

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**Producción de tomate saladette (*Lycopersicon
esculentum, Mill*) en sistema de cultivo con y sin suelo**

Por :

Everilda N. Velázquez González

Tesis

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

Ingeniero agrónomo en producción

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo del 2004**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de tomate saladette (*Lycopersicon esculentum*, Mil) en sistema de cultivo con y sin suelo

Realizado por:

Everilda N. Velázquez González

Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador

Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por

M .C. Leticia Escobedo Bocado
Presidente del jurado

Ricardo Requejo López
1er sinodal

Dr. Valentín Robledo Torres
2do sinodal

M.C. Francisca Ramírez Godina
3er sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García

Coordinador de la División de Agronomía

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. MARZO DEL 2004

INDICE DE CONTENIDO	i
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
PAGINA	
1 INTRODUCCION	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen	4
Historia	4
Morfología	5
Requerimientos edafoclimáticos	6
Temperatura	6
Humedad	7
Luminosidad	7
Suelo	7
Fertilización carbónica	8
Particularidades del cultivo	8
Producción de tomate en invernadero	10
Riego	13
Fertirriego	14
Cultivo sin suelo	19
sustratos	19
Sustratos naturales	21
Sustratos artificiales	21
Solución nutritiva	22
Formulación de nutrientes	24
Conductividad eléctrica	26
Fertirrigación	26
Instalación del fertirriego	27
Monitoreo	28
Enfermedades del cultivo del tomate	29
Principales plagas del tomate en invernadero	30
Daños causados por la Mosquita blanca	31
Daños causados por el Trips de California	31
3 MATERIALES Y MÉTODOS	33
Localización del invernadero	33
Aspectos generales del invernadero	33
Construcción de la cama para el establecimiento del cultivo en suelo	34
Colocación del suelo en la cama de siembra	36
Balance nutricional del suelo para la producción de tomate	37
Germinación y trasplante de tomate saladette silvestre y roma	39
Siembra	40

	Sistema de riego en el cultivo con suelo	40
	Colocación de chupatubos	41
	Dosificación de nutrimentos del sistema de cultivo con suelo en base a los análisis de la solución del suelo	41
	Contenido de humedad del suelo y sistema de riego	42
	Fabricación de los sacos para el establecimiento de cultivo sin suelo	43
	Nivelación del área donde se colocaron los sacos del cultivo	43
	Acomodo de sacos en el área de trabajo	44
	Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo	45
	Preparación de la solución para el cultivo sin suelo	46
	Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo	47
	Características del equipo de bombeo del sistema sin suelo	47
	Características del timer y del equipo de bombeo	48
	Instalación del sistema de nebulización	49
	Características del instrumental utilizado en el experimento	50
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5	CONCLUSIÓN	61
6	RESUMEN	62
7	BIBLIOGRAFÍA	65
8	APÉNDICE	68

INDICE DE CUADROS

PAGINA

Cuadro 1	Peso fresco de las plantas, diámetro ecuatorial y diámetro polar del fruto de tomate saladette roma en cultivo en suelo.	53
Cuadro 2	Peso, diámetro ecuatorial y diámetro polar de los frutos de tomate saladette silvestre en cultivo en suelo.	54
Cuadro 3	Longitud y peso de raíz, altura y peso de planta, número de frutos, peso de fruto y diámetro ecuatorial y polar de frutos de tomate saladette roma en cultivo sin suelo.	56
Cuadro 4	Longitud y peso de raíz, altura y peso de planta, número de frutos, peso de frutos y diámetros ecuatorial y polar de frutos de tomate saladette silvestre en cultivo sin suelo.	57
Cuadro 5	Peso seco de raíz y peso seco de planta de tomate saladette roma en cultivo sin suelo.	59
Cuadro 6	Peso seco de raíz y peso seco de planta de tomate saladette silvestre en sistema de cultivo sin suelo.	59

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura 1	Estructura física del invernadero del Departamento de Horticultura	34
Figura 2 y 3	Construcción de la cama para el establecimiento del cultivo en suelo	34
Figura 4	Acomodo de una película plástica negra en la cama para el establecimiento del cultivo en suelo	35
Figura 5	Cama de siembra para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unisel para facilitar el drenaje	35
Figura 6	Aplicación de la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6%	35
Figura 7	Colocación de una segunda película plástica negra en la cama para el establecimiento del cultivo en suelo	36
Figura 8	Colocación del chupatubo y extracción de solución del suelo	41
Figura 9	Equipo para determinar el contenido de humedad en suelo, Watter Mark,	42
Figura 10	Fabricación de sacos para el establecimiento del cultivo sin suelo	43
Figura 11	Nivelación del área del invernadero donde se colocaron los sacos de cultivo sin suelo.	44
Figura 12	Acomodo de los sacos de cultivo en el área de trabajo dentro del invernadero	44
Figura 13	Trasplante de plántulas de tomate saladette en sacos de cultivo	46
Figura 14	Equipo de bombeo para el sistema de riego en cultivo sin suelo	49

ÍNDICE DEL APÉNDICE

Cuadros del apéndice

Cuadro 1^a	Resultados del análisis de suelo y aplicación de fertilización de fondo	68
Cuadro 2^a	Análisis de la solución del suelo	69
Cuadro 3^a	Humedad relativa registrada en el invernadero durante el manejo del cultivo de tomate saladette silvestre y roma en sistema de cultivo sin suelo y con suelo	71
Cuadro 4^a	Humedad registrada en el cultivo de tomate en sistema de cultivo con suelo en el lado Sur y Norte de la cama.	72
Cuadro 5^a	Valores de pH y CE del cultivo en suelo durante el desarrollo de las plantas	72
Cuadro 6^a	Valores de pH del gotero y CE del gotero registrados en el cultivo de tomate en el sistema de cultivo sin suelo	73
Cuadro 7^a	Valores de pH del drenaje y CE del drenaje registrados en el cultivo de tomate en sistema de cultivo sin suelo.	73
Cuadro 8^a	Temperatura y humedad relativa registrados del 30/03/03 al 25/05/03 durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette silvestre y roma para el cultivo en suelo y sin suelo.	75

Figuras del apéndice

Figura 1^a	Porcentaje de humedad relativa presente en el invernadero de horticultura durante el desarrollo del cultivo	71
Figura 2^a	Humedad registrada en el sistema de cultivo con suelo de tomate en el lado sur y norte de la cama	72
Figura 3^a	Registro de pH y CE de la solución del suelo	73
Figura 4^a	Comparación de pH del gotero y drenaje	74
Figura 5^a	Comparación de la CE en gotero y drenaje	74
Figura 6^a	Resultado del drenaje en el sistema de cultivo sin suelo	75
Figura 7^a	Registro de temperatura máximas y mínimas durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette	76

INTRODUCCION

Pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el jitomate. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos, ya sea cocinado o crudo en la elaboración de ensaladas. En los últimos años, la producción mundial se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 86 millones de toneladas.

Según datos de la FAO, los principales productores de tomate son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, países que conjuntamente han producido durante los últimos 10 años el 70% de la producción mundial.

A nivel continental, según los reportes de FAO, Asia participa con poco más del 50%, seguida de América con 20%, Europa 15% y el resto proviene de Oceanía y África, durante el período analizado (1991-2000), China ha sido el principal productor mundial de jitomate en el mundo al promediar 15 millones de toneladas anuales (17% del total mundial), seguida de Estados Unidos de América con 11 millones de toneladas (12% del total mundial).

Turquía produce anualmente cerca de 7 millones de toneladas (8% del total mundial), Italia y Egipto participan en promedio cada uno con 6 millones de toneladas anuales (7% del total mundial) y finalmente la India quien posee la mayor superficie destinada al cultivo del jitomate, debido a sus bajos rendimientos, apenas produce 5 millones de toneladas (6% del total mundial).

Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), de la producción total mexicana de jitomate durante (1991-2000) fue de 19 millones de toneladas, concentrándose el 70% de la producción en los estados Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.7%).

En la producción intensiva moderna de hortalizas, de manera especial bajo cubierta, el planteo agronómico no sólo se centra en la obtención de altas producciones cuali-cuantitativas; sino que además, el sistema debe ser respetuoso con el medio ambiente y con la salud del productor y del consumidor. Estas consignas son día a día más difíciles de cumplir en el sistema tradicional de producción en suelo. El uso reiterado de este recurso natural tiende al deterioro físico, físico-químico y sanitario que incide negativamente sobre la productividad y requiere de tecnologías que representan gastos energéticos y económicos no siempre aliados a la conservación del medio ambiente

(<http://www.slea.sagarpa.gob.mx>).

El cultivo sin suelo es la producción de plantas en soluciones nutritivas en sustratos orgánicos e inorgánicos

En este contexto moderno de producción, el cultivo sin suelo en sus distintas variantes, puede llegar a constituirse, dependiendo de la rentabilidad del sistema, en una herramienta que tiende a optimizar los recursos y afectar en menor medida al medio ambiente al evitar la presencia de patógenos del suelo y los consiguientes tratamientos sanitarios, mejorar el control nutricional, ahorrar energía y tender a la sustentabilidad de la producción, mejorar la eficiencia en el uso del agua, nutrientes y pesticidas.

En el cultivo sin suelo el sistema radical está confinado en un contenedor, que puede adoptar diversas formas, pero en cualquier caso el volumen de la rizosfera es reducido, lo que obliga a la utilización de sustratos que aseguren la disponibilidad de agua y oxígeno a las raíces y permitan eliminar el vertido de los lixiviados evitando con ello la contaminación de los suelos y de los acuíferos y contribuyendo de forma favorable en el ahorro de agua en zonas de cultivo caracterizadas por condiciones de semiáridéz con escasos recursos hídricos, al reutilizar toda o parte del agua lixiviada (<http://www3.gratisweb.com>)

Por lo anterior en el presente estudio se plantean los siguientes objetivos:

Objetivos

- Comparar la producción de tomate saladette en cultivo en suelo contra la del suelo.
- Monitorear la dinámica nutricional a nivel solución del suelo en el sistema de cultivo con suelo.
- Controlar la solución hidropónica a usar en los sacos de perlita en el sistema de cultivo sin suelo a solución perdida (abierto).

Hipótesis

- La conductividad eléctrica y el pH son parámetros eficientes para controlar la solución nutritiva en cultivo sin suelo.
- El análisis de la solución del suelo permite realizar una nutrición balanceada del cultivo con suelo.
- El cultivo de tomate en sistema de cultivo sin suelo supera en rendimiento y calidad al cultivo producido en suelo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El jitomate es una especie originaria de América, fue llevada al viejo mundo por los conquistadores las formas botánicas salvajes y más ancestrales de las cuales descienden los cultivares modernos son nativas de la región andina (Tavares de Mello, 1985 citado por Aullé, 1996).

Historia

En un estrecho territorio que se extiende en una faja de 300 Km de ancho se sitúa su centro de origen, limitando al Sur por los 30° de latitud, al norte por el Ecuador, al este por la cordillera de los Andes y al oeste por el Océano Pacífico (hasta las islas Galápagos). En todas las especies salvajes los frutos son muy pequeños (Warnock, 1988 citado por Aullé, 1996).

Los sitios de domesticación probablemente se ubican, en México y el primer "mejoramiento" posiblemente fue realizado por los indígenas en la región de Veracruz. Un argumento a favor de ello es que ninguna forma del tomate está en la cerámica o utensilios de los pueblos primitivos de los Andes, pero por el contrario, existen pruebas históricas, lingüísticas, arqueológicas y etnobotánicas, que fue introducido por los indígenas en México, quienes lo denominaban "tomatl" o "tamath" en la lengua Nahuatl.

El Jitomate migró desde la cordillera (Ecuador, Perú, Bolivia) en dirección norte a través de Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde cesó su ruta, ya que no hay evidencias de que los indios de América del Norte lo conocieran.

Actualmente esta hortaliza crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo y su ancestral mas directo es el "jitomate cereza" de frutos pequeños y rojos. (Valadez 1998).

Morfología

El jitomate pertenece a la familia de las solanáceas del género *Lycopersicon* y especie *esculentum*.

Planta: perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

Sistema radical: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Hoja: compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces

vasculares son prominentes, sobre todo en el envés y constan de un nervio principal.

Flor: es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y de un ovario bi o plurilocular.

Fruto: baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (www.infoagro.com)

Requerimientos edafoclimáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (<http://canales.nortecastilla>).

Temperatura

El jitomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 ° a 16°C (mínima 10°C y máxima de 30°C) y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21° a 24°C, siendo la óptima de 22°C; a temperatura menor de 15°C y mayores de 35°C puede detenerse su crecimiento. El amarre del fruto es bajo cuando las temperaturas nocturnas son altas (25-27°C) antes y después de la antesis. A temperaturas de 10°C o menores un gran porcentaje de flores abortan.

Se afirma que a temperaturas de 22-28°C se obtiene una óptima pigmentación roja (Valadez 1998).

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

Luminosidad

valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad (<http://www.abcagro.com>)

Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura arcilla y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados.

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

Fertilización carbónica

La aportación de CO₂ permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas.

Para valorar las necesidades de CO₂ de los cultivos en invernadero necesitamos realizar, en los diversos períodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo.

Del enriquecimiento en CO₂ del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO₂ produce daños debidos al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras.

Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO₂.

En el cultivo del tomate las cantidades óptimas de CO₂ son de 700-800 ppm. En cuanto a los rendimientos netos dan incrementos del 15-25% en función del tipo de invernadero, el sistema de control climático, etc. (www.infoagro.com)

Particularidades del cultivo

Marcos de plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1,5 metros entre líneas y 0,5 metros entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m x 0,5 m.

Poda de formación

Es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los

primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo se determinará el número de brazos (tallos) a dejar por planta.

