo en nuestro país el jitomate la segunda especie hortícola más importante, por la superficie sembrada y como la primera por el valor comercial de la producción.

La producción de hortalizas en invernadero y especialmente la del jitomate, busca obtener mayores rendimientos. Lo cual depende de muchos factores, entre ellos, la capacidad de retención de nutrimentos en el suelo; así como los ambientales lo que ha provocado que muchos productores busquen alternativas en el uso de los sustratos, para mantener una productividad elevada.

En la actualidad uno de los principales temas de investigación en hidroponía, ha sido el estudio y búsqueda de mejores medios de cultivo, que permitan un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, favoreciendo el suministro de oxígeno, agua, nutrimentos y soporte a las plantas.

Además de un buen suministro de agua y elementos nutritivos, tiene gran importancia en los cultivos hidropónicos la respiración del sistema radical. En este sentido, son aptos como sustratos, aquellos materiales que a causa de su granulometría y estabilidad estructural ofrecen la posibilidad de una aireación elevada.

Las propiedades físicas, nos permiten evaluar la capacidad de un material para ser utilizado como sustrato.

El porcentaje de agua aprovechable y el espacio lleno de aire de un sustrato, se encuentra determinado tanto por la densidad aparente como por la densidad real. Ambos valores son fáciles de obtener en laboratorio y son necesarios para determinar la cantidad de sustrato necesario en peso y volumen, la relación entre ambos proporciona información sobre la porosidad total y el volumen de agua necesario para efectuar el riego, lo que nos permite obtener el volumen mínimo del tanque de la solución de acuerdo a la frecuencia de riegos, por lo que se hace necesario conocer estas propiedades.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 OBJETIVOS

Determinar el rendimiento económico de jitomate, en los sustratos en estudio.

Determinar la densidad aparente, real y porosidad de los sustratos en estudio.

2.2 HIPÓTESIS

Si un sustrato posee características físicas ideales, como capacidad de retención de agua, distribución del tamaño de partículas, baja densidad aparente, elevada porosidad, entonces se obtendrán mayores rendimientos en los cultivos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo

3.1.1 Origen

El origen del jitomate se sitúa en América, concretamente en la región Andina que comprende zonas de Perú, Chile, Ecuador, Colombia y Bolivia (Sobrino,1989), donde se ha encontrado la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Valadez,1994), aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente (Rodríguez, 1984).

Introducida la planta en Europa, se utilizó en un principio como planta de ornato en los jardines, no considerándose el fruto como comestible (Ibar,1987). Hasta mediados del siglo XVIII fue cultivado con fines alimenticios, principalmente en Italia (Maroto, 1992).

Su nomenclatura se deriva de los términos Aztecas "Tomalt" xitomate y xitotomate (Maroto, 1992), la palabra tomate proviene de la voz náhuatl "Tomatl". México esta considerado en el ámbito mundial como el centro más importante de domesticación del jitomate.

3.1.2 Importancia

El cultivo de jitomate, tiene gran importancia mundial como hortaliza, debido a su alto contenido en vitaminas, y a sus diversos usos en la alimentación del hombre (Maroto, 1992).

El jitomate ocupa un lugar preponderante en el desarrollo social y económico de la agricultura en el ámbito mundial, reportándose que requiere de 140 jornales por hectárea, para su cultivo (Valadez, 1994).

Actualmente en muchos países, se considera el cultivo del jitomate como uno de los más representativos de las especies hortícolas, y el que ofrece mayores rendimientos económicos dado su extraordinario consumo (Ibar, 1987).

El jitomate constituye parte fundamental de la cocina y de los hábitos alimenticios del mexicano ya que se consume crudo, en ensaladas, comidas rápidas, salsas y cocido, para dar sabor y color, además de ser uno de los principales productos agrícolas de exportación.

Su importancia radica principalmente en el consumo per cápita, el cual es superior al de otros países. En 1990 se estimó en 17.7 Kg /habitante mientras que en E.U. fue de 7.6 y en Canadá 2.8. Sin embargo en 1988 alcanzó su punto máximo 18.7 Kg por persona, para descender a 13.8 en 1992. El consumo per capita se ve afectado por el

comportamiento del ingreso de los consumidores, el precio del producto en E.U., la oferta estacional y los precios en el mercado nacional entre otros factores.

3.1.3 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Bailey (1977), la clasificación botánica del jitomate es la siguiente:

División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledonea
Orden:	Tubiflorales
Familia:	Solanaceae
Género:	Lycopersicon
Especies:	esculentum y pimpinellifolium

3.1.4 Características botánicas

Es una planta cultivada normalmente como anual, pero cuya duración vegetativa en condiciones climáticas favorables puede prolongarse varios años (Maroto, 1992), se comporta como semiperenne en regiones tropicales (Valadez, 1994).

El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Cuando una plántula es transplantada, la raíz principal se daña y se desarrolla un sistema de raíces laterales secundarias, por lo que la raíz pivotante desaparece, siendo mucho más importante el desarrollo horizontal. (Rodríguez, 1984) El sistema radicular es fibroso y robusto (Valadez, 1994).

Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; alcanza alturas de 0.40 a 2.0 m., presentando un crecimiento simpódico (Valadez, 1994). El tallo se encuentra provisto de pelos agudos y glándulas que salen de la epidermis, y que desprenden un líquido de aroma muy característico (Rodríguez, 1984). El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento: determinado e indeterminado (Maroto, 1992).

Los jitomates de crecimiento determinado, son de porte bajo y de producción precoz, se caracterizan por la formación de inflorescencias en el extremo apical, las flores aparecen cada una o dos hojas y la primera inflorescencia aparece después de 6 a 7 hojas. Y los jitomates de crecimiento indeterminado son más desarrollados y más tardíos, las flores no son apicales, si no laterales, las flores aparecen cada tres hojas y el primer racimo nace entre 7 y 10 hojas (Murillo 1989).

Las hojas se disponen sobre los tallos alternadamente, y son compuestas e imparipinadas, constituidas generalmente por 7-9 foliolos lobulados o dentados, pudiendo aparecer en el raquis de las hojas pequeños foliolillos. (Maroto, 1992) Al igual que el tallo esta provista de glándulas secretoras (Rodríguez, 1987).

Los tallos y las hojas están cubiertas de dos clases de pelos, unos simples y unos glandulares coronados por cuatro células que contienen aceite volátil (Murillo 1989).

El racimo floral o inflorescencia esta compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante, el cáliz y la corola están compuestos de 5 sépalos y 5 pétalos, respectivamente (Valadez, 1994). En cada inflorescencia puede haber entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones pueden ser más (Maroto, 1992).

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios lóculos, los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes (Valadez, 1992). 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, 1987).

3.1.5 Características de las variedades en estudio

San Marzano

Variedad de origen Italiano, de crecimiento indeterminado, es la variedad más representativa del jitomate tipo pera y ha servido para la obtención de las otras variedades del grupo (tipo pera), tiene ciclo vegetativo semitemprano, las plantas tienen un porte elevado y gran desarrollo, con tallos abiertos, pelos abundantes y muy vigorosos, por lo que es recomendable el tutorarlo, foliolos de tipo lobulado producen frutos alargados (4 x 8 - 9 cm), biloculares, de pulpa gruesa, poco jugosa, por lo que se destina a la industria; tienen una forma más cilíndrica, superficie lisa, ápice redondeado, color verde antes de la madurez, mas marcado en el cuello, pulpa

madura de color rojo, consistente, sin mucho jugo, de sabor dulce, y con pocas semillas.

El peso del fruto es pequeño, de 70 a 80 g, de diámetro en su parte más gruesa, de unos 40 mm y altura de 70 a 80 mm; el calibre es normalmente homogéneo. Es sensible a las enfermedades, pero muy rendidora y se adapta fácilmente a diferentes condiciones ambientales.

Río Grande

Variedad de origen norteamericano, de crecimiento determinado, de ciclo vegetativo precoz, el porte de la planta es mediano con poco desarrollo, follaje frondoso, folíolos de tipo ancho, algo lobulados con color verde medio por lo que es apta para el cultivo en suelo; dado que la maduración es concentrada se puede realizar la cosecha mecánicamente. Produce frutos redondeados y achatados de los polos, de superficie lisa, de tamaño mediano, la viscosidad relativa es mediana, con 4.5 a 5.6^o Brix, pesando de 95 a 105 g. por fruto; color blanquecino antes de la madurez y la pulpa es roja en estado maduro, tiene una longitud de 60 a 70 mm y grosor algo menor, es resistente a *Alternaria* y tolerante a *Fusarium*, *Verticillium* y *Stemphylium*.

3.1.6 Condiciones climáticas

En el cuadro 1, se muestran las condiciones climáticas favorables para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas de jitomate, de acuerdo a diversos autores.