Aporcado y rehundido

Práctica que se realiza en suelos enarenados tras la poda de formación, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta con arena. El rehundido es una variante del aporcado que se lleva a cabo doblando la planta, tras haber sido ligeramente rascada, hasta que entre en contacto con la tierra, cubriéndola ligeramente con arena, dejando fuera la yema terminal y un par de hojas.

Tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1,8-2,4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de este momento existen tres opciones:

Bajar la planta descolgando el hilo.

Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad.

Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado.

Destallado

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano-otoño y cada 10-15 días en invierno) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados del cobre.

Deshojado

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo.

Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en racimo y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. De forma general podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático es una intervención que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El aclareo selectivo tiene lugar sobre frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre (www.infoagro.com).

Producción de tomate en invernadero

El objetivo principal de producir bajo invernaderos es tener a las plantas de tomate en las condiciones mas favorables para conseguir su óptimo desarrollo y productividad (Márquez, 1978).

El cultivo de tomate bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primera, calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que alarga el ciclo del cultivo, el cual implica cosechar en las épocas del año más difíciles y obtiene mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado y los sistemas de gestión del clima que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final (Bolvin, 1987).

Temperatura

Este es el parámetro más importante a tomar en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C.

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada, así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores a considerar para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:

Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.

Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente donde no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.

Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

Exigencias de temperatura del tomate	
Temperatura mínima letal	0 – 2.0°C

Temperatura mínima biológica	10 – 12°C
Temperatura óptima	13 – 16°C
Temperatura máxima biológica	21 – 27 °C
Temperatura máxima letal	33 – 38°C

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: al tomate, al pimiento y berenjena les gusta una HR sobre el 65-70 %. La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje.

Para que la HR se encuentre lo más cerca posible del óptimo el agricultor debe ayudarse del higrómetro (Alpi y Togoni, 1999)

CO₂

El dióxido de carbono de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂ es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortalizas como en flores.

Control ambiental

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: sistema de calefacción, ventilación y suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles

adecuados de la radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO₂ para conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo.

Iluminación

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO₂, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.

La luminosidad, la temperatura, la humedad y la asimilación de dióxido de carbono intervienen conjuntamente en el desarrollo vegetativo de las plantas; de nada sirve que tres de estos factores estén en óptimas condiciones si falta o es deficiente el cuarto (Serrano 1979).

Riego

En los cultivos protegidos de tomate el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fenológico de la planta así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

En cultivo en suelo y en enarenado el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo (tensión mátrica), que se determinará mediante un manejo adecuado de tensiómetros, siendo conveniente regar antes de alcanzar los 20-30 centibares.
 - Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
 - Evapotranspiración del cultivo.
 - Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

Existe otra técnica empleada de menor difusión que consiste en extraer la fase líquida del suelo mediante succión a través de una cerámica porosa y posterior determinación de la conductividad eléctrica.

En la práctica en los enarenados de Almería la frecuencia de riego para un cultivo ya establecido es de 2-3 veces por semana en invierno, aumentando a 4-7 veces por semana en primavera-verano, con caudales de 2-3 litros por planta (www.infoagro.com)

Fertirriego

El método de "fertirriego" combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica incrementa notablemente la eficiencia de la aplicación de los nutrientes, obteniéndose mayores rendimientos y mejor calidad, con una mínima polución del medio ambiente.

El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Para programar correctamente el fertirriego se debe conocer la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo. La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación de los nutrientes, evitando así posibles deficiencias o consumo de lujo.

Las recomendaciones del régimen de fertirriego para los diferentes cultivos están basadas en la etapa fisiológica, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación NO_3/NH_4 , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales (Bernat, et al, 1990).

Ventajas del fertirriego

Con el fertirriego, los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme solamente al volumen radical humedecido, donde están concentradas las raíces activas. El control preciso de la tasa de aplicación de los nutrientes optimiza la

fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causado por el lixiviado de fertilizantes.

El fertirriego permite adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes de acuerdo a la demanda de nutrientes durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El abastecimiento de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características climáticas y del suelo, resulta en altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, micro aspersores), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo sólo el 20% del suelo es humedecido por los goteros, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego.

Fertilizantes para fertirriego

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua. Ejemplos de fertilizantes altamente solubles apropiados para su uso en fertirriego son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc.

Fertilizantes simples

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a medida" con distintas concentraciones y relaciones N:P:K, de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa fisiológica.

Soluciones NK, PK y NPK cristalinas con contenido de por lo menos 9-10% de nutrientes (N, P₂O₅, K₂O) en base a urea, ácido fosfórico y KCl pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo

La mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua. La dilución de ácido fosfórico en cambio produce una reacción exotérmica. Por esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados (Cadahia 1998).

Fertilizantes sólidos compuestos y soluciones fertilizantes líquidas compuestas:

Son mezclas Multinutrientes ya preparadas, manufacturadas especialmente para su uso en fertirriego. Se presentan en una amplia gama de relaciones N:P:K, con o sin micro nutrientes. El nitrógeno está en forma de nitrato y de amonio en una relación adecuada y el potasio es en base a KCl o KNO₃/K₂SO₄.

Por ejemplo un fertilizante sólido compuesto NPK 20-20-20 puede ser aplicado en las primeras etapas de un cultivo de tomate o melón y luego en la etapa reproductiva, cuando la planta necesita menos fósforo y más potasio - cambiar a un fertilizante 14-7-21.

Los fertilizantes líquidos compuestos tienen una concentración de nutrientes mucho más baja debido a limitaciones de solubilidad (5-3-8; 6-6-6; 9-2-8, etc.). Soluciones fertilizantes de menor grado son especialmente formuladas por los fabricantes para el invierno, cuando la solubilidad disminuye con las temperaturas bajas.

No existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y disposición de los fertilizantes en el mercado

Compatibilidad entre fertilizantes

La mezcla entre fertilizantes no compatibles y la interacción de los fertilizantes con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros.

Estos problemas pueden ser evitados por medio de una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado. Por ejemplo. El nitrato de calcio no puede ser mezclado con ningún fertilizante fosforado o sulfatado porque se forma un precipitado de sulfato o fosfato de calcio; cuando se mezcla sulfato de magnesio con fosfato de amonio forma un precipitado de fosfato magnésico.

El uso de dos tanques de fertilización permite separar a los fertilizantes que interactúan, separando los fertilizantes con calcio, magnesio y micro elementos, de los fertilizantes con fósforo y el sulfato y evitando así la formación de precipitados.

Se recomienda el uso de fertilizantes de reacción ácida y/o la inyección periódica de ácido en el sistema de fertirriego para disolver los precipitados y destapar los goteros. La inyección de ácido en el sistema de riego remueve también bacterias y algas. Luego de inyectar ácido, el sistema de riego y de inyección deberá ser cuidadosamente lavado

El principal problema es con el fósforo, aguas con altas concentraciones de calcio y magnesio y pH alcalino provoca la precipitación de fosfatos de Ca y Mg. Estos precipitados se van depositando sobre las paredes de las tuberías y en los orificios de los emisores, causando su obturación. También se ve afectado el aporte de fósforo a la planta, ya que éste se encuentra precipitado y no en la solución nutritiva. Se recomienda elegir fertilizantes fosforados ácidos (ácido fosfórico o fosfato monoamónico) cuando se riega con aguas duras y/o alcalinas (www.infoagro.com).

El crecimiento de la planta y el fertirriego

Para programar correctamente el fertirriego se debe conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad.

En la práctica, se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicarse, con sus respectivas relaciones. Por ejemplo. En tomate se consideran 4 etapas: establecimiento-floración, floración -cuajado de frutos, maduración-primera cosecha y primera cosecha-fin del cultivo. En cada etapa, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K va disminuyendo, ya que el potasio es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo.

La absorción de nutrientes y por lo tanto las recomendaciones son completamente diferentes según el destino del cultivo (tomate para industria o tomate de mesa) y según el sistema de cultivo (a campo abierto o protegido). Por ejemplo. El tomate cultivado en invernadero alcanza un rendimiento de 200-250 t/ha versus 60-80 t/ha cuando es cultivado a campo abierto; conforme a esto y la absorción de nutrientes en invernadero se duplica o triplica en comparación con el tomate cultivado a campo abierto.

Basándose en las figuras de absorción de nutrientes del cultivo, se ajustan las cantidades o concentraciones de acuerdo al tipo de suelo. En suelos pesados, las concentraciones recomendadas son menores que en suelos livianos, debido a la mayor capacidad de retención de nutrientes. Cuando se cultiva en sustratos inertes, las recomendaciones son aún mayores. También debe tenerse en cuenta los nutrientes aportados mediante la fertilización de base (en suelos pesados se puede aportar hasta un 40% de los requerimientos de fósforo a través de fertilización de base con TSP o SSP). En el caso de Ca y Mg, se debe descontar su contenido en el agua de riego.

Estos datos constituyen la base de las recomendaciones dadas por el Servicio de Extensión para los agricultores en cuanto al régimen de fertirriego para los diferentes cultivos. Estas recomendaciones proporcionan la formulación de fertilizantes más adecuada - incluyendo los nutrientes básicos NPK y los micro nutrientes – de acuerdo al tipo de suelo, a la etapa fisiológica, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe

prestarse al pH, la relación NO₃/NH₄, la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales (www.infoagro.com).

Cultivo sin suelo

Para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que debe aportar de forma óptima los siguientes elementos: aire, agua, solutos y temperatura (www.infoagro.com).

La importancia de producir tomate en condiciones de invernadero con hidroponía, técnica muy usual en España, lugar donde se realizan grandes producciones, pues con este método se busca cultivar de una forma orgánica, es decir, sin la utilización de químicos que alteren los nutrientes de los frutos.

En torno a la producción con hidroponía, se elimina el riesgo de plagas y no se requieren grandes cantidades de agua; además, con esta forma de producción, es posible prever las necesidades de los mercados potenciales, los cuales, exigirán en un futuro cercano productos que ofrezcan una producción inocua para la salud (www.uaa.mx).

La técnica de cultivo sin suelo trata de desligar al cultivo del suelo, reserva tradicional de agua y nutrientes para las plantas, con un doble objetivo: evitar determinados problemas fitosanitarios, concretamente de tipo fitopatológico y tratar de controlar un poco más el proceso de producción. El cultivo así manejado exige una gran dedicación y control técnico, ya que no se puede disponer del suelo para cubrir las necesidades de agua y nutrientes, debiendo ser aplicadas íntegramente en el agua de riego que pasaría a ser, más propiamente, una solución nutritiva (www.terralia.com).

Sustratos

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando

por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (www.infoagro.com)

Características del sustrato ideal.

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

a) Propiedades físicas:

-Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

-Suficiente suministro de aire.

-Distribución del tamaño de las partículas que mantengan las condiciones anteriores.

-Baja densidad aparente.

-Elevada porosidad.

-Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).

b) Propiedades químicas:

-Baja capacidad de intercambio catiónico

-Suficiente nivel de nutrientes asimilables.

-Baja salinidad.

-Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.

-Mínima velocidad de descomposición.

c) Otras propiedades.

-Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.

- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

Sustratos naturales

Fibra de coco .

Este producto se obtiene de fibras del mesocarpo del fruto de la palma de coco, tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (www.infoagro.com).

Sustratos artificiales.

Lana de roca.

Es un material obtenido a partir de la fundición industrial a más de 1600 °C de una mezcla de rocas basálticas, calcáreas y carbón de coque. Finalmente al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa, endurece y se corta en la forma deseada. En su composición química entran componentes como el sílice y óxidos de aluminio, calcio, magnesio, hierro, etc.

Es considerado como un sustrato inerte, con una C.I.C. casi nula y un pH ligeramente alcalino, fácil de controlar. Tiene una estructura homogénea, un buen equilibrio entre agua y aire, pero presenta una degradación de su estructura, lo que condiciona que su empleo no sobrepase los 3 años.

Es un material con una gran porosidad y que retiene mucha agua, pero muy débilmente, lo que condiciona una disposición muy horizontal de las tablas para que el agua se distribuya uniformemente por todo el sustrato.

Perlita.

Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1000-1200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1,5 y 6 mm, con una densidad baja, en general inferior a los 100 kg/m³. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su C.I.C. es prácticamente nulo (1,5-2,5 meq/100 g); su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7,5) y se utiliza a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc.

Vermiculita.

Se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometidos a temperaturas superiores a los 800 °C. Su densidad aparente es de 90 a 140 kg/m³, presentándose en escamas de 5-10 mm. Puede retener 350 litros de agua por metro cúbico y posee buena capacidad de aireación, aunque con el tiempo tiende a compactarse. Posee una elevada C.I.C. (80-120 meq/l). Puede contener hasta un 8% de potasio asimilable y hasta un 12% de magnesio asimilable. Su pH es próximo a la neutralidad (7-7,2) (www.infoagro.com)

Solución nutritiva

La adición de los elementos nutritivos es un procedimiento de control y balance. Los elementos considerados esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas son:

Macronutrientes (elementos requeridos en mayor cantidad) carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio.

Micronutrientes (elementos requeridos en menor cantidad) hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, molibdeno y cloro.

Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de uno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ningún elemento puede ser reemplazado por otro. Todos estos elementos le sirven para la construcción de la masa de tejido vegetal.

Es necesario aclarar que no existe una fórmula única para nutrir los cultivos hidropónicos, la mejor fórmula es la que cada uno experimente con óptimos resultados (<http://sky.prohosting.com>).

En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser suministrado como quelato porque las sales de hierro, como el sulfato de hierro, son muy inestables en solución y el hierro precipita fácilmente. En caso de aguas duras, se debe tomar en cuenta el contenido de Ca y Mg en el agua de riego (www.infoagro.com).