Cuadro 1. Condiciones climáticas del cultivo de jitomate

Autor	Temperaturas ° C		Etapas fenológicas
Rodríguez,T 1984	21		Ideal para floración
	22-23		Ideal para desarrollo vegetativo
	12		Paraliza desarrollo vegetativo
	20-30		Crecimiento de raíz
Ibar J, 1987	10-12		No se desarrolla
	-2		Se hiela
	16-27		Desarrollo normal
	20-24		Óptimas
	25-30		Germinación
	10		Mínima
35		Máxima	
Maroto,1992	Diurna	Nocturna	
	18-20	-	Germinación
	18-20	15	Crecimiento
	22-25	13-17	Floración
	25	18	Fructificación
Valadez, 1994	21-24° C		Desarrollo
	22		Óptima
	-15< 35		Detiene su crecimiento
	-10		Aborto de flores
	20-27 nocturna		Amarre de frutos
	-13		Maduración pobre
	<32		Frutos se tornan amarillos
22-28		Óptima pigmentación	
Conclusión de la revisión	18 - 30° C		Germinación
	16 - 25		Etapa vegetativa
	21 - 25		Floración
	18 - 25		Fructificación
	22 - 28		Pigmentación
	10		Mínima
	35		Máxima
20 - 24		Óptima	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.1.7 Labores Culturales

El tomate es una planta de rápido crecimiento, por lo que tiende a ramificar, (Ibar, 1987) y a emitir brotes en todas sus axilas, para lo que se tendrá que realizar una poda, debiendo tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Marco de plantación aplicado, cuando mayor sea el marco de plantación mayor será el número de brotes que se puedan dejar.
- b) Se obtiene una máxima precocidad con la poda del tallo principal y despuntando lo antes posible.
- c) Variedad empleada. Las variedades según sean más o menos vigorosas llevarán un tipo u otro de poda.
- d) Época de plantación. De acuerdo a esto se realizará uno u otro tipo de poda ya que las horas de luz, problemas fitosanitarios, etc., actúan de forma diferente dependiendo de la estación en que se cultiven.

3.1.8 Plagas y Enfermedades

En los cuadros 2 y 3 se muestran las plagas y enfermedades más comunes que afectan al cultivo de jitomate, así como el producto y dosis a utilizar, recomendados para su eliminación.

Cuadro 2. Principales plagas del jitomate

Nombre común	Nombre científico	Producto	Dosis
Gusano del fruto	<i>Heliothis virescens fabricius</i>	Cymbush 20% Ambust 50%	0.35 l/ha 0.3 l/ha
Gusano alfiler	<i>Keiferia lycopersicella</i>	Dipel Lannate 90%	0.5 kg. 0.5 kg.
Mosquita blanca	<i>Bemisia tabaci gennadius</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Tamarón 600 Thiodán 35% Folimat 1000	1.0 l/ha 2.5 l/ha 0.75 l/ha
Mínador	<i>Liriomyza munda</i>	Aflix	0.75-1.0 l/ha

Fuente: Valadez, 1994

Cuadro 3. Principales enfermedades del jitomate

Nombre común	Nombre científico	Producto	Dosis
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Maneb Zineb	0.3-0.4 k/ha 2.0 k/ha
Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	Dyrene	2.0-4.0 k/ha
Mancha bacteriana	<i>Xantomonas versicatoria</i>	Cupravit mix Cupravit hydro	2.5-3.0 k/ha 2.0-4.0 k/ha

Fuente: Valadez, 1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.1.9 Cosecha

La cosecha se efectúa cada 2 ó 3 días, esto en función de la temperatura y la velocidad de maduración. En condiciones óptimas, la cosecha se inicia en variedades

precoces, alrededor de **70 días**, después de realizado el trasplante, y en las variedades tardías a los **100 días**.

El jitomate se cosecha comúnmente dejando el cáliz en la planta, ocasionando una leve herida que seca rápidamente el jitomate se cosecha a mano. Esto es indispensable para cumplir con las exigencias de calidad para el jitomate de consumo en fresco (SEP, 1985).

Existen diferentes estados de madurez del producto:

- Verde maduro o verde hecho. Los frutos apenas empiezan a mostrar un color amarillento rosado.
- Pintón o rosado. La superficie de los frutos aparece coloreada por la mitad.
- Pintón avanzado. Los frutos tienen un color rojo o rosado.
- Rojo maduro. Los frutos tienen un color rojo intenso.

3.2 Generalidades de los sustratos

3.2.1 Cultivo en sustratos

Sustrato

es todo material sólido que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede o no intervenir en el proceso de nutrición de la planta.

El cultivo de las plantas en sustratos permite un control riguroso del medio ambiente radicular, particularmente de los aspectos relacionados con el suministro de agua y nutrimentos, facilitando la fuerte intensificación del cultivo (Jensen, Collins, 1985; FAO, 1990).

Un sustrato, es sólo la parte sólida, en el medio hidropónico el sustrato debe permitir la existencia de tres fases: fase sólida, constituida por las partículas del mismo; la fase líquida, constituida por la solución que contiene nutrimentos disueltos y la fase gaseosa constituida por el aire de los poros. Muchas veces resulta imposible separar estas tres fases, aunque de un modo práctico se suelen estudiar por separado. La fase líquida ha recibido desde los inicios de la investigación de los sustratos, una atención especial, debido a que en esta se define la disponibilidad de agua para las plantas, y su conocimiento desde los puntos de vista energético e hidráulico permite de un modo práctico establecer la cantidad y frecuencia de riego.

Un sustrato cumple dos funciones esenciales: la primera consiste en anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar en tanto que la segunda se relaciona con el contenido de agua y los nutrimentos que las plantas necesitan

3.2.2 Características generales de los sustratos

Para permitir un desarrollo adecuado de las plantas, un sustrato debe poseer las siguientes características.

Físicas

- **Retención de humedad**
- **Granulometría adecuada**
- **Excelente drenaje y aireación del sistema radical**
- **Buena estabilidad estructural**
- **Ser de peso ligero**
- **No presentar aristas agudas**

Químicas

- **Inerte químicamente**
- **No reaccionar con la solución**

Biológicas

- **Biológicamente inerte**
- **Libre de plagas y enfermedades**
- **Libre de materia orgánica**

Económicas

- **Ser de bajo costo**
- **Estar disponible en la zona de producción**

Fuente: Apuntes del Curso-Taller de Hidroponía 2000

3.2.3 Propiedades físicas de los sustratos

Las propiedades físicas del medio de cultivo o sustratos son importantes, porque una vez que el medio se encuentra en el contenedor, y la planta se desarrolle en él, no es posible modificarlas (Nuez, F 1995).

A) Porcentaje de espacio poroso

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85%, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

Se debe procurar en la zona de raíces una proporción del 30% de material sólido un 70% de espacio poroso, el cual debe ser ocupado a partes iguales por aire y agua

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta.

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie volumen, por lo que el equilibrio

tensión superficial fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado.

B) Densidad

La densidad real de un sustrato se debe referir, únicamente a la del material sólido que lo compone, y la densidad aparente se obtiene considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos, más el espacio poroso.

La densidad real tiene un interés relativo, para conocer la composición química del sustrato su valor varía según el material que lo compone y suele oscilar entre 2.5 – 3.0 g/cm³ para la mayoría de los sustratos de origen mineral, la densidad aparente, indirectamente proporciona información sobre la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.70 – 1.0 g/cm³) y que garanticen una cierta estabilidad estructural pero sólo se logra en sustratos orgánicos.

C) Estructura

Puede ser granular como la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar en el caso de los sustratos orgánicos. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación,

conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

D) Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento a causa de su porosidad externa, que aumenta el tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

E) Retención de humedad

Una de las propiedades físicas que debe tomarse en cuenta es la retención de humedad del sustrato, la cual está íntimamente relacionada con el tamaño de las partículas, la forma de las mismas y la porosidad del sustrato, de modo que el agua es retenida en la superficie de las partículas y también en el espacio formado por los poros, mientras más pequeñas sean las partículas estarán más cerca una de otras por lo que será mayor el espacio de poros y su superficie, permitiendo una mayor cantidad de agua almacenada, pero hay que considerar que los materiales muy finos retienen excesivamente al agua desplazando el aire existente en los poros y que en consecuencia la planta puede sufrir por la falta de oxígeno en la raíz (Resh, 1997).

Un sustrato óptimo debe tener de 10 - 30% de material sólido, retener de 40 - 50% de agua con un 30 - 40% de espacio lleno de aire.

F) Duración

Para utilizar un material como sustrato, debemos tomar en cuenta que los materiales más adecuados son aquellos, que no se disgregan fácilmente con la acción del agua, debido a que es la estructura la que determina si han de mantener con el tiempo una porosidad correcta.

G) Estabilidad

Es la resistencia física del sustrato frente a la alteración producida por la solución nutritiva considerando esta última como agente erosivo. El uso de sustratos poco estables da lugar a cambios, periódicos de los mismos, ya que al producirse una disgregación traerá como consecuencia la acumulación de los materiales finos en el fondo de los contenedores, impidiendo el drenaje de la solución, lo que ocasiona una asfixia radical más o menos acentuada, lo mismo ocurre en el caso de que el sustrato este sometido a procesos de compactación.

Otras propiedades físicas que debe cumplir un sustrato son: ser de peso ligero, para facilitar su manejo y que no presente aristas agudas que puedan dañar las raíces o tallos.

- **Espacio poroso total:** Es el volumen total del medio de cultivo, no ocupado por partículas orgánicas ni materiales, su nivel óptimo se sitúa por encima del 85% del volumen total del sustrato. El total de poros existentes en un sustrato se divide

entre: a) poros capilares de pequeño tamaño ($<30\mu\text{m}$), que son los que retienen el agua y b) poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño ($>30\mu\text{m}$), que son los que vacían, después que el sustrato ha drenado, permitiendo así la oxigenación.

- Agua fácilmente disponible. Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar. Los poros que se mantiene llenos de agua después del drenaje del sustrato son los de menor tamaño. Por lo tanto, y en relación con los sustratos, lo que nos interesa es la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención de agua, lo cual se ve reflejado en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 y 30 % del volumen.
- Capacidad de aireación. Es la proporción del volumen del medio de cultivo, que contiene aire, después de que ha sido saturado con agua y dejado drenar. El nivel óptimo de la capacidad de aireación oscila entre el 20 y 30 % en volumen (Nuez, F 1995).

Las raíces requieren oxígeno para mantener su actividad metabólica y su crecimiento. Un déficit temporal de oxígeno puede reducir el crecimiento de las

raíces y de la parte aérea; pero condiciones de hipoxia mantenidas durante varios días, pueden llegar a provocar la muerte de algunas raíces.

- Agua de reserva, es la cantidad de agua (% en volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de c.a. el nivel óptimo se sitúa entre el 4% y el 10% en volumen.

En síntesis, las propiedades físicas de un medio de cultivo, son aquellas que permiten evaluar la capacidad de un material para ser utilizado como sustrato, ó bien para comparar diferentes materiales, destacándose:

- a) Distribución del tamaño de partículas o granulometría.
- b) Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir, su capacidad para retener agua y permitir el drenaje (Ansorena, 1994).

3.2.4. Características físicas óptimas para el cultivo de jitomate

Para obtener buenos resultados en el crecimiento y el desarrollo de la planta de jitomate, se requieren las siguientes características del medio del cultivo (Raviv et al, 1986; Abad, 1992; Martínez y García. 1993).

- a) Elevada capacidad de retención de agua
- b) Suficiente suministro de aire
- c) Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones mencionadas

- d) Baja densidad aparente
- e) Elevada porosidad
- f) Estructura estable que impida la contracción o hinchazón del medio.

Cuadro No. 4. Niveles óptimos de las propiedades físicas de los sustratos.

Propiedad	Nivel óptimo
Tamaño de la partícula (mm)	0,25 – 2,50
Densidad aparente (g/cm ³)	< 0,4
%Espacio poroso total (% volumen)	> 85
Retención de agua(% Vol.) a:	
10 cm de c.a	55 – 70
50 cm de c.a	31 – 40
100 cm de c.a	25 - 31
Capacidad de aireación (% Vol)	20 – 30
Agua fácilmente disponible (% Vol)	20 – 30
Agua de reserva (% Vol)	4 – 10
Agua total disponible (% Vol.)	24 – 40
Contracción (% Vol.)	< 30

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.2.5 Clasificación de los sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su estabilidad estructural etc.

La clasificación de sustratos, que se presenta a continuación, intenta recoger las diferencias más relevantes desde el punto de vista hortícola.

3.2.5.1 Materiales inorgánicos (minerales)

- a) De origen natural: se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.)
- b) Transformados o tratados a partir de rocas minerales, mediante tratamientos físicos, y a veces también químicos, más o menos complejos que modifican notablemente las características de los materiales de partida (lana de roca, perlita, arcilla expandida, vermiculita, etc.)
- c) Residuos y subproductos industriales, comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de alto horno, estériles del carbón, ladrillo molido, etc.)

3.2.5.2 Materiales orgánicos

- a) De origen natural. se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turberas rubias y negras)
- b) De síntesis son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, espuma de urea-formaldehído, poliestireno expandido, etc.)

- c) **Subproductos y residuos de las actividades agrícolas, industriales y urbanos.** muchos materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación como sustrato (paja de cereales, estiércoles corteza de árboles, aserrín, fibra de madera, fibra de coco, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales etc.

3.2.5.3 Según sus propiedades.

Sustratos químicamente inertes. Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.

Sustratos químicamente activos. Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales lignocelulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrimentos por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes, actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrimentos, por lo que han de ser suministrados mediante la solución. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrimentos aportados mediante la solución. Almacenándolos o cediéndolos según las exigencias de la planta.

3.2.6 Características físicas de los sustratos en experimentación

3.2.6.1 Tezontle negro

Es una roca volcánica ígnea de estructura vesicular y composición basáltica (Huang, 1968). Presenta un color oscuro y también recibe el nombre de escoria volcánica (lava basáltica) su grado de oxidación, es mucho menor que el tezontle rojo y se localiza en la zona del eje neovolcanico, en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Su densidad aparente es de 1.1 g/cm³, y es menos poroso que el tezontle rojo y su capacidad de retención de agua es menor (Baca, 1983).

Debido a su color negro absorbe más calor durante el día, esto hace que eventualmente sea necesario contar con un sistema de protección, que atenúe la radiación solar (sombreo). En los diversos experimentos realizados por Huang (1968) y Baca (1983) observaron que el mejor manejo de la solución nutritiva, se obtiene cuando se usa tezontle negro, en lugar del rojo. Esto es debido a la menor relación iónica que se establece en la solución nutritiva. Su dureza y consistencia lo hace resistente a los procesos de intemperismo.

Debido a su uso generalizado en la construcción de carreteras, se le consigue fácilmente y en tamaño uniforme, el material es conocido en las minas de donde se extrae como sello 3-A. Para el empleo del tezontle como sustrato se debe uniformizar su tamaño en partículas de 3.0 a 20 mm de diámetro. En el caso del tezontle negro, su tamaño queda comprendido en los límites requeridos 7.0 a 20 mm (Baca 1983).

3.2.6.2 Tezontle rojo

Es una roca volcánica ígnea de estructura vesicular, son rocas que se forman del magma, expulsadas por erupción y presentan burbujas atrapadas. (se le considera la espuma de la lava) El color rojizo se debe al grado de oxidación que presentan. (Huang, 1968) En México se puede encontrar en las zonas del eje neovolcánico, en la región de los Tuxtlas Veracruz, este presenta una mayor capacidad de retención de agua que el tezontle negro y su densidad aparente es de 0.4 g/cm^3 (Baca 1983).

Las evidencias experimentales indican que empleando el tezontle rojo, se requiere una concentración menor de potasio en la solución nutritiva, esto ocasiona una disminución en el pH, por lo que el empleo de este sustrato puede requerir un control más exacto de la solución nutrimental.

El tezontle rojo se consigue con facilidad y su costo es bajo, pero presenta una granulometría muy irregular, por lo que para su empleo en hidroponía, es necesario tritarlo y cribarlo, lo que incrementa los costos.

La limpieza del sustrato por la acumulación de raíces, es más difícil debido a su porosidad. Esta acumulación de raíces, cobra mayor importancia, si el cultivo anterior presento alguna enfermedad en la raíz, que pueda ser transmitida al nuevo cultivo. Lo que conducirá a la necesidad de establecer un programa de rotación de cultivos, sobre todo si no se cuenta con un método eficiente de desinfección del sustrato.

3.2.6.3 Gravilla

Es una roca volcánica ígnea de estructura vesicular, comprendido dentro del sustrato denominado convencionalmente como grava, existe una fracción entre los 3.0 y 12.0 mm. denominada comúnmente gravilla. Con una densidad aparente que oscila entre 1.5 y 1.9 g/cm³ dependiendo del tipo de roca de que este constituida, con un peso específico de 2.58-2.65 Kg./cm (Richardson,1980).

Para el tipo de drenaje, el tamaño de las partículas influye mucho; así como el área de exposición del sustrato, por tal motivo la gravilla requiere de menos riegos que la grava, así como también el drenaje es más lento ya que el tamaño de las partículas retiene más tiempo el agua. El inconveniente es que su aireación es muy pobre, debido a que permanece siempre rodeado de una capa de agua poco oxigenada e impide la recirculación de agua con mayor contenido de oxígeno.