Fuentes utilizadas para elaborar una solución nutritiva.

Para la preparación de soluciones nutritivas puede dividirse en 2 pasos generales. Primero la adición de macroelementos y segundo la adición de microelementos (Ellis, 1958; citado por Solano, 1985).

El calcio deberá suministrarse por medio del nitrato de calcio o el nitrato doble de calcio y magnesio. El nitrato de calcio también aportará nitrógeno nítrico. Cualquier otro nitrógeno deberá ser aportado como nitrato de potasio, el cual proveerá algún potasio. Todo el fósforo deberá obtenerse a partir del ácido fosfórico o del fosfato monopotásico o del fosfato monoamónico, el cual también aportará algún potasio y algo de nitrógeno amoniacal. Las necesidades de potasio que aún existan podrán obtenerse a partir del sulfato de potasio, el cual también aportará algo de azufre. El azufre que necesitamos añadir podrá obtenerse de otros sulfatos, tales como sulfato de magnesio, el cual es también usado para aportar parte de magnesio. El magnesio a veces va incluido, la mitad como sulfato y la otra mitad como nitrato. Esta característica permite que la solución contenga menos azufre que el sulfato, no sobrepasando así la

relación nitrato/azufre de 7:1, para no causar la acumulación de azufre en el sustrato, aunque esto normalmente no causa ningún problema.

Las formulaciones de nutrientes líquidos se expresan dando el nitrógeno como N; el fósforo como P y no como P₂O₅; y el potasio como K, y no como K₂O. Así pues, es necesario convertir NO₃ en N, P₂O₅ como P y K₂O como K, o viceversa, según cada caso. (www.drcalderonlabs.com)

Formulación de los nutrientes

La formulación de los nutrientes en las soluciones finales se da normalmente en ppm de la concentración de cada uno de los elementos esenciales. Una parte por millón es una parte de cada uno de ellos en un millón de partes de agua, esto puede ser una medida de peso a volumen, por ejemplo, 1 mg/l (un miligramo por litro) o un volumen utilizado como medida, por ejemplo, 1 ul/l (un microlitro por litro) o un gramo por metro cúbico 1 gr/m³.

Con frecuencia se solicita una "formulación óptima" para las diversas cosechas en particular. Sin embargo estas formulaciones no son estrictamente necesarias y no tienen que serlo, puesto que la formulación óptima depende de muchas variables, las cuales difícilmente pueden ser controladas. Una formulación específica depende de las siguientes variables.

1. Especie y variedad de la planta
2. Estado y desarrollo de la planta
3. Parte de la planta que será cosechada (raíz, tallo, hoja, fruto, flor).
4. Época del año-duración del día.
5. Clima-Temperatura, intensidad de la luz, hora e iluminación del sol.

Por lo general una formulación estándar permite el buen desarrollo de una gran cantidad de especies. Cada una busca dentro de la solución los elementos que necesita y los absorbe en las proporciones que los necesita. Normalmente sobra un poco de cada elemento y este exceso suele ir al drenaje.

(<http://www.ipipotash.org>).

Control de la solución nutritiva

La absorción relativa de los diversos elementos minerales por las plantas esta afectada por:

- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, intensidad lumínica);
- Naturaleza de la cosecha
- Estado de desarrollo de la planta.

Como resultado de las diferencias de absorción de los diversos elementos, la composición de la solución de nutrientes cambiará continuamente siendo necesario ejercer un control sobre ella.

Los elementos analíticos utilizados en el diagnóstico de una solución nutritiva son los siguientes:

- Volumen Consumido (Control de Cantidad y Frecuencia del Riego)
- Concentración de la solución y conductividad eléctrica
- pH
- Concentración específica de los elementos nutritivos:
 - Nitrógeno Nítrico
 - Nitrógeno Amoniacal
 - Fósforo
 - Potasio
 - Calcio
 - Magnesio
 - Azufre
 - Hierro
 - Carbono Orgánico
 - Gas Carbónico y Oxígeno disuelto

Los demás elementos menores también se controlan mediante análisis del concentrado realizado en Laboratorio especializado (www.drcalderonlabs.com)

Conductividad Eléctrica

Conductividad es la medida de la capacidad que tiene un material para conducir la corriente eléctrica. Las soluciones nutritivas contienen partículas iónicas que llevan cargas y por lo tanto poseen esta habilidad. Cuanto mayor es la cantidad de estos iones disueltos en el agua la conductividad de la solución resultante es mayor. Por lo tanto la medición de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales sólidos disociados que hay disueltos en ella (<http://ar.geocities.com>).

El pH

El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5.0 y 7.0.

El pH se puede medir utilizando los reactivos indicadores azul de Bromotimol (ABT) y Acido Alizarin Sulfónico (AAS). Para medir el pH se procede como sigue. Se toman dos muestras de la solución de 2 centímetros cúbicos cada una en dos tubos de ensayo. Se le agrega una gota de cada reactivo a cada tubo y se agita; los colores resultantes se comparan con la carta de colores determinando así el pH.

Si es necesario se corrige utilizando soluciones acidificantes o alcalinizantes o variando la proporción nitrógeno/amoniaco, pero esta última requiere mayor experiencia en el control y en general en el manejo de la solución nutritiva (www.drcalderonlabs.com)

Fertirrigación

La Fertilización consiste en la aplicación simultánea de agua y fertilizantes por medio del sistema de riego, con ello se pretende situar los nutrientes bajo la acción del sistema radical suministrándolos de forma continua y de acuerdo con las necesidades de las plantas (Vega 1998).

En Fertirrigación se comprende que su mayor utilidad se consiga con aplicaciones periódicas, en dosis bajas a lo largo de la campaña de riego, de acuerdo a las necesidades de las plantas y no de una sola vez (Burgeño, 1996; citado por Angeles, 1999)

El cultivo de hortalizas y flores en invernaderos sobre dunas de arena y/o en sustratos inertes requiere un especial y preciso control de el fertirriego. Esto se debe a que por un lado, se trata de cultivos delicados, con corto e intenso período de crecimiento, muy sensibles al manejo nutricional y con un sistema radical poco desarrollado. Por otro lado, la CIC de estos medios de cultivo es muy baja y no contribuyen nutrientes, siendo la única fuente de nutrientes a través del sistema de fertirriego. Esta situación se potencia aún más cuando se cultiva en contenedores o macetas donde las raíces están confinadas en un volumen muy limitado

La baja capacidad de retención de agua y la pequeña reserva de nutrientes existente en estos sistemas, hacen que éstos sean muy sensibles y con poca capacidad de recuperación frente a cualquier error o desajuste en el fertirriego. Esto implica que los ciclos de fertirriego deben ser frecuentes, homogéneos y precisos. El aporte de nutrientes debe ser completo (N, P, K, Ca, Mg y micro nutrientes) y el pH debe ser mantenido constantemente dentro de los valores adecuados. El monitoreo del agua de riego y de drenaje debe ser exhaustivo

La dosificación cualitativa o proporcional es la única manera de lograr un control preciso de la concentración y del momento de inyección, tal como se requieren en invernaderos y/o sustratos artificiales.

Los fertilizantes aptos para fertirriego pueden ser líquidos o sólidos solubles. Los fertilizantes líquidos pueden ser formados por una sola sustancia o pueden ser compuestas (Pilatti 1977).

Instalación del fertirriego

En invernaderos, donde se usa el método de dosificación cualitativo o proporcional, se prepara una solución madre o stock concentrada en el cabezal de riego. Generalmente se usan dos disoluciones concentradas de fertilizantes:

el tanque "A" con NPK, y el tanque "B" con N, K, Ca, SO₄ y micronutrientes. También hay un tercer tanque "C" con una disolución de ácido (generalmente nítrico), cuya función es ajustar el pH de la solución nutritiva, desobturar los goteros cuando sea necesario y lavar todo el equipo al final de cada aplicación. Cada tanque tiene un inyector para incorporar la solución concentrada a la red de riego, formándose así la solución de riego final en la tubería principal.

El fertirriego se programa para diluir la solución madre con el agua de riego, y así lograr una solución nutritiva con las concentraciones finales de nutrientes según las recomendaciones. Generalmente las diluciones se realizan en las proporciones de 1:100 o 1:1000, controlando el pH y CE. Así se obtiene la disolución fertilizante final que luego de filtrada llega a la red de goteros. Esta disolución reacciona con el sustrato y da lugar a la solución nutritiva final que es absorbida por las raíces (Imas 1999).

Monitoreo

El uso de contenedores para el cultivo en invernaderos permite la recolección de la solución nutritiva lixiviada y su comparación con la solución nutritiva entrante. El monitoreo del volumen lixiviado, pH, CE y concentración de los nutrientes en la solución lixiviada permite determinar si se está aplicando los fertilizantes y el agua en exceso o en deficiencia y por lo tanto permite ir corrigiendo el régimen de fertirriego.

Se recomienda recolectar y analizar la solución lixiviada y la solución que sale por los goteros y compararlas diariamente.

Los kits portátiles permiten un diagnóstico in situ del pH, CE y del contenido aproximado de nitratos en las soluciones. En la actualidad existen sistemas automáticos que miden el pH y la CE de ambas soluciones y corrigen automática y continuamente la solución de acuerdo a los valores óptimos que entran a la computadora de antemano.

Volúmenes de lixiviación muy pequeños indican que la planta absorbe casi toda el agua que se le proporciona, por lo tanto se deberá incrementar la lámina de agua aplicada. Concentraciones de nitratos muy bajas en la solución

lixiviada indican que la planta absorbe casi todo el nitrógeno que se le proporciona, por lo tanto se deberá incrementar la concentración de fertilizante en la solución nutritiva.

Un valor de CE y/o de cloro más alto en la solución lixiviada que en la solución aplicada indica una acumulación de sales en la zona radical. La presencia de sales en el bulbo de suelo humedecido por el gotero es contraproducente para las raíces, por eso se aplica siempre un exceso de agua para drenar el cloro y las sales. Este exceso varía de 10-50% según la conductividad hidráulica del sustrato la cual determina el potencial de drenaje del mismo.

El régimen de fertirriego (lámina de agua e intervalo de riego) deberá ajustarse de acuerdo al gradiente de CE y cloro entre la solución de riego y la de drenaje, para mantener así las sales por debajo de la zona radical activa. Si la diferencia entre la CE de la solución lixiviada y de la solución entrante es más de 0.4-0.5 dS/m, y/o si la concentración de cloro en la solución lixiviada es más alta que la solución entrante y supera los 50 mg/l, se recomienda aplicar un riego sin fertilizantes para lixiviar las sales.

El valor óptimo del pH de la solución de riego es de 6-6.5 y el pH de la solución de lixiviación no más de 8.5. El pH del agua de riego se ajusta mediante la inyección de ácido. Cuando el pH del agua de lixiviación es más alcalino que 8.5, esto indica que el pH en la zona radical alcanza valores que provocan la precipitación de fósforo y menor disponibilidad de micronutrientes.

El ajuste es por medio de la relación NH_4/NO_3 de la solución de riego: si el pH se hace demasiado alcalino, se debe aumentar la proporción de NH_4 con respecto al NO_3 en la solución nutritiva y viceversa. El porcentaje de amonio no debe superar el 20% del total del nitrógeno aportado (<http://www.ipipotash.org>).

Enfermedades del Cultivo del Tomate

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Este hongo es el agente causal del Mildiú del tomate ataca a la parte aérea de la planta en cualquier etapa de desarrollo. En hojas aparecen manchas

irregulares de aspecto aceitoso al principio se necrosan rápidamente e invaden casi todo el foliolo, alrededor de la zona afectada se observa un pequeño margen que en presencia de humedad y en el envés se aprecia como un fieltro blancuzco poco patente. En tallo, aparecen manchas pardas que se van agrandando y que suelen circundarlo. Afecta a frutos inmaduros, manifestándose como grandes manchas pardas, vítreas de superficie y contorno irregular.

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Afecta principalmente a solanáceas y especialmente a tomate, en plántulas produce un chancro negro en el tallo a nivel del suelo. En pleno cultivo las lesiones aparecen tanto en hojas como tallos, frutos y peciolo, en hoja se producen manchas pequeñas circulares o angulares, con marcados anillos concéntricos, en tallo y peciolo se producen lesiones negras alargadas, en las que se pueden observar a veces anillos concéntricos. Los frutos son atacados a partir de las cicatrices del cáliz, provocando lesiones pardo-oscuras ligeramente deprimidas y recubiertas de numerosas esporas del hongo.

Fusarium (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)

Comienza con la caída de peciolo de hojas superiores, las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y terminan por morir, puede manifestarse una marchitez en verde de la parte aérea reversible en los primeros estadios, después se hace permanente y la planta muere.

Principales Plagas del Tomate en Invernadero

Mosquita blanca

Orden: *Hemiptera*

Familia: *Aleyrodidae*

Especie: *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)

Daños causados por la Mosquita blanca

El daño directo producido por esta especie es por la succión de la savia, lo que en altas infestaciones puede provocar debilitamiento de la planta, deshidratación y disminución del rendimiento. En el cultivo de tomate en invernadero, en la Zona central de Chile, el principal daño es el indirecto, donde las altas poblaciones de este insecto producen gran secreción de mielecilla, sobre esta se desarrolla la fumagina, causada por el hongo *Cladosporium sp.* La fumagina que cubre hojas y frutos, disminuye la calidad de la cosecha y genera mayores costos en la limpieza de la fruta.

Trips de California

Orden: *Thysanoptera*

Familia: *Thripidae*

Especie: *Frankliniella occidentalis Pergande*

Daños causados por el Trips de California

Los daños directos se producen debido a la actividad de alimentación de la larva y de los adultos sobre la epidermis de hojas, flores y frutos, como consecuencia de esta actividad se producen manchas de color plateado, principalmente en el haz de las hojas, las que después se tornan necróticas. Muchas veces este daño se confunde en el campo, con enfermedades.

También se pueden originar daños debido a la oviposición de las hembras que encastra los huevos principalmente en tomate. En la zona central, se ha observado en hojas un leve abultamiento y tejido corchoso en el área de inserción del huevo.

En tomate el daño mas común observado en Chile es por alimentación en hojas, a veces por postura de huevos en hojas y en muy raras ocasiones frutos dañados por oviposición, que no llegan a comprometer el rendimiento ni la calidad de la cosecha.

Los daños indirectos se deben a la transmisión del virus del bronceado (TSWV). El virus es adquirido por larvas en plantas afectadas y transmitido por

los adultos, que permanecen infectivos toda su vida, pero con la particularidad que no lo transmiten a la progenie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del invernadero

Esta investigación se realizó en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coahuila, México cuyas coordenadas son $25^{\circ} 2' 0''$ latitud norte y $101^{\circ} 1''$ de longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm.

Aspectos generales del invernadero

Las estructuras, cubiertas y equipos son desarmables, es modelo baticenital 740'' con 4 túneles de 39.60 m de largo y 33.20 m de ancho con una superficie en planta de 1314.72 m². Sistema de ventilación natural entre las ventilas cenitales centrales de cada túnel y las ventilas laterales generales operadas naturalmente por medio de cables y malacates, ambas ventilaciones incluyen mallas antiáfidas 40 * 20 en cortinas y 25 *25 en ventilas cenitales, cuenta con canalones estructurales de una pieza fabricada en campo (fácil y rápido de ensamblar), las cortinas van enrolladas en los cenitales y en el perímetro permiten un buen cierre para el uso de calefacción; el polietileno de la cubierta y las cortinas tienen una vida útil de 2 años, las mallas con una duración de 5 años, los perfiles galvanizados por dentro y por fuera usados en las estructuras son por lo menos calibre 4, que en combinación con las estructuras aumentan la resistencia y capacidad de carga del cultivo. Su estructura esta diseñada para resistir vientos con velocidad de hasta 100 km / h r, y una carga de cultivo de 18 kg/ m² (Figura 1).



Figura 1. Estructura física del invernadero del Departamento de Horticultura.

Construcción de la cama de siembra para el establecimiento del cultivo en suelo

Esta actividad consistió en construir una cama de 7 metros de largo, 0.5 metros de ancho y 40 centímetros de profundidad, dejando una pendiente de 1.4 % para facilitar el drenaje del agua regada, se utilizaron 10 charolas en total para la cama de siembra (Figura 2 y 3).



Figuras 2 y 3. Construcción de la cama para el establecimiento del cultivo en suelo

Una vez lista la zanja se le colocó la película plástica negra y sobre ella las charolas de unisel con las cavidades hacia arriba para facilitar el drenaje del agua irrigada, se utilizaron 10 charolas en total para la cama de siembra (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Acomodo de una película plástica negra en la cama para el establecimiento del cultivo en suelo



Figura 5. Cama de siembra para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unicep para facilitar el drenaje.

Ya colocada la charolas de unicep en la cama de siembra se aplicó una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6% para el establecimiento del cultivo con suelo (Figura 6).



Figura 6. Aplicación de la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6% .

Enseguida se colocó la segunda capa de plástico previamente perforada en la parte central para después colocar el suelo (Figura 7).



Figura 7. Colocación de una segunda película plástica negra en la cama para el establecimiento del cultivo en suelo.

Colocación del suelo en la cama de siembra

Finalmente en la cama se vació el suelo que se obtuvo en los terrenos de la Universidad y se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 6 % utilizando 200 ml cada 20 litros de agua, después de realizar esa actividad se determinaron las características del suelo.

Características físicas del suelo

- Color café claro
- Buen contenido de materia orgánica (2%)

Algunas características físico - químicas del suelo

$$X \text{ ----- } 816000 \text{ lt} = 13464000 \text{ mg / ha} = 13.64 \text{ kg / ha}$$

$$P = 1 \times 31 = 31 \quad 95 \text{ kg} \text{ } 31 \text{ Kg P} \quad P2O5 = 142 \text{ ---- } 62 \text{ kg de P}$$

$$O = 4 \times 16 = 64 = 95 \quad 13.64 \text{ ----- } x = 4.39 \text{ kg P} \quad X \text{ ----- } 4.39 = \underline{10.05 P2O5}$$

Relación K, Ca, Mg

$$Ca = 80\% \text{ PSB} \quad 13.25 \text{ ----- } 100 \%$$

$$CIC = 13.25 \text{ meq / 100 grs} \quad x \text{ ----- } 80\% = 10.6 \text{ meq / 100 grs}$$

Relación Ca / Mg = 5

$$Mg = Ca / 5$$

$$Mg = 10 / 5 = 2$$

$$Mg = 2.1 \text{ meq / 100 grs}$$

relación K / Mg = 0.2

$$K = (0.2) (Mg)$$

$$K = (0.2)(2.25) = 0.42 \text{ meq / 100 grs}$$

K = 214 ppm

$$1 \text{ meq} \text{ ----- } 39.1 \text{ ppm} \quad 0.547 \text{ meq} \quad 1 \text{ meq} \text{ --- } 39.1 \text{ mg}$$

$$X \text{ ----- } 214 \text{ ppm} \quad \underline{0.4504 \text{ meq}} \quad 0.97 \text{ ----- } x = 38.12 \text{ K}$$

$$X = 5.47 \text{ meq K} \quad 0.097 \text{ meq / 100gr} \quad X = 38.12 \text{ ppm K}$$

$$0.97 \text{ meq / kg} \quad (38.12)(4.08) = 155.5 \text{ kg / ha}$$

94.2 K2O ---- 78.2 k

$$x \text{ ----- } 155.5 = 187.31 \text{ kg K2 O existente en el suelo (solución)}$$

NUTRIENTES	N	P2O5	K2O	CaO	Mg
Demanda de nutrientes (Kg)	325	110	600	275	100
Eficiencia de extracción (%)	50	10	60		75

N	P2O5	K2O	CaO	Mg O
325 1.84=323.16 kg 100kg - 50kg eficiencia x ----- 323.16 X = 646.36 kg de N para aplicar en fertilizante	110- 10.05 = 99.95 kg 100 kg - 10 kg eficiencia x ----- 99.95 = X = 999.5 kg P2O5 aplicar en fertilizante	600 - 187.31 kg 100kg - 60 kg eficiencia x-----412.69 = X = 687.81 kg K2 O aplicar en fertilizante	1 meq Ca—20 mg 11.26----- x = X =225.2 mg Ca (225.2)(4.08) =918.8 kg de Ca 56 Ca O --- 40kg Ca x -----918.8 = x = 1286.34 kg CaO / ha en suelo proporcional por lo que quedan cubiertas las demandas de las plantas	Mg=(100)(1.6) = =166 kg MgO aplicar en fertilizante

Fuentes de fertilizantes a utilizar

- Sulfato de amonio (20.5 – 0- 0) S = 24 %
- Fosfato monoamónico (11 – 52 - 0)
- Sulfato de potasio (0 - 0 – 50) S = 18
- Sulfato de magnesio 10 % MgO = S = 13 %

$$100 \text{ kg de Mg} \rightarrow 10 \text{ kg MgO} \qquad 100 \text{ kg de MgSO}_4 \rightarrow 13 \text{ kg SO}_4$$

$$x \text{ -----} 221 \text{ kg} = 2210 \text{ kg S de Mg} \qquad 221 \text{ -----} X = 287.3 \text{ kg de SO}_4$$

$$100 \text{ kg S de k} \rightarrow 50 \text{ kg k}_2\text{O}$$

$$x \text{ -----} 687.81 \text{ kg} = 1375.62 \text{ kg S de k} = (1375.62)(0.18) = 247.61 \text{ kg SO}_4$$

aplicado con el sulfato de potasio

$$100 \text{ kg MAP} \rightarrow 52 \text{ kg P}_2\text{O}_5$$

$$x \text{ -----} 995.5 \text{ kg} = 1922.1 \text{ kg de MAP} = (1922.1)(0.11) = 211.43 \text{ Kg N aplicado con el MAP}$$

$$646.36 - 211.93 = 434.92 \text{ kg de N que restan por aplicar}$$

$$2121.59 \text{ kg de A}$$

$$100 \text{ kg S de A} \rightarrow 20.5 \text{ kg N}$$

$$X \text{ -----} 434.92 \text{ kg} = (2121.59)(0.24) = 509.18$$

kg de S

sulfato de amonio

Para el experimento la parcela tiene las siguientes características

Ancho de la cama	0.4 m
Largo de la cama	7.0 m
profundidad	0.3 m
Da	1.36 ton/ m ³
Peso del suelo (136)(0.3)(28) =	1.14 ton / zanja

Cantidad de cada fertilizante a aplicar en la cama de siembra.

	Kg / ha	Kg / zanja
S de A	2121.29	0.5927
MAP	1922.1	0.537
S de K	1375.62	0.3843
S de Mg	2210	0.6175
S	1044.09	0.3582

Germinación y trasplante de tomate saladette silvestre y roma

El material vegetativo que se utilizó fue el siguiente

- Tomate saladette Silvestre (PETO SEED) es un híbrido de crecimiento indeterminado y saladette roma que es un híbrido de crecimiento indeterminado.

Para la obtención de plántulas se sembraron las semillas en sustrato de perlita y vermiculita en proporción de 1 : 1, en una charola que luego fue colocada en una estufa para germinar la semilla, la temperatura que se manejo fue de 25 ° C.

Siembra

La siembra del sistema tradicional se realizó colocando plantas a cada 30 cm en zigzag teniendo un total de 21 plantas 10 de tomate saladette silvestre y 11 plantas de saladette roma, estas plántulas fueron las que se obtuvieron de las charolas sembradas el día 17 de enero del 2003 (fecha de siembra en el suelo 19 / 03/ 03) .

Sistema de riego en el cultivo con suelo

El sistema de riego del cultivo con suelo estuvo manejado con riego por goteo conectado a la red alimentadora del invernadero. La capacidad por gotero fue de 2 litros por hora, los riegos se aplicaron 3 veces a la semana con un tiempo de riego de media hora, esto fue al iniciar el manejo del cultivo (los primeros 2 meses de crecimiento del cultivo), después se instaló un medidor de agua para poder aplicar por riegos (según la demanda de las plantas) un volumen de 150 a 200 ml.

Colocación de chupatubos

Los chupatubos poseen una cápsula de cerámica permeable al paso del agua y de los iones y se instaló un chupatubo en la parte central de cada zanja con el cual se extrajo solución del suelo para realizar un análisis cuantitativo del consumo de nutrimento por las plantas y en base a los resultados obtenidos compensar su demanda nutricional.

La instalación de este aparato consistió en introducir el chupatubo en el suelo húmedo a 30 cm de profundidad, enseguida se hizo vacío con la ayuda de una jeringa para extraer la solución del suelo, eliminando la primera muestra extraída ya que no es confiable (Figura 8).

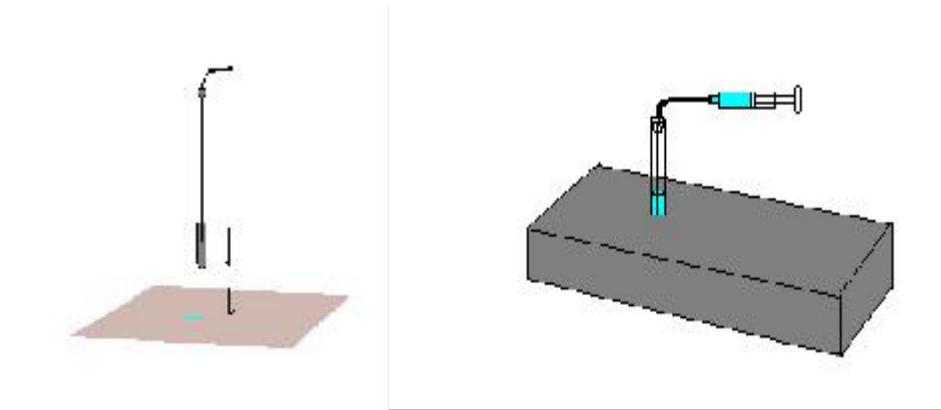


Figura 8. Colocación del chupatubo y extracción de solución del suelo.

Dosificación de nutrimentos del sistema de cultivo con suelo en base a los análisis de la solución del suelo.

En base al primer análisis de solución del suelo se aplicó una fertilización de fondo para compensar las demandas nutricionales de las

plantas sin agotar los nutrientes del suelo antes de colocar el chupatubo, después de colocarlo se succionó la solución del suelo y se determinó la cantidad de elementos en meq / lt para compararlo con lo que requiere un cultivo normal, con la finalidad de compensar esta demanda se preparó una solución equilibrada que se aplicó tres veces a la semana a un volumen de 3.7 litros por cama de siembra.

Contenido de humedad del suelo y sistema de riego

El registro del contenido de humedad del suelo se realizó con el aparato llamado Watter Mark, que posee sensores y dispositivos a base de arenas y un electrodo con terminales para conectarse al aparato.

Se colocó el sensor en la cama a 30 cm de profundidad con las terminales de los electrodos fuera para tomar lecturas de humedad del suelo en centibares; la información recabada permitió programar los riegos.

El sistema de riego utilizado en el testigo (tomate en suelo) fue riego por cintilla con un volumen de 2 litros por hora (Figura 9).