Por su tamaño, esta más expuesta a los agentes de intemperismo y por lo tanto su duración es menor como sustrato, tomando a la solución nutrimental como agente intemperizante, debido a esto se debe poner especial atención a los precipitados producto de la degradación del sustrato, mismos que impiden la aireación y oxigenación de las raíces de las plantas, provocando que se lleven a cabo procesos de anaerobiosis, en los cuales se genera energía necesaria para el crecimiento (Díaz, 1994; González, 1990; Rodríguez, 1986).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El trabajo de investigación, se realizó en el Módulo de Hidroponía del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la FES - Cuautitlán, UNAM. El cual se ubica en las siguientes coordenadas geográficas. Al norte $19^{\circ} 44''$, al sur $19^{\circ} 35''$ latitud norte, al este $99^{\circ} 11''$, al oeste $99^{\circ} 17''$ de longitud oeste y a una altitud de 2,280 msnm (INEGI 1997). Un clima C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual es de 15.7° C. Una precipitación media anual de 605 mm y un periodo de heladas de octubre a abril.

4.2 Características de la instalación

El experimento se estableció bajo una cubierta plástica de 42 m^2 de superficie total y una altura de 2.5 m. con un área útil para el cultivo de 12 m^2 , distribuidos en 6 bancales de 2 m cada una, con 0.366 m^3 de sustrato y un deposito individual con capacidad de 100 litros.

4.3 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental del tipo factorial, con 6 tratamientos, 12 repeticiones, con un arreglo de las unidades experimentales completamente al azar. La parcela experimental fue de un metro cuadrado de la cual se eligieron al azar 6 plantas de cada tratamiento, para hacer la evaluación de las variables en estudio.

Con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + (EA)_j + (I \times EA)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

4.4 Análisis estadístico

Se realizó, análisis estadístico para la varianza y comparación de medias por el método de Tukey al 0.05 % de probabilidad, para cada una de las variables en estudio.

4.5 Tratamientos.

Los tratamientos estuvieron conformados por dos factores mismos que se evaluaron a 3 y 2 niveles respectivamente.

Factor sustratos

a) Sustratos

1. Tezontle Negro (TN)
2. Tezontle Rojo (TR)
3. Gravilla (G)

Factor variedades

b) Variedades

1. Río Grande (RG)
2. San Marzano (SM)

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: $A \times b = 6$ tratamientos

1. Tezontle Negro Río Grande (TNRG)
2. Tezontle Negro San Marzano (TNSM)
3. Tezontle Rojo Río Grande (TRRG)
4. Tezontle Rojo San Marzano (TRSM)
5. Gravilla Río grande (GRG)
6. Gravilla San Marzano (GSM)

Distribución de los tratamientos

GRG 5	TNSM 2	TRRG 3
GSM 6	TNRG 1	TRSM 4
TNRG 1	TRSM 4	GRG 5
TNSM 2	TRRG 3	GSM 6

4.6 Manejo agronómico

Se puso un semillero de cada una de las variedades a evaluar, Río Grande y San Marzano, utilizando como sustrato agrolita - turba vegetal en una relación de 2:1, remojando previamente las semillas por 24 horas.

La limpieza del sustrato, consistió en eliminar las raíces y hojas del cultivo anterior.

El sustrato se desinfectó, con hipoclorito de sodio, en una relación 1:500, inundando los bancales por un periodo de 24 horas.

El lavado del sustrato consistió en enjuagarlo con agua, después de haber drenado el hipoclorito de sodio.

Las plántulas fueron transplantadas a los 40 días después de la siembra, con una altura promedio de entre 10 y 12 cm., quedando por bancal 24 plantas, 12 plantas de cada variedad.

El cambio de solución, se realizó cada 21 días, para lo cual fueron necesarios los siguientes pasos:

* Se checó el pH del agua

* Se aciduló con ácido sulfúrico (5 ml para 100 litros de agua).

* Se procedió a disolver las sales en el siguiente orden, primero los sulfatos excepto el Fe, después los fosfatos y luego los nitratos, por último el sulfato ferroso.

Se realizó poda, a dos tallos en las plantas de jitomate para la variedad San Marzano, debido al tipo de crecimiento indeterminado.

De igual forma, se realizó una poda sanitaria, cada semana, con el fin de mantenerlas libres de hospederos, en ambas variedades.

Se inicio a los 20 días el tutorado para ambas variedades, utilizando el sistema denominado de colgado, el cual consiste en postes, sobre los cuales se atan alambres y en éstos se sujetan las plantas con rafia.

Cada 20 días, se llevaron a cabo aplicaciones de fertilizante foliar, con el fin de complementar la nutrición de la planta, en cuanto a la aportación de micronutrientes.

Calendario de actividades

Práctica Cultural	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Siembra	15					
Lavado de sustrato		5				
Desinfección		13				
Transplante		24				
Preparación de solución		26	17	7 - 28	19	9 - 30
Toma de datos			8 - 22	5 - 19	3 -17- 31	14 - 28
Aplicación foliar			18	8 -29		20

4.6 Solución nutrimental

En el cuadro No 5, se indica la solución nutrimental utilizada en ppm, los fertilizantes con las que se preparaba y la cantidad en gramos de cada fertilizante.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FERTILIZANTE	NUTRIMENTOS APORTADOS (ppm)								Peso (g)
Iones	NO ₃ ⁻¹	NH ₄ ⁺¹	H ₂ PO ₄ ⁻¹	K ⁺¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Fe ⁺²	SO ₄ ⁻²	
Fosfato diamónico		45	50						22.00
Nitrato de potasio	81			225					61.00
Nitrato de Ca.	126				180				82.00
Sulfato de Mg.						50		66	57.00
Sulfato ferroso							5	3	3.50
TOTAL	207	45	50	225	180	50	5	69	225.50

La solución nutrimental se cambio cada 21 días, para su preparación se utilizaron 225.5 g. de fertilizante para 100 litros de agua, con un total de 6 depósitos, utilizando por lo tanto 1,353.00 g de fertilizante, en cada preparación, realizando un total de 7 preparaciones durante el ciclo del cultivo, para lo cual se utilizaron de 9,471.00 g. de fertilizante, teniendo un costo de \$48.00 pesos.

4.8 Parámetros evaluados

A) De la planta

- Número de hojas: se tomaron en cuenta las que brotan del tallo principal.
- Rendimiento total: es el rendimiento total por metro cuadrado.
- Rendimiento por planta. Es el total de los cortes realizados durante la cosecha.

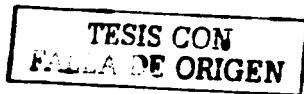
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Altura de la planta:** se consideró a partir de la base del sustrato, al ápice de la planta.
- **Peso de los frutos:** se peso cada uno de los frutos cosechados de las plantas muestreadas, con una balanza granataria.
- **Diámetro ecuatorial:** se midió en cada uno de los frutos, utilizando un vernier.
- **Diámetro polar:** se midió cada uno de los frutos utilizando el vernier.

De los sustratos

Densidad aparente.

$$Da = \frac{\text{Peso del sustrato}}{\text{Volumen total}}$$



Volumen total: volumen del sustrato más el volumen de los poros.

Densidad real

$$Dr = \frac{\text{Material sólido sustrato}}{\text{Volumen sólido sustrato}}$$

Porcentaje de espacio poroso

$$\% EP = \left[\frac{1 - Da}{Dr} \right] \times 100$$

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 RENDIMIENTO TOTAL

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para la variable rendimiento total, se encontró tanto para el factor sustrato como para el factor variedad, diferencia significativa. (cuadro No.6)

Cuadro No 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento total de jitomate

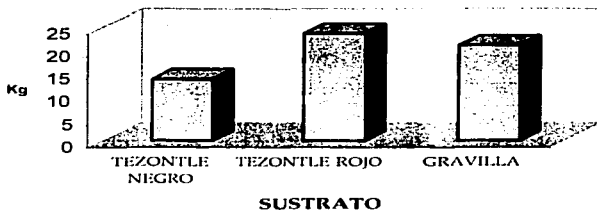
FUENTE	G.L.	S.C	C.M	F,C	F.T 0.05
TRATAMIENTOS	5	87.54	17.50	4.55	4.39 *
SUSTRATO	2	53.94	26.97	7.02	5.14 *
VARIEDADES	1	31.17	31.17	8.11	5.99 *
SUSXVAR	2	2.43	1.21	0.31	5.14 N.S
ERROR	6	23.08	3.84		
TOTAL	11	110.62			

* Diferencia significativa

**Altamente significativa

Al evaluar el efecto del factor sustrato, sobre la variable rendimiento total, se observa que en el tezontle rojo, se obtiene el mayor rendimiento total 23.42 Kg/m², en la gravilla un 10% menos (20.89 Kg/m²) y por último, el menor rendimiento en el tezontle negro (13.43 kg/m²). Como lo muestran la gráfica 1 y el cuadro 7.

GRAFICA 1 RENDIMIENTO TOTAL DE JITOMATE,
FACTOR SUSTRATO



TESIS CON
T. ... DE ORIGEN

Cuadro No. 7 Prueba de Tukey para la variable rendimiento total, para el factor sustrato, en el cultivo de jitomate.