Figura 9. Equipo para determinar el contenido de humedad en suelo, Watter Mark,

Fabricación de los sacos para el establecimiento de cultivo sin suelo

Se utilizó perlita como sustrato y para la fabricación de los sacos se manejaron plásticos de color negro que fueron rellenos con perlita cada uno, finalmente se cubrieron con un plástico de color blanco con el fin de poder eficientar la actividad fotosintética. Las dimensiones de los sacos fueron: 1.40 metros de largo, con un volumen de 40 litros de perlita (Figura 10).

Distancias mas usadas para el acomodo de los sacos

- Entre bolsas 30 cm.
- Entre filas 1.5 m.
- Tres goteros por sacos
- Tres perforaciones por saco
- Dos plantas por perforación

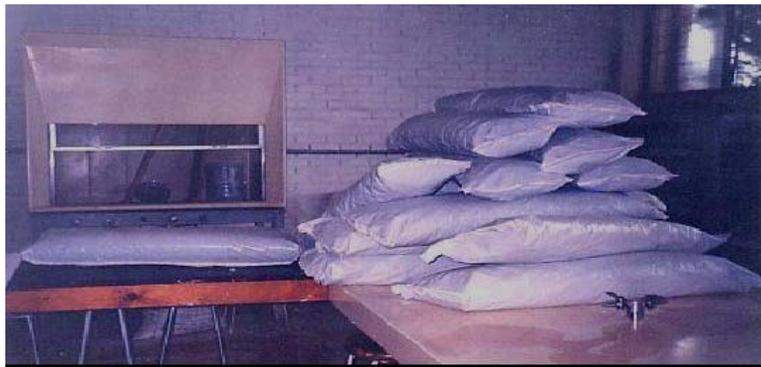


Figura10. Fabricación de sacos para el establecimiento del cultivo sin suelo

Nivelación del área donde se colocaron los sacos de cultivo

Esta actividad consistió en preparar el área donde se colocaron los sacos, de tal manera que estos se establecieran en una superficie con una pendiente no mayor del 1% ni menor del 0 %.

Fue necesario realizar una buena nivelación del terreno por varios razones:

- ◆ Evitar drenes incontrolados que ocasionen problemas en el sistema.

- Captar luz en toda la superficie, para que haya un buen desarrollo de las plantas.
- Evitar la propagación de patógenos presentes en el suelo.
- Evitar la acumulación de solución drenada que pueda causar contaminación en el sistema (Figura 11).



Figura 11. Nivelación del área del invernadero donde se colocaron los sacos de cultivo sin suelo.

Acomodo de sacos en el área de trabajo

- Entre bolsas 30 cm.
- Entre filas 1.5 m.
- Tres goteros por saco.
- Tres perforaciones por saco.
- Dos plantas por perforación (Figura 12).



Figura 12. Acomodo de los sacos de cultivo en el área de trabajo dentro del invernadero.

Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo

La saturación de los sacos de cultivo es uno de los trabajos que hay que realizar con cuidado ya que de ello depende el buen o mal inicio del cultivo.

- La saturación debe realizarse con solución nutritiva, con pH y CE adecuados para el trasplante de plántulas.
- Se debe saturar a impulso (no de golpe, lógicamente dependiendo de la granulometría de la perlita que define la curva de retención).
- Una vez que está sobresaturado el saco se deja 24 horas, para homogeneizar la concentración nutricional y saturación de la perlita.

Esta actividad se realizó con la ayuda del sistema de riego por goteo tipo espagueti con piqueta de 2 lt / h, todo esto manejado por una bomba eléctrica de ½ hp.

El material vegetativo que se utilizó en este sistema fue el mismo que el anterior tomate saladette Silvestre (PETO SEED), que es un híbrido de crecimiento indeterminado y saladette roma que es un híbrido de crecimiento indeterminado.

La siembra en el sistema de cultivo sin suelo se realizó de la siguiente manera; se sembraron en los sacos (previamente saturados y con orificio de drenaje), 2 plantas por orificio con una separación de 0.30 m entre orificios, teniendo 6 plantas por saco y 5 sacos en la línea, dando un total de 30 plantas de cada variedad (Figura 13).

Para mejorar el manejo del sistema de cultivo sin suelo sin dañar el sistema radical de las plantas establecidas en los sacos se realizó una abertura en la parte ventral del saco antes de la siembra con una dimensión de 10 cm de ancho dejando un margen de 24 cm en los extremos del saco, luego se colocó

la manta que sirvió para poder activar el sistema de riego. En nuestro caso el riego siempre fue a tiempos programados, por lo que no fue necesario colocar el sistema de riego a la demanda.



Figura 13. Trasplante de plántulas de tomate saladette en sacos de cultivo

Preparación de la solución para el cultivo sin suelo

Estos son los datos que se obtuvieron del manual de cultivo sin suelo según Urrestarazu en el 2000, para poder determinar y preparar una solución ideal para el cultivo de tomate sin suelo.

Meq/lit	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	Total
Ca	10.0			10.0
Mg	3.6			3.6
K		2.0	3.0	5.0
Total	13.6	2.0	3.0	18.6

		Pe	Factor g / L	P / 200 L
NO ₃ Ca	10.0	118	$0.12 \times 10 = 1.20$	240 g
Mg NO ₃	3.6	128	$0.13 \times 3.6 = 0.470$	94.0 g
KH ₂ PO ₄	2.0	136	$0.14 \times 2.0 = 0.28$	56 g
SO ₄ K ₂	3.0	87	$0.09 \times 3.0 = 0.27$	54 g

		PARA 200 Lt
EDDHA FE (5%) = 5 mg / lt	$100 \text{ mg} / 5 = 100 \text{ mg / lt}$	20 g Fe
EDTA (15 %) 15 mg / lt	$100 \text{ mg} / 15 \text{ mg} = 0.79 \text{ mg / lt}$	2.66 g Mn

$\text{CuSO}_4 \cdot \text{SH}_2\text{O} = 0.2 \text{ mg / l } 249.7 \text{ mg / } 63.5 \text{ mg} = 0.79 \text{ mg / lt}$	0.16 g Cu
$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} = 0.3 \text{ mg / lt } 287.5 \text{ mg / } 65.4 \text{ mg} = 1.32 \text{ mg lt}$	0.26 g Zn
$\text{H}_3\text{BO}_3 = 0.4 \text{ mg / lt } 618 \text{ mg / } 10.8 \text{ mg} = 2.2 \text{ mg / lt}$	0.46 g B
$(\text{NH}_4)_6 \text{ MoO}_{24} \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} = 0.2 \text{ mg / lt } 1235.9 \text{ mg / } 67 \text{ mg} = 0.37 \text{ mg /lt}$	0.70 g Mo

Las cantidades señaladas de cada nutrimento se vaciaron en dos depósitos, en uno el nitrato de calcio y en otro los demás elementos, para evitar que se precipitaran el fósforo y el calcio. Cada depósito con capacidad de 200 lt.

Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo.

La colocación del gotero a la botella se realizó con la finalidad de medir el gasto por eventos de riego y los litros de solución nutritiva en cada saco. Además fue útil para ver el pH y CE de la mezcla de la solución entre el calcio y el resto de nutrimentos.

La bandeja de drenaje es un recipiente de plástico que se utilizó para coleccionar la solución drenada. En base al volumen captado de cada bandeja se determinó el porcentaje de drenaje, la conductividad eléctrica y el pH de la solución drenada.

Con los datos obtenidos en gotero, y en drenaje se pudo mantener un equilibrio en la preparación de la solución nutritiva para las plantas y con ayuda de la solución drenada se realizaron análisis nutricionales de absorción de los nutrientes para ver la eficiencia y prosperidad del manejo del cultivo sin suelo.

Características del equipo de bombeo del sistema sin suelo

Para el manejo del cultivo sin suelo se utilizó un equipo de bombeo para satisfacer las demandas hídricas y el transporte de los nutrimentos al sistema radical de las plantas en los sacos, desde el transplante hasta la etapa de fructificación, esto se logró con la ayuda del sistema (espaguete) por goteo con

piqueta de 95 – 100 ml / minuto, manejado a una presión de 10 PSI en manómetro. El equipo de bombeo esta conectado a los depósitos de solución; todo el sistema de riego se controló por períodos de riegos que variaron de acuerdo a las condiciones climáticas dentro del invernadero y a la sintomatología del cultivo de tomate sin suelo, esto se llevó a cabo por medio de un timer con 8 programas de riegos al día y diferentes tiempos de aplicación de acuerdo a las condiciones mencionadas; a continuación se muestran algunos datos sobre los programas de riego en el manejo del sistema de cultivo sin suelo.

ACTIVACION	DESACTIVACION	ACTIVACION	DESACTIVACION
8 :00 AM	8 :03 AM	8:00 AM	8:03 AM
11:00 AM	11:03 AM	11:00 AM	11:03 AM
13:00 PM	13:03 PM	13:00 PM	13:03 PM
14:00 PM	14:03 PM	14:15 PM	14:18 PM
14:30 PM	14:33 PM	15:30 PM	15:33 PM
15:30 PM	15:33 PM	16:45 PM	16:48 PM
16:30 PM	16:33 PM	18:15 PM	18:18 PM
17:30 PM	17:33 PM	20:00 PM	20:03 PM
8:30 AM	8:32 AM	8:30 AM	8:32 AM
10:30 AM	10:32 AM	10:30 AM	10:32 AM
11:45 AM	11:43 AM	12:00 AM	12:02 AM
12:45 AM	12:48 AM	13:00 PM	13:03 PM
14:00 PM	14:02 PM	14:00 PM	14:03 PM
15:15 PM	15:18 PM	15:30 PM	15:33 PM
16:30 PM	16:33 PM	17:00 PM	17:02 PM
18:00 PM	18:03 PM	18:30 PM	18:33 PM

El gasto en gotero varió de acuerdo a los cambios generados en la programación de los riegos en el timer. En donde el volumen del gasto por gotero fue de 180 ml por evento de riego, un total por saco de 540 ml (Figura 14)

Características del timer y del equipo de bombeo

Bomba

- Capacidad ½ hp
- Sistema eléctrico

Timer

Digital programable

Especificaciones

- Voltaje 120 ~ 60 Hz
- Potencia máxima 10 A, 100 w
- Tiempo mínimo de programación 1 minuto
- Temperatura de operación -10 C ° a 40 C °
- Precisión +- 1.1 min / mes
- Batería de respaldo NIMH 1,2 V> 100 Horas.
- Marca LLOYD'S
- Timer digital programable mod LR – 912



Figura 14. Equipo de bombeo para el sistema de riego en cultivo sin suelo

Instalación del sistema de nebulización

El sistema de nebulización se instaló por la necesidad de incrementar la humedad relativa del área del trabajo y se controló por un higrómetro. Si la humedad relativa era baja se aplicaba una nebulización que variaba de 2 hasta 5 minutos, por ejemplo se registraba humedad relativa de 30 %, se activaba el sistema de nebulización para alcanzar una humedad relativa del 45 - 50 % , las cuales no eran las adecuadas para el cultivo, uno de los problemas que causó el sistema fue la dispersión de enfermedades, que se controlaban con fungicida como ridomil para hongos como tizón tardío, alliette para el control de bacterias.

Características del sistema de nebulización:

- 12 aspersores con un diámetro de 8 metros
- líneas de 4 aspersores con 3 aspersores
- bomba de capacidad de $\frac{1}{2}$ hp
- mangueras de $\frac{3}{8}$

Características del instrumental utilizado en el experimento

Potenciómetro

El potenciómetro fue esencial en la elaboración de este trabajo ya que a través de él se pudo balancear y llegar al equilibrio de pH de la solución ya que se registraron datos de pH tanto en el drenaje como en la solución del gotero. El pH que se mantuvo en la solución nutritiva fue de 5.5, cuando aumentaba el mismo se regulaba con ácido fosfórico.

Característica

- Aparato de bolsillo
- Posee electrodos
- Digital

Conductivímetro

Este aparato se utilizó para registrar la conductividad eléctrica de la solución y del drenaje, en mmhos / cm. se calibró a 2 mmhos / cm y se obtuvo la cantidad de sales contenida en la solución.

Característica

- Aparato de bolsillo
- Posee electrodos
- Digital

Cardy (HORIBA)

Este equipo se utilizó para cuantificar la cantidad de nutrimentos en el sistema de cultivo sin suelo y en suelo. Son instrumentos portátiles y fáciles de manejar en campo ya que se obtienen datos reales al instante, este aparato se utiliza para determinar nitratos, potasio y fósforo.

SPETRUM TECHNOLOGIES´N

ORHIBA

MOD. JAPONES

- Posee un electrodo selectivo
- Realiza medidas de D – 9990 ppm

Fotocolorímetros para microelementos

M. HANNA INSTRUMENTS

FABRICACIÓN PORTUGUES

- medidores de iones específicos
- Son fotocolorímetros
- Permiten lecturas en diferentes rangos dependiendo del elemento. Para Mn va de 0- 20 ppm a una resolución de 0.1 ppm.
- Posee un fuente de luz de 555 nm
- Detectores de luz con fotoceldas de silicón para trabajar en ambientes que van de 0 – 50 ° C y a un máximo de humedad relativa de 95%
- Baterías de 9 Volts.
- Dimensiones de 18cm x8.3 x 4.6cm
- Peso de 290 gr.

Medidor de humedad se hizo con el Watter mark:

- Medidor de humedad con sensores y dispositivos a base de arenas
- Electrodo, terminales para conectarse al medidor digital.
- Da lecturas en centibares
- Utiliza baterías de 9 Volts.
- Rango de 0 - 105 cb

Determinación de diámetros y peso de los frutos cosechados

Vernier (PRETUL)

- Aparato utilizado para medir diámetro de los frutos
- De 150 mm de longitud

La medición del diámetro se realizó con la finalidad de saber el tamaño que el fruto había adquirido al momento de su corte. Se determinaron el diámetro polar y ecuatorial del fruto.

Balanza digital granataria (OHAUS)

- Capacidad de 610 gr.

Se utilizó para determinar el peso de los frutos al momento de su corte

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al peso de los frutos de cada planta de tomate saladette roma en el cultivo en suelo se observó una media de 0.61 kg pero los valores registrados fueron heterogéneos ya que arrojó un coeficiente de variación de 41.93%. Con respecto a los diámetros ecuatoriales de los frutos se registró una media de 4.97 cm, una desviación estándar de 0.47 cm y un coeficiente de variación de 9.48%. en lo que se refiere al diámetro polar se presentó una media de 6.75 cm, una desviación estándar de 0.53 cm y un coeficiente de variación de 7.87 cm lo anterior indicó que hubo uniformidad tanto en los diámetros ecuatoriales como en los diámetros polares de los frutos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Peso fresco de las plantas, diámetro ecuatorial y diámetro polar del fruto de tomate saladette roma en cultivo en suelo.

N. PTA	Peso del fruto kg	diámetro ecuatorial del fruto	diámetro polar del fruto
1	0.195	4.45 cm	6.8 cm
2	0.623	4.7 cm	7.2 cm
3	0.633	4.8 cm	6.9 cm
4	1.091	4.8 cm	6.1 cm
5	0.809	4.8 cm	6.0 cm
6	0.480	5.7 cm	7.2 cm
7	0.564	5.9 cm	7.2 cm
8	0.566	5.1 cm	6.9 cm
9	0.993	5.2 cm	7.5 cm
10	0.462	4.4 cm	6.0 cm
11	0.402	4.9 cm	6.5 cm
X	0.61	4.97	6.75
Ds	0.25	0.47	0.53
cv	41.93	9.48	7.87

En relación al peso de cada planta de tomate saladette silvestre en el cultivo en suelo la desviación estándar fue de 0.28 y el coeficiente de variación fue de 40.66% lo que implica una alta heterogeneidad en los pesos registrados y para los diámetros ecuatoriales de los frutos se registró una media de 4.87 cm, una desviación estándar de 0.19 cm y un coeficiente de variación de 3.99%, lo que indica que los frutos fueron uniformes. En cuanto al diámetro polar se presentó una media de 6.78cm, una desviación estándar de 0.25 cm y un coeficiente de variación de 3.73%, también aquí se observa uniformidad en los diámetros polares de los frutos; los resultados obtenidos para diámetro ecuatorial y polar del fruto fueron similares para los dos materiales usados saladette silvestre y roma (Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso, diámetro ecuatorial y diámetro polar de los frutos de tomate saladette silvestre en cultivo en suelo.

N, PTA	Peso del fruto kg	diámetro ecuatorial del fruto	diámetro polar del fruto
1	0.902	5.0 cm	7.0 cm
2	0.966	5.0 cm	6.7 cm
3	0.643	4.6 cm	6.7 cm
4	1.216	4.8 cm	6.7 cm
5	0.528	4.7 cm	6.3 cm
6	0.548	4.7 cm	6.8 cm
7	0.600	5.0 cm	7.0 cm
8	0.153	4.7 cm	6.5 cm
9	0.793	5.2 cm	7.0 cm
10	0.779	5.0 cm	7.1 cm
X	0.71	4.87	6.78
Ds	0.28	0.19	0.25
cv	40.66	3.99	3.73

En relación al sistema de cultivo en suelo en ambos materiales no existe mucha diferencia entre las medias para el peso, diámetros ecuatorial y polar de los frutos cosechados ya que antes de iniciar el trasplante se realizó un análisis del suelo y se llevo acabo un balance de nutrimentos con fertilizantes

comerciales como sulfato de amonio, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y azufre; además se hizo un análisis de la solución del suelo para conocer los elementos que estaban en forma disponible para las plantas y satisfacer sus demandas nutricionales, el manejo del cultivo fue adecuado y coincide con lo citado por (Bernat, et al. 1990,) que menciona que cuando se aplican los nutrientes en forma correcta y uniforme se obtienen productos de mejor calidad.

Se presentaron problemas de temperatura en pleno llenado de frutos de tomate saladette roma en el sistema de cultivo sin suelo por lo que se realizó una cosecha prematura, donde cada variable analizada se describe a continuación. En cuanto a longitud de raíz, el promedio fue de 22.43 g, con una desviación estándar de 3.02g y un coeficiente de variación de 13.49%, para peso de raíz se presentó una media de 31.14g, una desviación estándar de 8.67g y un coeficiente de variación de 27.86%

La altura de la plantas presentó una media de 83.59 cm, una desviación estándar de 8.45cm y un coeficiente de variación de 10.11%, la media observada para el peso de la planta es de 53.30g, la desviación estándar de 12.06g y un coeficiente de variación de 22.62%.

En el número de frutos de cada planta se observó heterogeneidad, según el resultado de las medias fue de 20.99, una desviación estándar de 12.43 y el coeficiente de variación fue de 59.23%.

El peso de los frutos presentó una media de 38.15g, una desviación estándar de 14.22g y un coeficiente de variación de 37.27%.

Los diámetros ecuatoriales y polares de los frutos cosechados no presentaron diferencias de acuerdo al promedio de las medias obtenidas que

fueron de 9.35 cm en los diámetros ecuatoriales y 9.81 cm para los diámetros polares (Cuadro 3).

Cuadro 3. Longitud y peso de raíz, altura y peso de planta, número de frutos, peso de fruto y diámetro ecuatorial y polar de frutos de tomate saladette roma en cultivo sin suelo.

SACOS	Longitud de raíz cm	Peso de raíz gr	Altura de planta en cm	Peso de planta gr	N. frutos	Peso de frutos en gr	Diámetro ecuatorial en cm	Diámetro polar en cm
1	27	18.45	88.5	51.58	3.16	17.06	0.93	1.61
2	22.74	36.49	87.01	51.78	12.97	45.52	8.72	9.78
3	22.25	39.71	87.79	64.3	26.96	52.41	12.73	13.7
4	21.62	26.21	86.12	64.03	32.06	45.18	8.2	8.97
5	18.56	34.85	68.55	34.85	29.84	30.6	16.18	15.01
x	22.43	31.142	83.594	53.308	20.998	38.154	9.352	9.814
DS	3.02	8.67	8.45	12.06	12.43	14.22	5.71	5.24
Cv %	13.49	27.86	10.11	22.62	59.23	37.27	61.12	53.46

De la misma forma se realizó la cosecha prematura en tomate saladette silvestre, debido a las altas temperaturas que se presentaron en el invernadero en pleno llenado de frutos, a continuación se presentan los resultados de cada variable. La media para longitud de la raíz fue de 22.88cm, la desviación estándar de 4.37cm y un coeficiente de variación de 19.10%, esto indica que hubo uniformidad en el desarrollo de la misma. En cuanto a peso de raíz, la media registrada fue de 38.48g, la desviación estándar de 8.67g y un coeficiente de variación de 27.86%.

La altura de la plantas presentó una media de 71.61cm, una desviación estándar de 21.6 cm y un coeficiente de variación de 30.16%, la variabilidad observada se debió a que no todas las plantas crecieron en forma homogénea. Esto se debe a las condiciones ambientales que se presentaron. El peso de las plantas presentan una media de 60.85 g, una desviación estándar de 31.73g y un coeficiente de variación de 52.15%.

En cuanto al número de frutos la media observada fue de 30.20, y el coeficiente de variación de 16.16 esto debido a que en algunas plantas no hubo frutos y el número fue muy variable.

Los diámetros ecuatoriales y polares de los frutos cosechados no presentaron diferencias ya que el diámetro ecuatorial tuvo una media de 3.2 cm, una desviación estándar de 0.35cm y un coeficiente de variación de 10.92% y para el diámetro polar la media fue de 3.15cm, una desviación estándar de 0.27cm y un coeficiente de variación de 8.75% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Longitud y peso de raíz, altura y peso de planta, número de frutos, peso de frutos y diámetros ecuatorial y polar de frutos de tomate saladette silvestre en cultivo sin suelo

SACOS	Longitud de raíz cm	Peso de raíz gr	Altura de planta en cm	Peso de planta gr	N. frutos	Peso de frutos en gr	Diámetro ecuatorial en cm	Diámetro polar en cm
1	30.06	51.22	100.45	101.08	38.45	52.34	3.75	3.54
2	22.24	50.98	88.5	89.58	29.01	37.02	3.37	3.35
3	19.81	26.54	60.8	38.98	25.59	22.73	2.97	2.96
4	19.02	33.87	57.5	37.63	28.07	24.79	2.95	2.94
5	23.28	29.79	50.8	37.01	29.89	26.04	2.99	2.97
x	22.68	38.48	71.61	60.85	30.20	32.58	3.20	3.15
DS	4.37	11.80	21.6	31.73	4.88	12.35	0.35	0.27
Cv %	19.10	30.69	30.16	52.15	16.16	37.91	10.92	8.75

En cuanto a longitud de raíz saladette roma presentó una media de 22.43cm, para peso de raíz una media de 31.14g y en saladette silvestre la media para longitud de raíz fue de 22.68cm, para peso de raíz una media de 38.48g, esto indica que la longitud de raíz no influyó en el peso de acuerdo a los resultados anteriores.

En altura de plantas se observa que no influyó en el peso de la planta ya que saladette roma presentó una media de 83.59cm para altura y para peso

una media de 53.5 g; saladette silvestre presenta una media de 71.61cm para altura de plantas, para peso de planta una media de 60.85 kg.

En cuanto al número de frutos se observa que saladette roma presenta una media de 20.99 y para peso una media de 38.15 g; saladette silvestre presenta una media de 30.20 en el número de frutos y para peso una media de 32.58 g, esto quiere decir que aunque saladette silvestre presentó un mayor número de frutos no influyó en el peso ya que en saladette roma hubo mayor peso.

Con respecto al diámetro ecuatorial y polar de los frutos se observa que en saladette roma existió ventaja ya que la media para el diámetro ecuatorial fue de 9.35 cm y para el diámetro polar la media fue de 9.81 cm, para saladette silvestre la media fue de 3.21 en diámetro ecuatorial y para diámetro polar la media fue de 3.15 cm. Estos resultados son de materia fresca.

Con respecto al sistema de cultivo sin suelo fue necesario cosechar en forma prematura ya que se presentaron problemas de temperatura arriba de los 35°C y esto no coincide con lo citado por Valadez 1998, el cual menciona que la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo del jitomate es de 22°C, por lo tanto no se pudo llegar a producción tanto en saladette roma como en saladette silvestre.

Después de registrar la longitud de raíz y altura de planta se determinaron los pesos secos en saladette roma en cultivo sin suelo, colocando muestras en la estufa para que perdieran agua. Para peso de raíz se registró una media de 16.65g, una desviación estándar de 12.02g y un coeficiente de variación de 72.19% y el peso de planta con una media de 21.56g, una desviación estándar de 11.77g y un coeficiente de variación general de 54.62% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso seco de raíz y peso seco de planta de tomate saladette roma en cultivo sin suelo.

Sacos	Peso seco de raíz	Peso de la planta
1	25.96	31.81
2	29.23	33.15
3	19.86	22.25
4	6.28	15.86
5	1.96	4.75
X	16.65	21.56
DS	12.02	11.77
CV	72.19	54.62

De la misma forma se registraron las longitudes de raíz y parte aérea en tomate saladette silvestre, se determinaron los pesos secos colocando muestras en la estufa para que se deshidrataran. En cuanto a peso de raíz se registró una media de 21.06g, una desviación estándar de 6.99g y un coeficiente de variación de 33.23% y el peso de plantas con una media de 21.64g, una desviación estándar de 11.92g y un coeficiente de variación de 55.08% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso seco de raíz y peso seco de planta de tomate saladette silvestre en sistema de cultivo sin suelo.

SACO S	PESO DE RAIZ	PESO DE LA PLANTA
1	21.83	23.76
2	28.68	39.21
3	22.95	24.23
4	22.28	9.96
5	9.56	11.05
X	21.06	21.64
DS	6.99	11.92
CV	33.23	55.08

En el peso seco de raíz se observa que saladette roma presenta un media de 16.65 g, para peso seco de planta una media de 21.56 g; en saladette silvestre la media para el peso seco de raíz es de 21.06 g y para peso seco de planta la media fue de 21.64 g . con estos resultados se observa que fue mayor la concentración de materia seca en saladette roma, esto quiere decir que hubo mejor aprovechamiento por la planta.

Durante el manejo del cultivo se manejaron parámetros como humedad relativa en ambos sistemas y si se comparan con las óptimas que deben oscilar entre un 65-70%, se concluye que se trabajó con condiciones de humedad ambiental muy baja de acuerdo al Cuadro 3^a podemos decir entonces que la baja humedad relativa que se registró en el invernadero influyó negativamente en el desarrollo del cultivo al causar una alta transpiración por hojas y tallos, por lo tanto no coincide con lo citado por Alpi y Togoni 1999.

En lo referente a pH en sistema de cultivo sin suelo se concluye que se trabajó dentro de los rangos establecidos y de acuerdo a los Cuadros 6^a y 7^a tanto para gotero como drenaje, lo anterior demuestra que estas variables se mantuvieron uniformes en todo el desarrollo del cultivo, este equilibrio se debió a que al momento de aplicar la solución nutritiva se calibraba el pH, de tal manera que se mantuviera estable, esto coincide con la página consultada en internet (www.drcalderonlabs.com), que cita que las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5.0 y 7.0

CONCLUSIÓN

El tomate desarrollado en un sistema de cultivo sin suelo fue mejor que el desarrollado en un sistema de cultivo con suelo ya que presentó mayor homogeneidad en cuanto a tamaño de planta y número y tamaño de fruto debido a que en este sistema se mantienen condiciones adecuadas de nutrición.