	Sustrato 1 Tezontle negro	Sustrato 2 Tezontle rojo	Sustrato 3 Gravilla
Medias (Kg) Grupos	13.43 a	23.42 b	20.89 c

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P= 0.05)

Lo anterior se explica al considerar las características que poseen cada uno de los sustratos, como son su densidad aparente, real y porcentaje de espacio poroso.

Según los resultados de la prueba de comparación de medias para el factor variedad, se encontraron diferencias significativas. El mayor rendimiento total se obtuvo en la variedad San Marzano (Cuadro No. 8) en comparación con la variedad Río Grande (Gráfica No 2), debido principalmente al tipo de crecimiento de cada variedad.

Cuadro No 8. Prueba de Tukey para la variable rendimiento total de jitomate, para el factor variedad

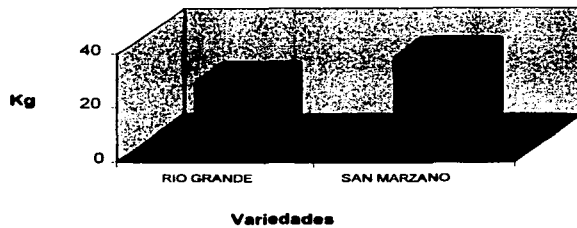
	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias Grupos	24.35 a	33.70 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P= 0.05)

TESIS CON
SALA DE ORIGEN

GRAFICA 2 RENDIMIENTO TOTAL DE JITOMATE.

FACTOR VARIEDAD



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.2 RENDIMIENTO POR PLANTA

En el cuadro No. 9, el análisis de varianza para la variable rendimiento por planta, muestra diferencia significativa, para el factor sustrato; y para el factor variedades se observan diferencias altamente significativa; en tanto que la interacción sustrato variedad presenta diferencia significativa.

Cuadro No 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta de jitomate.

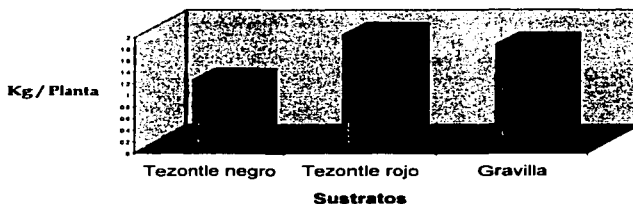
FUENTE	G.L	S.C	C.M	F,C	F.T 0.05
TRATAMIENTOS	5	14.59	2.91	10.03	2.36 **
SUSTRATO	2	3.39	1.69	5.84	3.14 *
VARIEDADES	1	5.20	5.20	17.93	3.99 **
SUSXVAR	2	5.60	2.80	9.65	3.14 *
ERROR	66	19.61	0.29		
TOTAL	71	34.20			

* Diferencia significativa **Altamente significativa

Para el factor sustrato, el mayor rendimiento se obtuvo en el tezontle rojo, en segundo lugar la gravilla, y el menor rendimiento en el tezontle negro, las diferencias varían del orden del 10% entre el primero y el segundo y del orden del 40% entre el segundo y el tercero. Lo anterior fue resultado de la porosidad y densidad aparente de los sustratos estudiados, en este sentido, se observa, que la porosidad tanto del tezontle rojo, como la gravilla es superior al 60% (62.6 y 64.8%, respectivamente), siendo el tezontle negro el que presenta una menor porosidad (51.4%).

La densidad aparente es semejante para el tezontle rojo y la gravilla (0.81 y 0.67 g/cm³), presentando para el tezontle negro una densidad 1.05 g/cm³, esto último da como resultado un mayor peso por volumen, como se muestra en la gráfica 3 y cuadro No. 10.

Gráfica 3. RENDIMIENTO POR PLANTA DE JITOMATE, FACTOR SUSTRATO



Cuadro No. 10 Prueba de Tukey para la variable rendimiento por planta, para el factor sustrato, en el cultivo de jitomate.

	Sustrato 1 Tezontle negro	Sustrato 2 Tezontle rojo	Sustrato 3 Gravilla
Medias (Kg) Grupos	1.11 a	1.9 b	1.73 c

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P= 0.05)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La porosidad es importante, sin embargo, presenta algunos problemas como son: mayor dificultad para eliminar las raíces, al término del cultivo, esto sucedió con la gravilla, aunado a esto, son sustratos que se disgregan (tezontle rojo), y con el tiempo dificultan el drenaje y, por consecuencia, la adecuada aireación y oxigenación del sistema radical.

La aireación de las raíces, se encuentra estrechamente relacionada con el intervalo de riego, una irrigación frecuente o muy tardada, así como un drenaje lento reducen el nivel de oxígeno alrededor de las raíces, de los sustratos en estudio, la gravilla tiene un drenaje muy lento, el tezontle rojo lento y en el caso del tezontle negro es más rápido y por lo tanto es mayor la velocidad de distribución de oxígeno.

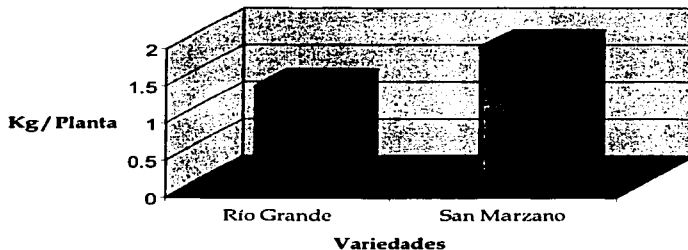
Por lo que un sustrato no poroso, requiere más riegos al día, que los porosos, al igual que las partículas grandes más riegos que las pequeñas.

Lo anterior, puede conducir a un metabolismo fisiológico más lento en la planta y, desde luego, a una reducción en el rendimiento.

Al evaluar el efecto del factor variedad, en los cultivares estudiados, la que mayor rendimiento tuvo fue la variedad San Marzano de crecimiento indeterminado, con una diferencia del 30 % menos para la variedad Río Grande de crecimiento determinado, considerando el tipo de crecimiento que posee cada una de ellas, a ello se atribuye la diferencia en rendimiento; así

como las propias características físicas que poseen los sustratos evaluados, las cuales obviamente influyeron en el rendimiento de cada una de las variedades estudiadas, como se puede apreciar en la gráfica 4 y en el cuadro 11.

**GRÁFICA 4. RENDIMIENTO POR PLANTA FACTOR
VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE**



Cuadro No. 11 Prueba de Tukey para la variable rendimiento de jitomate, en el factor variedad.

	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias Grupos	1.33 a	1.86 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P=0.05$)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.3 PESO FRESCO DEL FRUTO

De acuerdo, con el análisis de varianza para la variable peso fresco del fruto, se observan diferencias altamente significativas para el factor sustrato y variedad; sin embargo, para la interacción sustrato - variedad se puede apreciar una diferencia significativa tal como se muestra en el cuadro No 12.

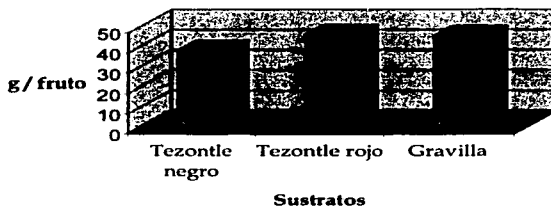
Cuadro No 12. Análisis de varianza para la variable peso fresco del fruto de jitomate.

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T
TRATAMIENTOS	5	2261.04	452.20	37.58	2.36 **
SUSTRATO	2	903.82	451.91	37.56	3.14 **
VARIEDADES	1	1275.62	1275.62	106.03	3.99 **
SUSXVAR	2	81.60	40.80	3.39	3.14 *
ERROR	66	794.60	12.03		
TOTAL	71	3055.64			

* Diferencia significativa ** Altamente significativa

Para el factor sustrato, en el tezontle rojo se obtuvieron los frutos con mayor peso, esto, considero se debe a que el sustrato, permite retener la solución de nutrimentos por más tiempo y de esta forma estar disponible para la planta y por ende para los frutos, en segundo lugar la gravilla, existiendo en estos sustratos una diferencia significativa mínima, en comparación con el tezontle negro, donde los frutos presentaron los menores pesos, tal como se aprecia en la gráfica 5 y el cuadro 13.

**GRÁFICA 5. PESO FRESCO DEL FRUTO FACTOR
SUSTRATO, EN EL CULTIVO DE JITOMATE**



Cuadro No 13. Prueba de Tukey para la variable peso fresco del fruto de jitomate, en el factor sustrato.

	Sustrato 1 Tezontle negro	Sustrato 2 tezontle rojo	Sustrato 3 Gravilla
Medias (g) Grupos	37.62 a	45.50 b	44.90 c

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P= 0.05$)

Aunque la retención de agua de un sustrato sea elevada, esto no significa que se encuentre disponible para las plantas, puede ocurrir que se encuentre absorbida en los microporos, con una fuerza superior a la succión que la planta es capaz de ejercer, por lo tanto, la cantidad de agua disponible, dependerá del tamaño de los poros más pequeños y de la concentración de sales en la solución nutrimental. Cuanto mayor sea esta última, mayor será la succión que tendrá que aplicar la planta, pudiendo llegar en condiciones extremas (salinidad) a la deshidratación de la planta.

La absorción de nutrimentos por la raíz depende de factores internos y externos a la planta. Entre los factores endógenos, la absorción de nutrimentos por la planta depende fundamentalmente del crecimiento de la raíz, gracias a esto la planta puede explorar nuevos volúmenes de sustrato. Entre los elementos exógenos o ambientales tiene una gran importancia la temperatura; así como el pH o la aireación, factores que regulan la disponibilidad de los nutrimentos o porque influyen en el transporte activo a través de la membrana en las células de la raíz.

Al evaluar el efecto del factor variedad, mediante la comparación de medias, en la variable peso fresco del fruto, se obtuvo diferencia altamente significativa entre las variedades, como se muestra en el cuadro No. 14.

Cuadro No 14. Prueba de Tukey para la variable peso fresco del fruto de jitomate, en el factor variedad.

	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias (g) Grupos	46.91 a	38.49 b

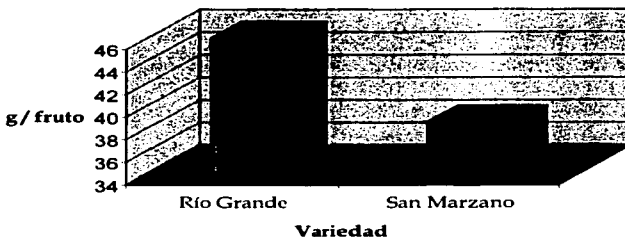
Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P=0.05$)

En la gráfica 6, se muestra como el mayor peso fresco del fruto, fue obtenido en la variedad Río Grande, obteniéndose un peso promedio de 46.91 g, lo cual es una

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

característica de la variedad, siendo sus frutos de mayor peso, que para la variedad San Marzano, donde se obtuvieron frutos con peso promedio de 38.49 g.

GRÁFICA 6. PESO FRESCO DEL FRUTO FACTOR VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4 DIÁMETRO ECUATORIAL

En cuanto a la variable diámetro ecuatorial al realizar el análisis de varianza, se puede apreciar que para el factor sustrato no existe diferencia significativa, y para el factor variedad si existe diferencia altamente significativa, así mismo no existe diferencia significativa para la interacción sustrato- variedad como se muestra en el cuadro 15.

Cuadro No 15. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de jitomate

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T
TRATAMIENTOS	5	11.21	2.224	46.708	2.36 **
SUSTRATO	2	0.19	0.095	1.979	3.14 N.S
VARIETADES	1	10.88	10.880	226.666	3.99 **
SUSXVAR	2	0.14	0.070	1.458	3.14 N.S
ERROR	66	3.21	0.048		
TOTAL	71	14.42			

**Altamente significativa N.S No Significativo

La comparación de medias, revela que el factor variedad, muestra una diferencia altamente significativa para el diámetro ecuatorial de los frutos (cuadro No. 16). Esto se debe principalmente al tipo de frutos para cada variedad, ya que la variedad Río Grande, produce frutos redondos, lo que ocasiona obviamente que el diámetro sea mayor, que para la variedad San Marzano que presenta frutos tipo pera. El diámetro obtenido para la variedad San Marzano fue menor de 3.36 cm. y para la variedad Río Grande de 4.14 cm, como se aprecia en la gráfica No. 7.

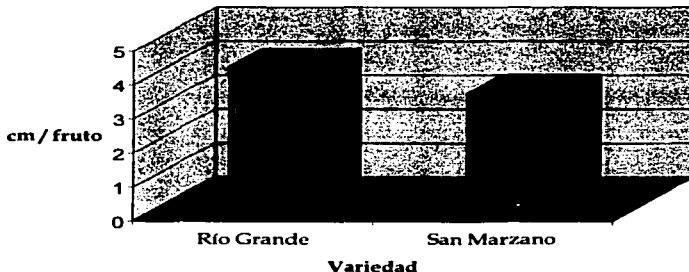
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No 16. Prueba de Tukey para la variable diámetro ecuatorial de jitomate, para el factor variedad.

	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias (cm) Grupos	4.14 a	3.36 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P= 0.05$)

GRÁFICA 7. DIÁMETRO ECUATORIAL FACTOR VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



Al comparar el diámetro ecuatorial en las variedades estudiadas, se observa una relación entre esta variable y el peso fresco del fruto, lo cual se explica debido a que al tener mayor peso los frutos, el diámetro ecuatorial debe ser mayor.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.5 DIÁMETRO POLAR

En el cuadro No. 17, el análisis de varianza, determina que el factor sustrato, no presenta diferencia significativa, pero para el factor variedad, se observa diferencia altamente significativa. Asimismo, no existe diferencia para la interacción de los factores.

Cuadro No 17. Análisis de varianza para la variable diámetro polar de jitomate.

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F,C	F.T
TRATAMIENTOS	5	18.744	3.749	17.596	2.36 **
SUSTRATO	2	0.532	0.266	1.244	3.14 N.S
VARIEDADES	1	17.662	17.662	82.910	3.99 **
SUSXVAR	2	0.551	0.275	1.291	3.14N.S
ERROR	66	14.090	0.213		
TOTAL	71	32.830			

**Altamente significativa N.S No Significativo

La comparación de medias de las variedades, sobre el diámetro polar en los frutos, presenta diferencia altamente significativa (cuadro No. 18).

Cuadro N o 18. Prueba de Tukey para la variable diámetro polar de jitomate, en el factor variedad.

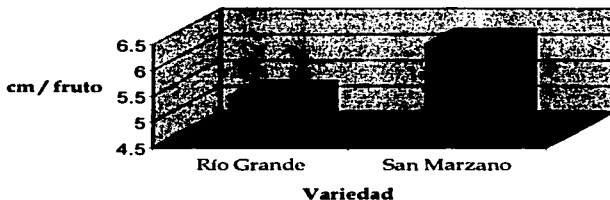
	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias (cm) grupos	5.30 a	6.30 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P= 0.05)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica 8, se muestra que la mejor variedad fue la San Marzano, con un diámetro polar promedio de 6.30 cm. mientras que para la variedad Río Grande, se obtuvieron frutos con diámetro polar promedio de 5.3 cm.

GRÁFICA 8. DIÁMETRO POLAR FACTOR VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



El crecimiento del fruto resulta principalmente de la importación de fotoasimilados por parte de las hojas. Para estos últimos, la fuerza demandante se expresa como la habilidad de un órgano particular para acumular fotoasimilados y esta determinada por su tamaño y su actividad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.6 ALTURA DE LA PLANTA

En el análisis de varianza para la variable altura de planta, para el factor sustrato no existe diferencia significativa, pero el factor variedad, muestra una diferencia altamente significativa; así mismo no existe diferencia significativa para la interacción de los factores estudiados, como se muestra en el cuadro 19.

Cuadro No 19. Análisis de varianza para la variable altura de planta de jitomate

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F,C	F.T
TRATAMIENTOS	5	1081.79	216.36	58.318	2.36 **
SUSTRATO	2	19.54	9.77	2.633	3.14 NS
VARIEDADES	1	1041.20	1041.20	280.646	3.99 **
SUSXVAR	2	21.06	10.53	2.838	3.14 NS
ERROR	66	245.56	3.71		
TOTAL	71	1327.26			

**Altamente significativa NS No significativo

Al evaluar el factor variedad, la diferencia observada entre ambas variedades evaluadas se debe al tipo de crecimiento de los variedades, Río Grande es de crecimiento determinado y San Marzano es de crecimiento indeterminado (cuadro 20 y gráfica 9).

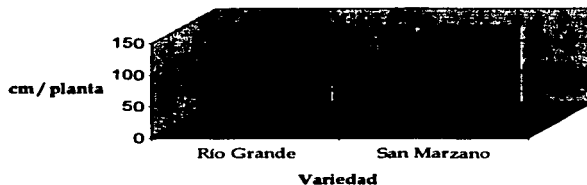
Cuadro No 20. P0rueba de Tukey para la variable altura de planta de jitomate, en el factor variedad.

	Variedad 1 Río Grande	Variedad 2 San Marzano
Medias (cm) Grupos	61.33 a	137.66 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P= 0.05)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRÁFICA 9. ALTURA DE PLANTA FACTOR VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



La diferencia de altura de la planta, se debe al tipo de crecimiento de cada una de las variedades evaluadas, por lo que cabe mencionar que el crecimiento de una célula, tejido, órgano u organismo vivo se puede definir como un aumento irreversible de su tamaño.

En consecuencia el crecimiento vegetal es indefinido o indeterminado, por lo que la planta continúa creciendo durante toda su vida, mientras las condiciones ambientales así lo permitan. Sin embargo algunos órganos vegetales (hojas, flores, frutos, semillas) tienen siempre un crecimiento definido o determinado característica de cada especie. Estas afirmaciones son congruentes con los resultados obtenidos en las variedades evaluadas.

TESIS CON
FALLA DE JINGLET

5.7 NÚMERO DE HOJAS

En el cuadro 21, el análisis de varianza para la variable número de hojas, el factor sustrato presenta diferencia significativa, y para el factor variedad, se observa una diferencia altamente significativa, lo mismo sucede para la interacción entre los factores.

Cuadro No. 21 Análisis de varianza para la variable número de hojas de jitomate

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F,C	F.T
TRATAMIENTOS	5	3889.944	777.989	16.256	2.36 **
SUSTRATO	2	850.778	425.389	8.888	3.14 *
VARIEDADES	1	1942.722	1942.722	40.593	3.99 **
SUSXVAR	2	1096.444	548.222	11.455	3.14 **
ERROR	66	3158.667	47.859		
TOTAL	71	7048.611			

* Diferencia significativa ** Altamente significativa

Asimismo, se encontraron diferencias significativas para las medias de los factores sustrato y variedad (cuadro 22 y 23), sobre el número de hojas.

Cuadro No 22. Prueba de Tukey para la variable número de hojas de la planta de jitomate, en el factor sustrato.

	Sustrato 1 Tezontle negro	Sustrato 2 Tezontle rojo	Sustrato 3 Gravilla
Medias Grupos	17.25 a	24.50 b	17.17 c

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

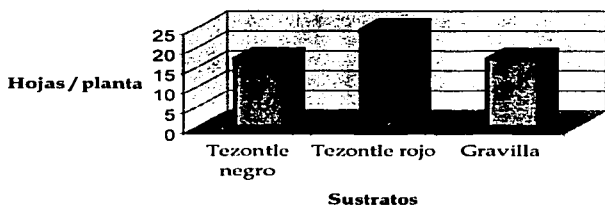
Cuadro No 23. Prueba de Tukey para la variable número de hojas por planta de jitomate, en el factor variedad.

	Variedad Río Grande	Variedad San Marzano
Medias Grupos	14.44 a	24.83 b

Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales ($P=0.05$)

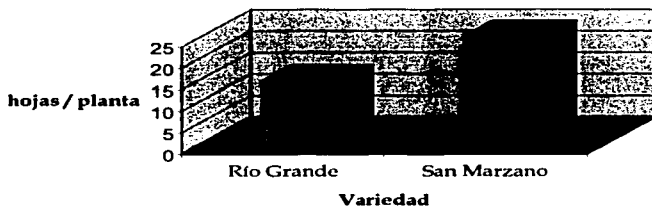
El mayor número de hojas. Se obtuvo en el tezontle rojo y la variedad San Marzano, con un 34% menor para el tezontle negro y la gravilla, para la variedad Río Grande, el sustrato que permitió un mayor desarrollo de hojas fue la gravilla, seguido del tezontle rojo y por último el tezontle negro (gráfica 10 y 11).

GRÁFICA 10. NÚMERO DE HOJAS FACTOR SUSTRATO, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRÁFICA 11. NÚMERO DE HOJAS FACTOR VARIEDAD, EN EL CULTIVO DE JITOMATE



Lo anterior, se puede explicar porque un sustrato a capacidad de contenedor pierde agua a medida que la planta la succiona, debido al proceso de transpiración de las plantas; al principio, la planta extrae con facilidad el agua retenida en los poros grandes, sin necesidad de aplicar elevadas succiones. Pero a medida que las raíces van extrayendo agua, en el sustrato irá quedando la que ocupe los poros cada vez más pequeños.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En consecuencia el área foliar en la planta es muy importante ya que ahí se lleva a cabo la fotosíntesis, la disponibilidad de agua es necesaria, ya que es uno de los factores ambientales que afectan la actividad fotosintética.

Algunos investigadores afirman que el efecto más grave de la falta de agua es la reducción de superficie fotosintetizadora y la producción de materia seca

Resultados obtenidos en laboratorio de los sustratos en estudio.

5.8 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUSTRATOS ESTUDIADOS

Cuadro 24. Características físicas de los sustratos estudiados.

Sustrato	Densidad Aparente	Densidad Real	%Espacio Poroso
Tezontle negro	Mínimo 1.04	Mínimo 2.14	51.43
	Máximo 1.07	Máximo 2.21	
	Promedio 1.05	Promedio 2.17	
Tezontle rojo	Mínimo 0.76	Mínimo 2.15	62.69
	Máximo 0.83	Máximo 2.19	
	Promedio 0.81	Promedio 2.17	
Gravilla	Mínimo 0.62	Mínimo 1.92	64.86
	Máximo 0.72	Máximo 1.93	
	Promedio 0.67	Promedio 1.92	

En el cuadro 24, se presentan los valores mínimos máximos y promedio de la densidad aparente y real; así como el porcentaje de espacio poroso, de cada uno de los sustratos evaluados, encontrándose que para el tezontle negro si coincide con los reportados en la bibliografía , esto se debe a que la granulometría que posee este sustrato es uniforme. Para el tezontle rojo esta difiere ya que la reportada en la bibliografía es de 0.4 y la obtenida en laboratorio es de 0.81, esta diferencia se atribuye a la granulometría irregular que presenta el medio de cultivo.

Con base en los resultados obtenidos, tenemos lo siguiente, de los tres sustratos estudiados el que mayor humedad retiene es la gravilla siguiéndole el tezontle rojo y por ultimo el tezontle negro, esto se debe principalmente a que la gravilla es más

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

porosa que el tezontle negro y por lo tanto, el sustrato que mayor número de riegos requiere es el tezontle negro de 2 a 3 de acuerdo a las condiciones ambientales.

Es importante señalar, que un sustrato entre más poroso sea, no quiere decir que sea mejor, ya que al ser más poroso, retiene más agua por mas tiempo y requiere menos riegos, por otro lado el espacio de aire y agua disminuye, lo que puede ocasionar una asfixia en el sistema radicular.

Si la disponibilidad de aire es escasa, el intercambio de gases se reduce causando condiciones de asfixia radicular lo que limita el desarrollo de la planta y la hace más susceptible al ataque de patógenos, en particular a los del sistema radical. En cambio, si la disponibilidad de agua es baja, la planta encuentra dificultades para su adecuada nutrición, afectando su crecimiento y desarrollo, al encontrarse disueltos en la solución los nutrimentos.

En lo que se refiere a la densidad aparente, es preferible una densidad baja, en los sustratos ya que tiene una relación estrecha con el % de espacio poroso; es decir existe una relación inversamente proporcional entre la densidad aparente y el % de espacio poroso.

La densidad real sirve para inferir la naturaleza química de las partículas sólidas, más abundantes en el sustrato en estudio, también se le utiliza, junto con la densidad aparente para el calculo del % de espacio poroso.

Por medio del porcentaje de espacio poroso, se puede inferir las condiciones hídricas y de aireación de un sustrato. En los sustratos evaluados el porcentaje de espacio poroso indica, por ejemplo para la gravilla que es de 64.86%, que en un contenedor de un litro 648 ml. están constituidos por poros y los 352 ml. por el sustrato propiamente dicho.

Se realizó un análisis estadístico, con el propósito de analizar las características físicas evaluadas, de cada uno de los sustratos, encontrando resultados no significativos para las densidades real y aparente; en cambio en el cuadro No. 25 se muestra diferencia altamente significativa, para el porcentaje de espacio poroso

Cuadro No. 25 Análisis de varianza para % de espacio poroso de los sustratos evaluados.

FUENTE	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T
TRATAMIENTO	2	513.65	256.82	35.3	3.88 **
ERROR	12	88.04	7.33		
TOTAL	14	601.69			

** Altamente significativo

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CONCLUSIONES

De acuerdo, con la densidad real, aparente y porcentaje de porosidad de los sustratos evaluados, se concluye que el sustrato que permitió el mejor crecimiento y desarrollo de las plantas, fue el tezontle rojo.

De los sustratos evaluados, en el tezontle rojo se obtuvieron los mayores rendimientos por planta y totales de jitomate, tanto para la variedad Río Grande como para la San Marzano.

En el tezontle rojo, la variable peso fresco del fruto, se obtuvieron los mayores pesos para ambas variedades existiendo una diferencia mínima con la gravilla.

Las variables, diámetro polar, diámetro ecuatorial y altura de la planta no presentaron diferencia significativa, en los sustratos estudiados.

Para la variable número de hojas, en el tezontle rojo se obtuvo el mayor desarrollo de área foliar para ambas variedades.

El rendimiento total de jitomate obtenido, es comparativamente superior a los reportados en suelo, por unidad superficie (m^2), en el tezontle rojo se obtuvieron $23.42 \text{ kg}/m^2$, y un 10% menos en la gravilla ($20.89 \text{ kg}/m^2$) y finalmente el tezontle negro con 40 % menos ($13.43 \text{ kg} / m^2$).

BIBLIOGRAFÍA

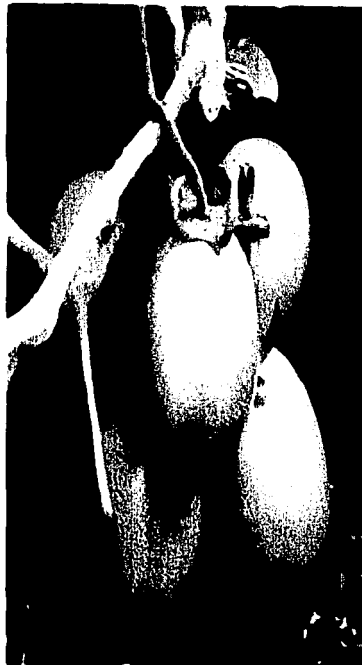
- Ansorena M. J. (1994). Sustratos, propiedades y caracterización. España. Ed Mundi-Prensa. Pág. 172.
- Apuntes del Curso -Taller de hidroponía (2002). FES - Cuautitlán. UNAM. México.
- Artetxe, A; Beunza, A.J.; Teres. V. Subirrigación de cultivos en sustratos. Hortalizas flores, plantas ornamentales y viveros. Marzo 1998. No. 127. Pág. 38-40.
- Baca. C.G.A.(1983) Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de riegos, el sustrato y la densidad de siembra, en cultivos hidropónicos al aire libre pepino, melón y jitomate. México. Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados.
- Bailey, L.H. Manual of cultivated plants. 2 ed. New York, MacMillan, 1951. Pág.869 - 870.
- Bures. S. (1997). Sustratos. Madrid. Ed. Agrotécnicas S.L. Pág. 342.
- Cadahia. C. (1998). Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. México. Ed Mundi-prensa. Pág. 475.
- Cavazos. T. y Octavio. R. (1992). Manual de prácticas de física de suelos. México. Editorial Trillas. Pág. 99.
- Canovas, F.; Díaz, J.R. (1993) Cultivos Sin Suelo. Curso superior de especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la investigación Agraria en la provincia de Almería. Almería.
- Cruz J. M (1990). Producción de plántulas de chile manzano en diferentes sustratos y contenedores. México. Tesis. UACH

- Cuesta, L.M. (1996). Rendimiento de chile poblano bajo factores de estudio en condiciones hidropónicas en invernadero. FES-Cuautitlán. México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Díaz. R. R(1990). Evaluación de cuatro sustratos diferentes en el rendimiento de pepino (Cucumis sativus L). Bajo un sistema hidropónico de producción. FES-Cuautitlán. México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Gil. M. F. (1995). Elementos de fisiología vegetal. España. Ed mundi-prensa. Pág. 1147.
- González.G.J. (1994).Tópicos selectos de la producción agrícola actual: Evaluación de sustratos en la producción hidropónica de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill). FES-Cuautitlán. México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Gurovich, L. A. (1997). Riego superficial tecnificado. 2da edición. México. Ed. Universidad Católica de Chile. Pág. 537.
- Hernández Larios Rogelio (2000). Raleo de frutos en jitomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo un sistema de producción hidropónico. FES-Cuautitlán. México. Tesis de licenciatura. UNAM.
- Honorato, P. R. (2000). Manual de Edafología. 4ta Edición. México. Universidad Católica de Chile. Pág. 267
- Hortalizas Frutas y Flores. Febrero(1999). Editorial Año dos mil . México.
- INEGI. (1997). Cuaderno estadístico municipal Cuautitlan Izcalli. Estado de México.
- Ibar Albiñana, Baudilio Juscafresa. (1987). Tomates, pimientos berenjena. Barcelona. Editorial AEDOS. Pág. 153.

- Lira,S.R.H. (1994). Fisiología vegetal. México. Ed Trillas. Pag. 237
- Llurba, M. (1997). Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura
No. 125. Diciembre 1997.
- Maroto Borrego,J.V. (1992). Horticultura herbácea especial. 3ra edición. Madrid. Ed
Mundi-prensa. Pág. 590.
- Martínez, E; García, M. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. Ed
horticultura. Madrid.
- Martínez, L.J.B. y Perez,G.F (1994). Introducción a la fisiología vegetal. Madrid. Ed
Mundi-Prensa. Pág 218.
- Muñoz Rodríguez Manrribio, Altamirano Cárdenas, y otros.(1995).Desarrollo del
jitomate ventajas competitivas en la agricultura. México.UACH. Pág. 120.
- Murillo Boites Jaime. (1989). El cultivo de jitomate en México. FES- Cuautitlan.
UNAM. México. Pág. 80.
- Narro Farias Eduardo. (1994). Física de suelos. México. Ed trillas. Pág. 195.
- Nuez Fernando. (1995); El cultivo del tomate. México. Ed Mundi- Pensa. Pág. 793.
- Noguez Hernández Roberto (1996). Poda y densidad de plantación de jitomate (L
esculentum Mill) cultivado en hidroponía. FES-Cuautitlan. México. Tesis
de Licenciatura. UNAM.
- Penningsfeld. F y Kurzman. P. (1983). Cultivos hidropónicos y en turba. 2da edición.
Madrid. Ed. Mundi-Prensa. Pág. 344.
- Resh. H. (1997) Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de producción.3ra edición.
Ed. Mundi-Prensa. España. Pág. 509.

- Rodríguez Rafael, José María Tabares y otros. (1984). Cultivo moderno del tomate. Madrid. ED. Mundi-Prensa. Pág. 206.
- Rodríguez C. E (1986). El cultivo de pepino (Cucumis sativus C). En hidroponía bajo sistema en grava con subirrigación. Chapingo. México. Tesis. UACH
- SEP (1985). Tomates. México. Editorial Trillas. Pág. 54.
- Sobrino Eduardo, Eduardo Sobrino. (1989). Tratado de horticultura herbácea. España. ED, AEDOS. Pág. 352.
- Teres; V; Artetxe, A; Beunza. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista de hortalizas, flores, plantas ornamentales y viveros. Diciembre 1997. No 120. Pág. 38-41.
- Teres; V; Artetxe, A; Beunza. Riego en sustratos. Revista de hortalizas, flores, plantas ornamentales y viveros. Abril 1197. N0 120. Pág. 49-25
- Valdivia, V.M.A. (1998). Prueba de diferentes sustratos para la producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero rústico. Chapingo. México. Tesis. UACH.
- Valadez L. A. (1994). Producción de hortalizas. México. Editorial Limusa. Pág. 298.
- Urrestarazu, G.M. (2000). Manual de cultivo sin suelo. 2da edición. México. Mundi-Prensa. Pág. 648.

Variedad Río Grande



TESIS CON
FALDA DE ORIGEN

63

Variedad San Marzano



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

64



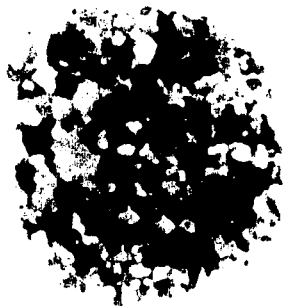
Tezontle negro



Tezontle rojo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9



Gravilla

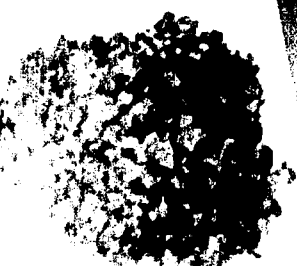
Tezontle negro



Tezontle rojo



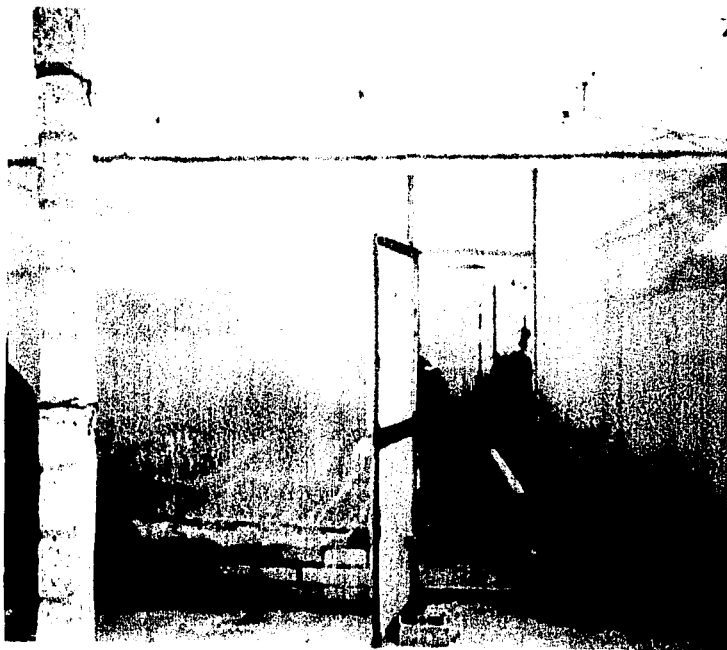
Gravilla



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

22

Vista frontal del Invernadero



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6A