En relación al pH en el sistema de cultivo sin suelo se concluye que se trabajó cerca de los valores óptimos tanto en gotero como en drenaje ya que las medias obtenidas fueron de 6.7 en gotero y en drenaje de 6.9, comparándolas con las requeridas por el cultivo que deben ser de 5.0 y 7.0 respectivamente

El sistema de cultivo en suelo bajo invernadero es recomendable trabajarlo con fertirriego, ya que de esa manera se le proporciona a las plantas nutrición adecuada y como resultado de un buen manejo se obtienen frutos de buena calidad para poder competir en el mercado. En cuanto a los genotipos utilizados saladette silvestre presentó mejores rendimientos en sistema de cultivo en suelo, pero en cultivo sin suelo el saladette roma fue mejor.

La humedad relativa media en el ambiente fue de 47.07%, muy baja en comparación con el rango requerido por el cultivo de 60-80%, por lo que es recomendable trabajar con un sustrato que retenga más humedad.

RESUMEN

El trabajo se realizó en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se establecieron genotipos de tomate, saladette roma y saladette silvestre bajo sistemas de cultivo en suelo y sin suelo con la finalidad de evaluar su potencial productivo.

Para el sistema de cultivo en suelo se preparó una cama de 7 metros de largo, 0.5 metros de ancho, 40 centímetros de profundidad y con una pendiente de 1.4% para facilitar el drenaje; se establecieron 21 plantas (11 plantas de tomate saladette roma y 10 plantas de tomate saladette silvestre) a 30 cm de distancia; se regaron con agua por 30 minutos 2 veces al día y una vez por semana con solución nutritiva. Antes de establecer el cultivo se hizo un análisis de suelo para determinar la cantidad de fertilizante a utilizar en la preparación de la solución nutritiva.

Para el sistema de cultivo sin suelo se utilizó perlita como sustrato y se fabricaron sacos de polietileno negro protegidos por un plástico blanco, se utilizó un volumen de perlita en cada saco de 40 litros, la longitud del saco fue de 1.40 metros, se fabricaron 10 sacos. El área donde se estableció el sistema se niveló al 1% para no tener problemas de drenaje, se colocaron los diez sacos con 6 plantas cada uno, los sacos se saturaron con nutrientes antes de sembrar las plantas, esto con la finalidad de que el cultivo se desarrollara sin problemas de nutrición. Se estableció el sistema de riego por goteo tipo espagueti, el cual se controlaba con un timer. El tiempo de riego se programaba de acuerdo a los resultados de los análisis de pH y CE.

En el sistema de cultivo con suelo los parámetros evaluados fueron: peso de frutos, diámetro ecuatorial y polar de los frutos de cada planta, donde el tomate

saladette roma presentó una media de 0.61 kg, diámetro ecuatorial con una media de 4.97 cm, diámetro polar con una media de 6.75 cm; también se obtuvieron datos de tomate saladette silvestre con respecto a peso de los frutos de cada planta con una media de 0.71kg, diámetro ecuatorial con una media de 4.87 cm, el diámetro polar con una media de 6.78 cm.

En el sistema de cultivo sin suelo debido a las altas temperaturas registradas en el invernadero, se realizó una cosecha prematura y los parámetros evaluados fueron: longitud y peso de raíz, altura y peso de planta, peso de frutos, diámetros ecuatorial y polar de los frutos tanto en saladette roma como en saladette silvestre. En cuanto a saladette roma los valores registrados en promedio fueron de 22.43cm para longitud de raíz, 31.14 g, para peso de raíz , 83.59 cm para altura de plantas, 53.30g para peso de plantas 20.99 para número de frutos, 38.15g para peso de frutos, 9.35 cm para diámetros ecuatoriales, 9.81 cm para diámetros polares. En tomate saladette silvestre los valores registrados en promedio fueron de 22.88 cm para longitud de raíz, 38.48g para peso de raíz, 71.61 para altura de plantas, 60.85g para peso de plantas, 30.20 para numero de frutos, 3.2 cm para diámetros ecuatoriales y 3.15 cm para diámetros polares; encontrándose que la diferencia es en cuanto a los diámetros ecuatoriales y polares de los frutos, con respecto a los otros parámetros no hay mucha diferencia.

Se determinó el peso seco de raíz y parte aérea de la planta y se colocaron en una estufa a 25°C por 48 horas para su deshidratación. Saladette roma en peso de raíz registro una media de 16.65 g, en peso de planta la media fue de 21.56 g. En relación a saladette silvestre la media para peso de raíz fue de 21.06g y para peso de planta la media fue de 21.64g, lo que implica poca diferencia en peso entre ambos materiales.

El pH en el sistema de cultivo sin suelo se mantuvo cerca de los valores óptimos y la humedad relativa en el ambiente fue muy baja, por lo tanto es recomendable trabajar con un sustrato que retenga mas humedad.

El tomate desarrollado en sistema de cultivo sin suelo fue mejor que el desarrollado en sistema de cultivo con suelo ya que presentó mayor homogeneidad en cuanto a tamaño de planta, número y tamaño de frutos, debido a que en este sistema se mantienen condiciones adecuadas de nutrición.

El sistema de cultivo en suelo bajo invernadero es recomendable trabajarlo con fertirriego, ya que de esa manera se le proporciona a las plantas nutrición adecuada y como resultado de un buen manejo se obtienen frutos de buena calidad para poder competir en el mercado. En cuanto a los genotipos utilizados saladette silvestre presentó mejores rendimientos en sistema de cultivo en suelo, pero en cultivo sin suelo el saladette roma fue mejor.

BIBLIOGRAFÍA

Alpi, A.; Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 347 pp.

Angeles. G. J. A. 1998. Evaluación de cuatro fuentes de N con fertirrigación en el cultivo de tomate. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.

Aullé. A. J. 1996. Origen y domesticación del tomate cultivado en el mundo.. Ed. Mundi-Prensa. Madrid

Bernat. J. A. et al. 1990. Invernaderos. Construcción, Manejo, Rentabilidad. Ed. AEDOS, ej. 1

Bolvin. C, G. A., 1987. Effect of supplementary light on transplanted Growth and yield of greenhouse tomato. HortScience 22 (6): 1266 – 1268

Cadahia. L. C. 1998. Cultivos horticolas y ornamentales. Ed. AEDOS, S.A. Ediciones. Mundi-Prensa. Madrid. ej. 1

Imas. P. 1999. Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistemas Frutihorticolas. Ed. IPI. Presentado en el XIX Congreso Argentino de Horticultura.

Lara. H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva de tomate en hidroponía. Sakata.com.mx/paginas/ptmc/

Marquez. M. Y, 1978. Guía para el control de los hongos del suelo en el cultivo del tomate, utilizando el sistema de fertirrigación.

Pilatti. R. A. 1977. Cultivo Bajo Invernaderos. Ed. Hemisferio Sur S. A. Argentina. Ej. 4

Serrano.C. Z. 1979. Invernaderos: Instalación y manejo. Publicaciones de exención agraria. Madrid

Solano. M.C.M. 1985. Sistemas de producción en hidroponía. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.

Valadez. L. A. 1998. Producción de hortalizas. Ed. Uteha Noriega Editores, ej. II

Paginas web

<http://www3.gratisweb.com/cdeea/manejodenutrientes.htm>

http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos3.asp

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate3.asp>

http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/perlita.htm

<http://www.horticom.com/fitech1/aalarcon.html>

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

<http://canales.nortecastilla.es/canalagro/datos/abonos/9917.htm>

<http://betafm.ceride.gov.ar/Sitio>

<http://www.uaa.mx/news/2003/434-iyp.htm>

http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/aa_005.htm

<http://www.terralia.com/revista23/pagina52.asp>

http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/La_Solucion_Nutritiva.htm

SAGARPA. 2002. Análisis del jitomate. <http://www.slea.sagarpa.gob.mx>
<http://sky.prohosting.com/hidropon/hidroponia/curso/solucnutti.htm>

APÉNDICE

Análisis de suelo, análisis de la solución del suelo y aplicación de soluciones nutritivas.

Cuadro 1a. Resultados del análisis de suelo y aplicación de fertilización de fondo

Los requerimientos nutricionales para obtener 100 ton de jitomate para consumo en fresco son:	
Nutrientes	kg
N	325
P ₂ O ₅	110
K ₂ O	600
CaO	275
Mg	100
S	280
Iones presentes en el suelo	
ION	ppm
Nitratos	10
Fosfatos	16.5
Potasio	214
Fuentes de fertilizantes a utilizar	
• Sulfato de amonio (20.5 – 0- 0) S = 24 % (S deA)	
• Fosfato monoamónico (11 –52-0) S = 18 % (MAP)	
• Sulfato de potasio (0 - 0 – 50) S = 13 % (S de K)	
• Oxido de magnesio 10 % (MgO)	
• Flor de azufre 92% (S)	

La cantidad de fertilizante por zanjas es:

	Kg/ha	kg/zanja
S de A	2121.29	0.5927
MAP	1922.1	0.537
S de K	1375.62	0.3843
S de Mg	2210	0.6175
S	1044.09	0.3582

Cuadro 2a. Análisis de la solución del suelo.

	SALADETTE (HIBRIDO SILVESTRE Y ROMA) primer análisis
SUR	POTASIO 22 Cb = 120 ppm / 39 = meq/ Lt = 3.07
NORTE	POTASIO 39 Cb = 180 ppm / 39 = meq/ Lt = 4.62
SUR	NITRATOS 22 Cb = 540 ppm / 62 = meq/ Lt = 8.71
NORTE	NITRATOS 39 Cb =1200 ppm / 62 = meq/Lt = 19.35
SUR	CALCIO 22 Cb =10 (diluido 5 veces) X 5 = 50 ppm / 20 = meq/Lt = 2.5
NORTE	CALCIO 39 Cb = 200 ppm " X 5=1000/20= meq/Lt =50
SUR	MAGNESIO 22 Cb =140 ppm /12 = meq/ Lt = 11.66
NORTE	MAGNESIO 39 Cb =170 ppm/12 = meq/Lt = 14.16
	segundo análisis
SUR	CALCIO 25 Cb = meq/ Lt = 25
NORTE	CALCIO 40 Cb = meq/ Lt = 40
	tercer análisis
SUR	CALCIO 16 Cb = 162ppm x 5 = 810 ppm meq/Lt = 40.5
NORTE	CALCIO 12 Cb = 400 ppm x 5 = 2000 ppm = meq/Lt = 100
SUR	MAGNESIO 16 Cb = 41 ppm x5 = 205 ppm = meq/Lt = 17.8
NORTE	MAGNESIO 12 Cb = 97ppm x 5 = 485 ppm = meq/ Lt = 40.41
SUR	HIERRO 16 Cb = 0.5 (2 veces) =1.0 ppm (bajo)
NORTE	HIERRO 12 Cb =0.42 (2 veces) = 0.84 ppm (bajo)
SUR	MANGANESO 16 Cb = 0.1 ppm x 4 (dilución) =0.4 ppm (bajo)
NORTE	MANGANESO 12 Cb = 0.1 ppm x 4 (dilución) =0.4 ppm (bajo)
SUR	POTASIO 16 Cb = 220 ppm / 39 = meq / Lt = 5.641
NORTE	POTASIO 12 Cb= 180 ppm / 39 = meq / Lt = 5.41
SUR	NITRATO 16 Cb = 7900 ppm x 1(dilución) = 7900/62 = meq/l =127.42
NORTE	NITRATO 12 Cb = 8300 ppm X 2 (dilución))=16600ppm/62= meq/Lt =267.74
SUR	FÓSFORO 16 Cb = (0.3 ppm x 10 veces) = 3 ppm / 30= meq/Lt =
NORTE	0.1(bajo)

	FÓSFORO 16 Cb = (0.3 ppm x 10 veces) = 3 ppm / 30= meq/lit = 0.1 (bajo)
<p>En base a los resultados se determinó aplicar las siguientes cantidades para compensar las demandas</p> <ul style="list-style-type: none"> • 80 gr NH₄NO₃ / 200 litros de agua • 115 gr NH₄H₂PO₄ / 200 litros de agua • 40 gr QUELATO DE Fe / 200 litros de agua • 10 gr DE SULFATO DE MANGANESO / 200 litro de agua. <p>Aplicación: 4 litros de solución 2 veces / semana</p>	
	cuarto análisis datos del centro de la zanja
SALADET	POTASIO 20 Cb =120 ppm = meq/lit =3.07
SALADET	NO ₃ 20 Cb =410ppm/62 = meq/lit = 6.6
SALADET	FÓSFORO 20 Cb = 2 ppm = meq/lit = 0.06
SALADET	Ca 20 Cb = mayor de 400 ppm = meq/lit = 20
SALADET	Mg 20 Cb =225 ppm/12 = meq/lit = 18.5
SALADET	Fe 20 Cb = 0.20 x 4 (dilución) = 0.08ppm
SALADET	Mn 20 Cb = menor a 0.4 ppm
<p>En base a los resultados obtenidos en el análisis se determinó aplicar la siguiente fórmula de nutrientes para compensar las demandas de las plantas</p> <p>Aplicar 10 veces mas de la dosis aplicada en cultivo sin suelo. Todos los micronutrientes</p> <p>Fe = 20 g. X 10 = 200 gr Mn = 2.66 g. X 10 = 26.6 gr Cu = 0.16 g. X 10 = 1.6 gr Zn = 0.26 g. X 10 = 2.6 gr B = 0.46 g. X 10 = 4.6 gr. Mo = 0.7g. X 10 = 7.0 gr.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0.606 gr / lit de KNO₃ • 1.361 gr / lit de KH₂PO₄ 	
	quinto análisis
SALADET	K 10 Cb =37 ppm = meq/lit = 0.94
SALADET	NO ₃ 10 Cb = 200 ppm = meq/lit = 3.225
SALADET	FÓSFORO 10 Cb = 4.58 P ₂ O ₅ = meq/lit = 0.047
SALADET	Ca 10 Cb = mayor a 400 ppm = meq/lit = 20
SALADET	Mg 10 Cb = > 150 ppm = meq/lit = 12.5
SALADET	Fe 10 Cb = 0.6 ppm
SALADET	No se logro leer

	sexto análisis
SALADET	K 22 Cb = 24 ppm = meq/lt = 0.615
SALADET	NO3 22 Cb = 94 ppm = meq/lt = 1.516
SALADET	FÓSFORO = 0
SALADET	Ca = meq/lt = 20 Mg = meq/lt = 12.5
SALADET	Fe = meq/lt = 0
SALADET	Mn = meq/lt = 0

Registro de humedad relativa, humedad del suelo, temperatura, pH y CE realizados durante el desarrollo del cultivo

Cuadro 3a. Humedad relativa registrada en el invernadero durante el manejo del cultivo de tomate saladette silvestre y roma en sistema de cultivo sin suelo y con suelo.

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
HR	78	30	47	44	20	48	51	52	47	44	38	56	52	52	
x	47.07														
	%														
DS	13.15														
Cv	27.95														
	%														

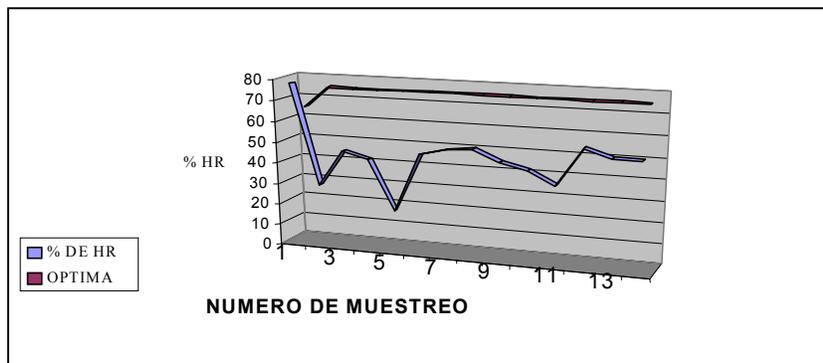


Figura 1a. Porcentaje de humedad relativa presente en el invernadero de horticultura durante el desarrollo del cultivo

Cuadro 4a. Humedad registrada en el cultivo de tomate en sistema de cultivo con suelo en el lado Sur y Norte de la cama.

HUMEDAD A 20 ° C																x	DS	Cv																	
																S	cb	10	32	13	19	15	30	87	62	40	11	39	12	40	10	66	32.4	23.73	73.3%
HUMEDAD A 20 ° C																N	cb	10	14	10	18	14	26	34	21	28	12	24	12	40	10	22	19.6	9.33	47.5%

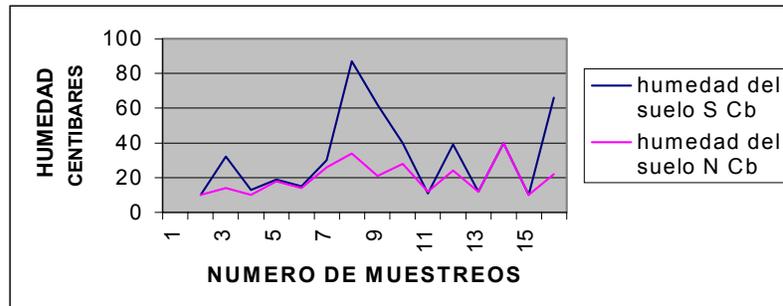


Figura 2a. Humedad registrada en el sistema de cultivo con suelo de tomate en el lado sur y norte de la cama.

Cuadro 5a. Valores de pH y CE del cultivo en suelo durante el desarrollo de las plantas.

							x	DS	Cv						x	DS	Cv		
pH	S	6.8	6.8	6.8	6.6	7.1	6.82	0.17	2.6%	C	S	3.3	3.0	3.3	3.0	3.3	3.18	0.16	5.16%
	N	7.0	7.1	6.8	6.9	7.1	6.98	0.30	2.49%			E	N	2.9	3.6	4.0	3.6	4.0	3.62

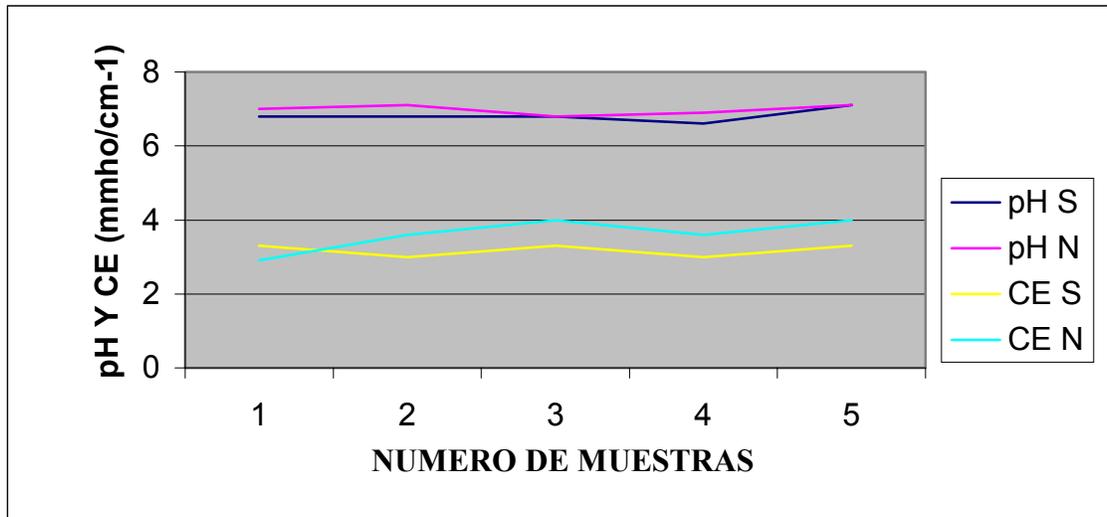


Figura 3a. Registro de pH y CE de la solución del suelo.

Cuadro 6a. Valores de pH del gotero y CE del gotero registrados en el cultivo de tomate en el sistema de cultivo sin suelo.

												x	DS	Cv
PH DEL GOTERO	7.0	6.8	6.1	6.6	6.8	6.5	6.7	7.0	7.0	7.1	6.8	6.76	0.28	4.25%
CE DEL GOTERO	1.5	2.2	1.6	1.6	1.7	2.8	2.6	2.1	4.3	1.3	3.4	2.28	0.93	40.61%

Cuadro 7a. Valores de pH del drenaje y CE del drenaje registrados en el cultivo de tomate en sistema de cultivo sin suelo.

												x	DS	Cv
PH DEL DRENAJE	7.1	6.7	6.7	6.7	6.8	7.0	6.9	7.5	7.0	7.2	7.1	6.9	0.26	37.6%
CE DEL DRENAJE Dsm ⁻¹	1.9	2.0	1.2	1.6	1.7	2.2	3.0	2.7	2.3	2.9	6.0	2.5	1.28	51.12%
% de drenaje transformado arco seno $\sqrt{x} = \%$	40			19.2		25		30		40		5.5	0.83	15.17%

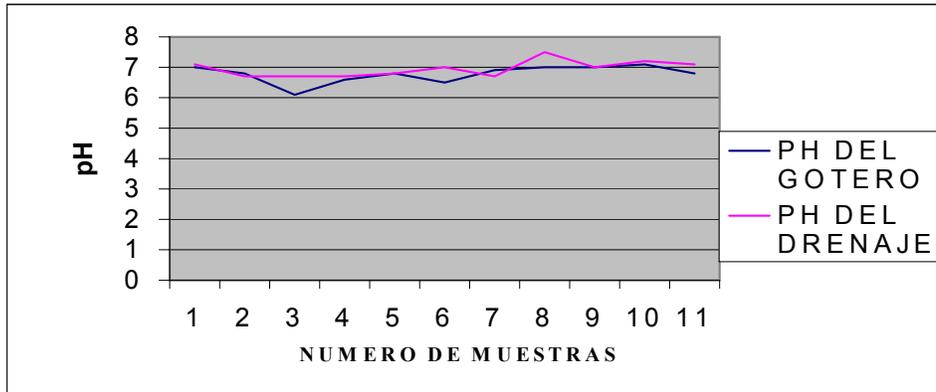


Figura 4a. Comparación del pH del gotero y drenaje

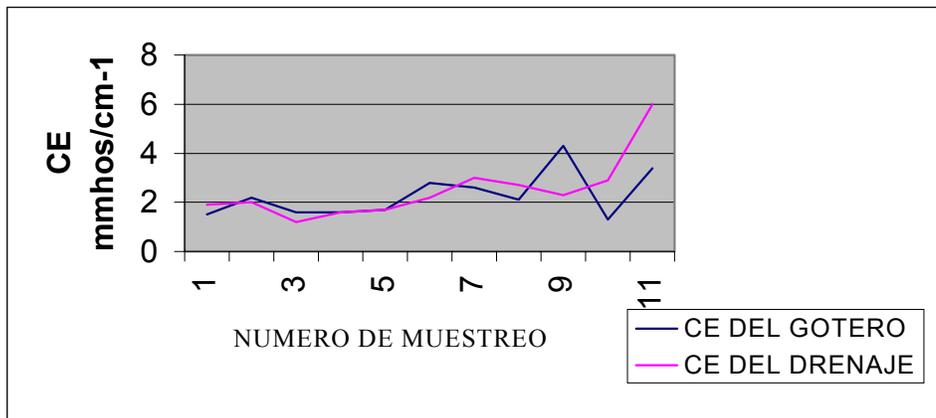


Figura 5a Comparación de la CE en gotero y drenaje

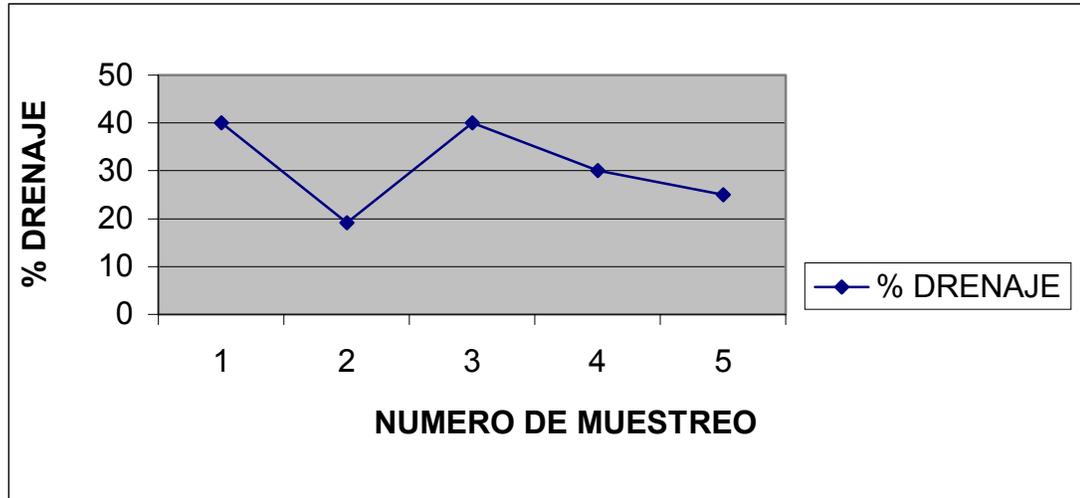


Figura 6a. Resultado del drenaje en el sistema de cultivo sin suelo

Cuadro 8a. Temperatura y humedad relativa registrados del 30/03/03 al 25/05/03 durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette silvestre y roma para el cultivo en suelo y sin suelo.

TEM MAX	TEMP MIN
10°	-5°
28°	10°
29°	12°
32°	12°
32°	16°
32°	14°
36°	14°
26°	4°
36°	7°
34°	10°
34°	6°
38°	14°
34°	16°
36°	13°
36°	26°
36°	16°

36°	16°		
41°	22°		
45°	23°		
40°	12°		
35°	15°		
45 °	12°		
45°	19°		
44°	21°		
40°	19 °		
42°	19°		
\bar{x}	35.46°	\bar{x}	13.96 °
DS	7.34°	DS	6.48°
Cv	20.60 %	Cv	46.48

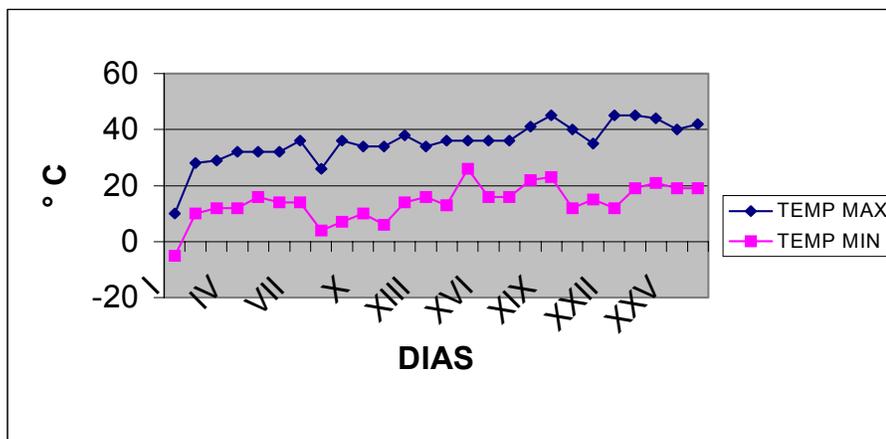


Figura 7a. Registro de temperatura máximas y mínimas durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette.