

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Producción de tomate bola (*Lycopersicon esculentum, Mill*) bajo diferentes sustratos hidropónicos

Por :

Rogelio Vázquez Pérez

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener él título de:

Ingeniero agrónomo en producción

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo del 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Producción de tomate bola(*Lycopersicon esculentum,mill*)
bajo diferentes sustratos hidropónicos**

Realizado por:

Rogelio Vázquez Pérez

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título
de ingeniero Agrónomo en producción**

Aprobada por:

M.C. Leticia Escobedo Bocado

presidente del jurado

**M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía**

BUENAVISTA SALTILLO COAHUILA, MEXICO. MARZO DEL 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Producción de tomate bola (*Lycopersicon esculentum*, Mil)
bajo diferentes sustratos hidropónicos**

Realizado por:

ROGELIO VÁZQUEZ PÉREZ

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

Asesor principal

M.C. Ricardo Requejo López

M.C. Gustavo Olivares Salazar

M.C. Arnoldo Oyervides García

Coordinador de la División de Agronomía

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. MARZO DEL 2004

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	4
Hipótesis	5
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Origen e historia	5
Características botánicas y clasificación	6
Requerimiento climáticos	7
Requerimientos de suelo y fertilización	7
Tipos de crecimiento	8
Densidad de siembra	9
Manejo del cultivo de tomate en suelo	9
Producción de planta. (semillero)	10
Trasplante	11
Poda y entutorado	11
Fertilización	12
Riego	13
Cuajado del fruto	13
Recolección	14
Principales plagas del cultivo de tomate	15
Principales enfermedades del cultivo del tomate	17
Producción de tomate en invernadero	18
Temperatura	19
Iluminación	20
CO ₂	21
Sistemas de cultivo sin suelo	21
Sustratos utilizados en cultivo sin suelo	23
Lana de roca	23

Perlita	24
Fibra de coco	24
Turbas	25
Diseño de la solución nutritiva	25
Manejo de la solución nutritiva en cultivo sin suelo	26
Riego: secuencia y volumen	27
Solución del suelo y complejo absorbente	28
MATERIALES Y MÉTODOS	30
Localización del invernadero	30
Aspectos generales del invernadero	30
Descripción de los tratamientos para cultivo en suelo y sin suelo	31
Germinación y trasplante de tomate bola	31
Trasplante	31
Establecimiento del cultivo sin suelo	32
Fabricación y establecimiento de los sacos	32
Nivelación del área en donde se colocaron los sacos de cultivo	33
Acomodo de sacos en el área de trabajo	33
Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo	34
Preparación de la solución para el cultivo sin suelo	34
Colocación de los goteros a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo	37
Características e instalación del equipo de bombeo del sistema sin suelo	38
Establecimiento del cultivo en suelo	40
Construcción de zanjas para el establecimiento del cultivo en suelo	40
Características físicas del suelo	42

Balance nutricional del suelo	42
Siembra	44
Características e instalación del sensor de humedad	45
Sistema de riego en el cultivo con suelo	46
Dosificación de nutrimentos en el sistema de cultivo con suelo	46
Características e instalación del sensor de humedad relativa, temperatura e intensidad luminica ambiental	46
Características e instalación del sistema de nebulizacion	47
Características del instrumental utilizado en el experimento	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
Factores que se midieron durante el desarrollo del cultivo	50
Temperaturas dentro del invernadero	50
Intensidad lumínica dentro del invernadero	51
Humedad relativa dentro del invernadero	52
pH de la solución nutritiva	54
Conductividad eléctrica de la solución nutritiva	55
Conductividad eléctrica y pH del suelo	56
Humedad del suelo	56
Variables tomadas al final del ciclo del cultivo	56
Altura de las plantas al final del ciclo	57
Diámetro del tallo al final del ciclo	57
Longitud de la raíz al terminar el ciclo	58
Discusión	59
Rendimiento en gramos por planta	59
Diámetros polares de los frutos	61

	Diámetros ecuatoriales de los frutos	61
	Rendimiento por metro cuadrado	62
	Discusión	62
CONCLUSIÓN		65
RESUMEN		66
BIBLIOGRAFIA		68

INDICE DE CUADROS

Cuadro		pagina
Cuadro 1	Clasificación de tomates según su calidad	14
Cuadro 2	Temperaturas para las diferentes etapas fenológicas	19
Cuadro 3	Conversión de lumen por pie cuadrado a luxes	20
Cuadro 4	Solución nutritiva ideal para tomate	34
Cuadro 5	Cálculos para macroelementos	35
Cuadro 6	Cálculos para microelementos	35
Cuadro 7	Modificación de la solución nutritiva ideal para tomate	36
Cuadro 8	Cálculos para macroelementos	36
Cuadro 9	Tiempo de riego para los tratamientos	39
Cuadro 10	Características fisico-químicas del suelo	42
Cuadro 11	Iones presentes en el suelo	42
Cuadro 12	Datos del análisis del suelo	42
Cuadro 13	Características de las camas del cultivo sin suelo	44
Cuadro 14	pH registrados antes de modificar la solución nutritiva	54

Cuadro 15	pH registrados después de modificar la solución nutritiva	54
Cuadro 16	Conductividad eléctrica registrada antes de modificar la solución nutritiva	55
Cuadro 17	Conductividad eléctrica registrada después de modificar la solución nutritiva	55
Cuadro 18	Conductividad eléctrica y pH del suelo	56
Cuadro 19	Humedad del suelo	56
Cuadro 20	Altura de las plantas de tomate bola al momento de la cosecha	57
Cuadro 21	Medición del diámetro del tallo de plantas de tomate bola al momento de la cosecha	58
Cuadro 22	Medición de la longitud de la raíz de plantas de tomate bola al momento de la cosecha	58
Cuadro 23	Rendimiento por metro cuadrado	60
Cuadro 24	Diámetros polares de los frutos	61
Cuadro 25	Diámetros ecuatoriales de los frutos	62
Cuadro 26	Rendimiento por metro cuadrado	62

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Estructura física del invernadero del departamento de horticultura	30
2	Trasplante de plántulas de tomate bola en los sacos de cultivo	32
3	Fabricación de sacos para el cultivo sin suelo	32
4	Nivelación del área del invernadero donde se colocaron los sacos de cultivo sin suelo	33
5	Acomodo de los sacos dentro del invernadero	34
6	Deposito para la solución nutritiva	36
7	Deficiencia de calcio en los frutos “mal de la moneda”	37
8	Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenajes en los sacos de cultivo sin suelo	37
9	Componentes del cabezal de riego	39
10	Construcción de las zanjias para el establecimiento del cultivo en suelo	40
11	Acomodo de la película de plástico negro en la zanjias para el establecimiento del cultivo en suelo	40

12	Zanjas para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unicel para facilitar el drenaje	41
13	Colocación de la segunda capa plástica negra para el establecimiento del cultivo con suelo	41
14	Colocación del chupatubos y extracción de solución del suelo	45
15	Equipo para determinar el contenido de humedad en el suelo	45
16	Temperaturas registradas dentro del invernadero durante el periodo del 23/11/03 al 11/12/03	50
17	Temperaturas registradas dentro del invernadero durante el periodo del 01/11/03 al 11/12/03	51
18	Intensidad luminica durante los días 23/10/03 al 01/11/03	52
19	Intensidad luminica durante los días 01/11/03 al 11/12/03	52
20	Humedad relativa registrada dentro del invernadero durante el periodo de 23/10/03 al 12/11/03	53
21	Humedad relativa registrada dentro del invernadero durante el periodo de 01/11/03 al 11/12/03	53

Introducción

De la gran diversidad de hortalizas que se explotan a nivel nacional, el tomate es la más importante, tanto por superficie de siembra, como por el valor de su producto, además es una planta que tiene un rango de adaptabilidad muy amplio, se cultiva en climas templado y tropical de casi toda la República Mexicana

La actividad productiva de este cultivo es de relevante importancia para México, ya que genera un alto nivel de divisas para nuestro país, utiliza un elevado número de mano de obra y proporciona una derrama económica considerable por el monto de insumos.(Leon,1980)

Las técnicas de producción son muy variables y en los últimos años ha tomado gran auge hacerlo bajo condiciones de invernadero e hidroponía(cultivo sin suelo), con el fin obtener mayores rendimientos y productos de alta calidad y así poder competir en los mercados internacionales. La técnica de producción de cultivo sin suelo ha venido cobrando importancia como una alternativa de producción en la agricultura moderna a escala mundial y también en el país. Sus estructuras y métodos han sufrido cambios muy importantes desde la aparición de los plásticos, revolucionando completamente los cultivos sin suelo. Los países desarrollados ven en ella una alternativa económica para automatizar y programar su agricultura intensiva, principalmente en aquellos cultivos que se cotizan en el mercado, como hortalizas, flores y plantas de ornato. Las técnicas hidropónicas, permiten incrementar la producción de alimentos de origen vegetal, solucionar la restricción de tierras aptas para la producción agrícola y producción aun con agua o mala calidad de la misma. (Sánchez 1988)

La hidroponia, es una tecnología que desarrolla plantas en solución nutritiva(agua con fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, turbas, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta.

Esta técnica tiene dos clasificaciones: la hidroponía líquida no tiene un medio de soporte y la hidroponía en agregado tienen un medio de soporte sólido. Otra clasificación es como sistemas abiertos o a solución perdida (una vez que la solución es aplicada a las raíces de las plantas, esta no es reusada), o cerrados (la solución nutritiva excedente es recuperada, regenerada y reciclada). (Lara, 2000)

Dentro de la hidroponía en agregado destaca el cultivo en sacos de polietileno rellenos de una mezcla de turba y vermiculita o turba y perlita, entre otros sustratos, sellándose los dos extremos, quedando en forma de salchicha. El riego y la nutrición se efectúan de forma automática, por medio de un sistema de goteo por microtubo que se colocan en la parte superior de cada saco y que percolará a través de este; es muy importante cuidar de la solución nutritiva. La relación mutua entre aniones y cationes, CE, pH y temperatura.

En el sistema de cultivo sin suelo, dadas las características del sistema, es posible mantener tanto al aire como al agua dentro del rango óptimo requerido por los cultivos, los nutrientes se proporcionan al cultivo hidropónico junto con el agua, listos para ser asimilados en forma de solución balanceada y con la presión osmótica adecuada. Las inconsistencias en la fertilización y las pérdidas de los fertilizantes en el suelo desaparecen con un sistema de cultivo sin suelo.

Como es bien sabido en los cultivos sin suelo se tienen varios problemas de los cuales destacan el alto costo de los sustratos inorgánicos y la eliminación de estos después de terminar su ciclo de vida útil, impactando negativamente el medio ambiente, especialmente aquellos sustratos que son biodegradables como la lana de roca de la cual se corren rumores en los últimos años de que pudiera ser cancerígena produciendo irritación en la piel. Es por eso que el presente trabajo está enfocado a buscar una mezcla de sustratos hidropónicos que sean más amigables con el medio

ambiente y se adapten a las condiciones de vida del productor mexicano y comparar su rendimiento con el sistema de cultivo en suelo.

Objetivos

- a) Producir tomate bola en un sistema de cultivo sin suelo bajo diferentes mezclas de sustratos, que sean fáciles de conseguir, que posean buena capacidad de retención de humedad y que tengan características físico-químicas definidas.

- b) Producir tomate bola en un sistema en suelo con y sin acolchado aplicando soluciones nutritivas.

- c) Comparar el rendimiento de tomate bola producido en las diferentes mezclas de sustratos bajo el sistema de cultivo sin suelo contra el producido en el suelo

Hipótesis

- 3) Los rendimientos de tomate producido en mezclas de sustratos bajo el sistema de cultivo sin suelo supera a los obtenidos en cultivo en suelo.

- 1) Las mezclas de sustratos hidropónicos a utilizar bajo el sistema de cultivo sin suelo generan rendimientos de tomate diferentes.

- 2) Las plantas de tomate fertilizadas con la solución nutritiva al 100% y acolchado plástico tendrán mayores incrementos tanto en rendimiento como en calidad.

REVISION DE LITERATURA

Origen e historia

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), miembro de la familia de las solanáceas, es una planta nativa de la América tropical, cuyo centro de origen se localiza en la región de los andes, integrado por Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. (León, 1980)

La evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de domesticación del tomate, ya que la utilización de formas domésticas en nuestro país, tiene bastante antigüedad y sus frutos ya eran conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban la parte central y sur de México, antes de la llegada de los españoles. (León, 1980)

El tomate ya era un cultivo bien desarrollado en el nuevo mundo, durante el tiempo de la conquista española. Posteriormente fue llevado a Europa con otras plantas y frutos de origen americano, en el siglo XVI, conociéndose el fruto con el nombre de tomate en España y Portugal, posiblemente influenciado por el nombre que le daban los indígenas en México, que en la lengua nahuatl se le conoce como "tomal" (León, 1980)

Características botánicas y clasificación

Valencia (1981) menciona que el tomate es una planta hermafrodita, autogama, con un 3 a 5 % de fecundación cruzada debido a los insectos; es de consistencia herbácea, perenne, pero es generalmente desarrollada como de ciclo anual, con óptimo crecimiento en el intervalo de temperatura de 16 - 32 °C.

La planta pasa por varios estadios de desarrollo: establecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo, floración y fructificación. El período de establecimiento de la plántula y crecimiento temprano es caracterizado por el desarrollo de un sistema radicular y foliar. El desarrollo vegetativo,

exclusivamente ocurre durante los primeros 42 días, después de los cuales coincide con el desarrollo del fruto. El crecimiento es rápido durante las próximas cuatro semanas, mientras que la planta está floreciendo y fijando el fruto. Después de los 70 días hay un poco de desarrollo en la parte vegetativa de la planta y aumenta la materia seca principalmente en el fruto a una velocidad bastante constante. La maduración del fruto empieza a los 84 días y avanza a la cosecha a los 112 días. La absorción nutricional es continua durante el crecimiento y desarrollo de la planta. Si la disponibilidad nutricional en el medio es limitada, los requerimientos para el desarrollo del fruto serán una función de translocación desde las partes vegetativas en combinación con la absorción de la raíz.

Flores (1980) menciona que el tomate ha sido clasificado de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

SubDivisión: Pteropsidae

Clase: Angiospermae

Subclase: Personatae

Familia: Solanacea

Genero: Lycopersicon

Especie: esculentum

Actualmente se conocen seis especies de *Lycopersicon*:

- 1.- *Lycopersicon esculentum*
- 2.- *Lycopersicon pimpinellifolium*
- 3.- *Lycopersicon hirsutum*
- 4.- *Lycopersicon cheesmani*
- 5.- *Lycopersicon peruvianum*
- 6.- *Lycopersicon glandulosum*

Requerimientos Climáticos

El tomate prospera en climas cálidos soleados. No tolera fríos ni heladas, requiere un período mayor de 110 días con temperaturas favorables que oscilan entre 21 y 24 °C, aunque se puede producir entre los 18 a 25 °C, cuando la temperatura media mensual pasa los 27 °C, las plantas de tomate no prosperan. Altas temperaturas y vientos secos dañan las flores y entonces el fruto no cuaja bien. Esto sucede también cuando las flores abren a temperaturas frías. Varias horas a menos de 15 °C de noche, o aun 37 °C de día, pueden evitar una polinización adecuada. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuajamiento, pues debe ser lo suficientemente fresca(entre 15 y 22°C para muchos cultivares) pero no demasiado bajas porque ello puede resultar en frutos de forma irregular.

La temperatura óptima diaria para el desarrollo del mejor color rojo de los tomates esta entre los 18 y 24 °C; cuando la temperatura pasa de los límites de 26 a 29 °C considerados en si como desfavorables, se acentúa aun el amarillamiento de la fruta. La maduración puede ser normal con temperatura promedio de 15 °C durante 95 horas en la semana anterior a la cosecha (Casseres, 1981)

Requerimientos de suelo y fertilización

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 siliceo - arcilla y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. en cuanto al pH el tomate se desarrolla mejor en suelos con pH 5 - 7 aunque admite valores máximos como ocurre en suelos calizos; los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados (Sánchez, 2001)

El tomate es la especie cultivada en invernaderos que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Nuez et al. 1999). es una planta moderadamente tolerante a las condiciones de C.E en un

rango de 3 -5 mmho /cm teniendo como un máximo, 10 mmho/cm.(Sánchez, 2001)

Tipos de crecimiento

Sánchez (2001), clasifica los hábitos de crecimiento del tomate en cuatro categorías, en los que difieren por la localización de los racimos florales así como la relación de estos contra los foliolos; estos son:

Hábito indeterminado.

Este crecimiento se identifica con la relación 1:3; consiste en 1 racimo floral y 3 foliolos consecuentes. En esta clasificación los materiales pueden durar varios meses según el tipo de manejo como lo son: podas, nutrición y saneamiento que se le dé. Es común el manejo a 5 tallos.

Hábito semi-indeterminado.

Sigue la misma relación 1: 3 que presenta el indeterminado con la diferencia que el crecimiento y desarrollo es mas lento y además es común en éste el manejo a 3 tallos.

Hábito determinado.

Se identifica con la relación 1:2;es decir, consta de 1 racimo floral por 2 foliolos consecuentes. El período de producción es mas reducida y compacta; el manejo a 2 tallos es común en esta clasificación.

Hábito tipo compacto.

su relación es 1:1; un racimo floral por 1 foliolo. El desarrollo es lento y el crecimiento en longitud es de talla pequeña. El manejo es a un tallo porque su producción es a mayor densidad por unidad de superficie.

Densidad de población

Nuez, (1999), menciona que cuando se utilizan cultivares de porte muy determinado y de poco vigor la densidad de plantación debe ser de al menos 40,000 plantas/ha; para el resto de los cultivares la densidad de plantación no debe de bajar de las 30,000 plantas/ ha.

Nisen et al.(1990), citado por Nuez (1999), hace referencia a cultivos protegidos y menciona que la densidad de plantación más frecuente es de 2.5 a 3.5 plantas/m² según variedad, fertilidad de suelo, salinidad del suelo y agua de riego.

La mayoría de las publicaciones sobre tomate en invernadero recomiendan asignar 0.28-0.37 m² por planta en los cultivos tradicionales; esto representa 36,300 - 27225 plantas /ha. Las plantas se colocan en una doble fila por bancada con separación de 40-50 cm entre filas y de 30-36 cm entre plantas. El marco preciso es en función de las condiciones de luz, cuanto mayor sea la intensidad lumínica mayor será la densidad y viceversa (Resh, 1997).

Manejo del cultivo de tomate en suelo

Preparación del terreno. Es necesario efectuar una buena preparación para que quede bien mullida la tierra y las raíces se desarrollen perfectamente.

Sistema de siembra. Básicamente existen 2 sistemas: siembra directa y siembra en almácigos para trasplante.

Trasplante. Se realiza cuando la planta tenga 3 hojas verdaderas y una altura de 15 cm.

Entutorado. Los métodos culturales son tomados en cuenta en la actualidad, utilizándose en los cultivos de tomate de hábito indeterminado y determinado, ya que la planta requiere de un soporte durante su crecimiento.

Podas. Esta práctica se realiza con el fin de obtener mayor productividad por planta.

Fertilización. Depende de las necesidades del cultivo y el suelo.

Riegos. La aplicación del agua en el cultivo de tomate ha de ser cuidadosa, debido a que tanto la sequía como el exceso de agua repercuten en la calidad.

Plagas y Enfermedades. Se encuentran presentes durante todo el ciclo, por eso es importante eliminar todos los hospederos que existan alrededor.

Cosecha. Se cosecha según sea el mercado o consumo, variando en el grado de madurez. (León, 1980)

Producción de planta.(semillero)

Debido al elevado costo de la semilla para la producción de las diversas especies de hortalizas, últimamente se le ha dado una gran importancia a este concepto, tratando de darle las condiciones óptimas.

La semilla de tomate se siembra en cajas con vermiculita, peat moss, o perlita sola, se meten en la cámara de germinación a 29.5°C , a los tres días se sacan, que es cuando comienzan a emerger las plántulas, el ciclo del semillero es de aproximadamente 30 días, esto va a depender de la época del año, ya que en temporadas que hace más calor la plántula se desarrolla más rápido, puede tener una ventaja hasta de 10 días en comparación a los tiempos de frío(Escudero, 1999).

Trasplante

El trasplante es muy importante, por ende, debemos hacerlo con mucho cuidado, evitando cualquier detención en el crecimiento, tratando de no dañar las raíces, por eso es más recomendable hacerlo con todo y el cepellón que realizarlo a raíz desnuda, ya que puede minimizar esta diferencia, es muy importante también que no lleven ningún fruto cuajado, ya que esto detendría el crecimiento de la planta. La planta debe durar mas o menos de 40 - 45 días en charola, o hasta que tenga de 4-5 hojas verdaderas (Resh, 1997).

Poda y Entutorado

El tomate requiere ser podado, ya que esta práctica incrementa el rendimiento y calidad, pues al realizarse adecuadamente recibe suficiente sol y aire, lo que ayuda también al control de enfermedades (Tiscornia , 1989)

La poda tiende a incrementar la producción temprana y a aumentar el tamaño del fruto, pero eleva el número de frutos rajados por lo que la producción total tiende a reducirse.

Existen varios tipos de podas, siendo las más comunes a un tallo y dos tallos:

Poda a un tallo

La poda a un tallo según Rodríguez, (1997), consiste en la eliminación de todos los brotes axilares del tallo principal, dejando solamente las hojas y los racimos hasta llegar a la parte superior del sistema de conducción o entutorado (2m).

Poda a dos tallos

Rodríguez, (1997), dice que este sistema de poda también es conocido como poda en "Horqueta" y consiste en eliminar todos los brotes axilares, excepto el que sale por debajo del primer racimo, el cual se dejará como segundo tallo principal.

Poda de hojas

Serrano, (1989), opina que cuando el follaje es muy intenso conviene hacer una poda de hojas, ya que con ello se aumenta la iluminación y se mejora la aireación. sin ser excesivo, pues en algunos casos puede provocar desequilibrios vegetativos que afectan a la producción o la calidad del producto.

Entutorado

Se argumenta que muchas hortalizas y ornamentales requieren de sostén para desarrollarse adecuadamente, por el peso del fruto, para solucionar dicho problema se emplean los tutores de madera o bien de alambre o rafia; estos pueden ser en forma individual o colectivos.(López, 1994)

Fertilización

La fertilización, es uno de los factores controlables de la producción de tomate que influye marcadamente en el abatimiento de los rendimientos cuando no se efectúa eficientemente; los nutrimentos requeridos en mayores cantidades son: fósforo, nitrógeno y potasio, los cuales se sugiere se apliquen en relación 1:1:0.5. Con respecto a los elementos secundarios, no obstante que en la región predominen suelos alcalinos, en donde se observa suficiencia de calcio, magnesio y azufre, es conveniente analizar con mas detenimiento su dosificación. (león, 1980)

Riego

Alpini (1999), menciona que entre las sustancias necesarias para el crecimiento de las plantas, el agua es, sin lugar a dudas, la que se utiliza en mayor medida, sin embargo, menos del 5% de ésta penetra en las plantas y es retenida en los tejidos, ya que la mayor parte de ella pasa a la atmósfera por medio de la transpiración de las hojas.

Una vez que se ha efectuado el trasplante, deberán comenzarse los ciclos de fertirrigación o abonado. En cultivos bajo invernadero es necesario utilizar riegos presurizados de alta frecuencia (goteros).

El tiempo entre los ciclos de riego depende de diversos factores, como época del año, temperatura, medio de cultivo, etapa fenológica, conductividad eléctrica del agua de riego, caudal del gotero y eficiencia del riego. (Resh, 1997)

Cuajado del fruto

Andrés (1997), dice que una vez que se realiza la antesis floral, la flor se mantiene abierta durante aproximadamente 7 días, luego se reduce la síntesis de auxinas naturales en la flor y de no mediar la fertilización y fecundación, se desencadena la abscisión floral por el gradiente auxínico entre la flor y el pedúnculo floral; de producirse la fecundación el ovario en crecimiento y también la semilla producen las auxinas necesarias para prevenir la caída de la flor.

Los factores que estimulan la caída de flores son: temperaturas extremas (altas o bajas), falta de viento, luminosidad escasa, estrés hídrico y exceso de nitrógeno; cuando las temperaturas nocturnas son inferiores a 13 °C, no se produce polen, no se lleva a cabo la fecundación y luego de 7 días se produce

la antesis floral, disminuye la síntesis de auxinas, la flor se cae. Temperaturas superiores a 35 °C esterilizan el polen y también la flor se cae.

Si los problemas se dan por la falta de viento, luminosidad escasa y exceso de nitrógeno, hay soluciones fáciles y sencillas, pero si el problema radica en temperaturas bajas, la solución ideal es la aplicación de auxinas, como el ácido naftalen glicólico a razón de 50 ppm una vez por semana a todas las flores abiertas.

Recolección

Los índices de madurez y cosecha para el mercado local de tomate se describen a continuación, el tomate es cosechado cuando esta rosado o parcialmente rojo y el de exportación debe cosecharse antes de que tome la coloración rosa, es decir verde (López, 1994)

Cuadro 1. Clasificación de tomates según calidad

Características	Especificaciones
Firmeza de los frutos	Puede ser consistente, esponjoso y flácida
Limpieza	Los frutos deben estar libres de polvo, tierra o residuos de pesticidas
Uniformidad en maduración y tamaño	Solo se permite limitado porcentaje de defectos
Forma de los frutos	Las hendiduras o deformaciones influyen en la calidad
Sanidad.	Este aspecto incluye entre otros la presencia de daño por plagas, enfermedades, heladas y por exposiciones al sol

Principales plagas del cultivo del tomate

El tomate, por ser una planta de consistencia suculenta es muy atractiva para una gran gama de insectos plaga, que le producen severos daños que impactan su desarrollo y rendimiento.

Gusano alfiler(*Keiferia lycopersicella*).

Este insecto es del orden Lepidoptera, de la familia Gelechiidae. El adulto es de color café sucio, mide aproximadamente 5 milímetros de longitud, deposita los huevecillos tanto en el haz como en el envés de las hojas y en los tallos; la emergencia de la larva varía de 4 a 10 días, esta es de color liliáceo; para alimentarse se introduce a las hojas abriendo una mina y al avanzar la galería adquiere forma de hoz o herradura; por lo general esto sucede durante los dos primeros estadios, frecuentemente en el tercero se introduce al fruto por el pedúnculo o produce doblamiento en las hojas con la finalidad de protegerse.

Gusano del fruto (*Heliothis virescens*. y *Heliothis Zea*).

Esta plaga pertenece al orden lepidoptera y a la familia Noctuidae. El adulto de la primera especie es una palomilla que mide aproximadamente 2 centímetros de longitud y en las alas superiores presenta tres bandas oblicuas de color verde, diferenciándose la segunda especie en las alas superiores que presentan un punto negro por ser un poco más grande. La larva en su máximo desarrollo alcanza a medir 4 centímetros de longitud, siendo de varios colores y en los costados presenta unas bandas longitudinales de color blanco con puntos negros.

Las larvas causan perforaciones en el follaje y una sola larva ataca varios frutos, dejándolos fuera de comercialización.

Gusano soldado (*Spodoptora exigua*).

Esta plaga pertenece al orden Lepidoptera, de la familia Noctuidae. El adulto es una palomilla chica de color café grisaseo, mide 1.5 milímetros de longitud y depositan los huevecillos en masa en el follaje; al eclosionar se encuentra en grupos alimentándose y durante los siguientes estadios larvarios emigran a otras plantas; por lo general el daño principal lo ocasiona en el follaje, pero se ha encontrado alimentándose de frutos.

Trips(*Frankliniella occidentales*).

Las larvas y adultos de los trips se alimentan de las células vegetales, sobre todo del envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego toman coloración marrón (se necrosan). Estos síntomas de alimentación pueden apreciarse cuando afectan a frutos (sobre todo de pimiento) y cuando son muy extensos en las hojas.

Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, flores y frutos. Tienen gran apetencia por colonizar las flores donde se localizan los máximos de población de adultos y larvas nacidas de las puestas allí realizadas.

El daño más importante causado por esta plaga es el daño indirecto por transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV) que puede afectar a plantaciones de pimiento, tomate, judía y lechuga.

Mosquita blanca (*Bemesia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*).

Los daños directos son producidos por alimentación de larvas y adultos, al absorber la savia de las hojas, ocasionando síntomas de amarilleamiento y debilitamiento de las plantas.

Los daños indirectos son ocasionados por la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, que manchan y deprecian los frutos y

dificultan el normal desarrollo de las plantas. Los daños anteriores y daños directos son importantes con altos niveles de población.

Principales enfermedades del cultivo del tomate.

Secadera o damping off (*Pythium spp*, *Rhizoctonia spp*, *Fusarium spp* y, *Phytophthora spp*.)

Es una enfermedad que puede presentarse durante la pre y post emergencia de las plántulas de Chile. En el primero de los casos se nota por fallas en la germinación y se encuentran las semillas con podredumbre húmeda. En el segundo de los casos, las plantas presentan una constricción a nivel del cuello con necrosis de tejidos que toman un color pardo. El complejo de agentes causales incluye hongos, que normalmente habitan en el suelo.

Tizón tardío (Phytophthora infestans.)

Esta enfermedad se presenta cuando se producen los cambios bruscos de temperatura y humedad. Es decir, climas fríos con presencia de lluvias favorecen el desarrollo de esta enfermedad. Temperaturas de 4 a 26 °C aceleran la germinación de las esporas, las cuales no prosperan a temperaturas de 25 a 28 °C en climas secos, pero una vez que la enfermedad se ha desarrollado en la planta, esta se incrementa con mayor rapidéz a temperaturas que oscilan entre 20 a 25 °C. Esta enfermedad se presenta más en los meses frescos y lluviosos, septiembre a diciembre, daña las hojas, frutos y tallos; la única parte de la planta en donde no se presenta es en las raíces.

En las hojas se manifiesta inicialmente con la presencia de manchas acuosas circulares e irregulares, que terminan en necrosis de tejido en las puntas o bordes de las hojas inferiores.

Tizón temprano (*Alternaria solanil*)

Sobrevive en remanentes infectados en el suelo, la infección primaria es mas frecuente debido al hongo que se encuentra en el suelo y que prospera en los días lluviosos o húmedos con temperaturas alrededor de 24 °C. El tizón temprano, causa gangrena en el tallo de las plantas de tomate y si se deja avanzar podría producir la muerte de las plantas en el campo.(Sánchez, 2001).

Inicialmente se pensaba que la técnica de los cultivos sin suelo, iba a evitar las infecciones que habitualmente ocurrían en los cultivos convencionales, sin embargo, esto no ha sido así. Al transferir una planta que crece en un suelo y, por tanto, desarrolla un equilibrio frente a acciones físico-químicas y biológicas, a un medio donde existe un vacío biológico, se ha incrementado la posibilidad de epidemias, por tanto, la mayoría de los agentes patógenos que afectan a la raíz en los cultivos con suelo, existen también en los cultivos sin suelo.(Calderón, 2001).

Producción de tomate en invernadero

La principal meta de producir bajo invernadero es proporcionarle a las plantas de tomate las condiciones óptimas para su desarrollo y por ende obtener los mayores rendimientos. en el cultivo del tomate las limitantes de productividad del cultivo están determinadas por la potencialidad genotípica y por las condiciones ambientales, la gran diferencia existente entre el rendimiento máximo y el medio de un cultivo indica que la variedad de plantas cultivadas poseen ya una potencialidad productiva muy alta y que muy raras veces logra expresarse de manera plena, entre las causas que lo impiden estan las enfermedades y parásitos, que se desarrollan cuando las condiciones predominantes climáticas les son favorables, en este sentido podemos afirmar que los invernaderos representan la tentativa de acercar o incrementar el rendimiento del cultivo de tomate al máximo consentido por la expresión del genotipo, al eliminar la

aleatoriedad del clima y acercar el ambiente a las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas (Alpini, 1999).

Los cultivos protegidos han sufrido en los últimos años una profunda transformación, desde el punto de vista tecnológico, la climatización del invernadero consiste en la regulación de la temperatura y de otros parámetros ambientales como son: luz (iluminación), humedad relativa, CO₂, creándole un ambiente agradable a la planta, para obtener como respuesta del cultivo un desarrollo adecuado y, por consiguiente, se logra una mayor productividad. (Alpini, 1999).

Temperatura

La temperatura del invernadero viene determinada por la radiación infrarroja corta, que al incidir sobre terreno y plantas los calienta, la radiación infrarroja larga, que calienta la cubierta y por fin, la radiación emitida por cubierta, terreno y plantas debido a su aumento de temperatura.

Durante el desarrollo de la planta, la temperatura juega un papel muy importante, ya que el frío, durante las primeras etapas de crecimiento, puede estimular a las plantas a producir más yemas, tanto vegetativas como de floración.

Las principales exigencias de temperaturas se enlistan a continuación:

Cuadro 2. Temperaturas para las diferentes etapas fenológicas.

Condiciones	Temperatura (°C)
Temperatura mínima de germinación	9 -10
Temperatura óptima de germinación	25 -30
Temperatura máxima de germinación	35
Temperatura óptima del sustrato	15 -20
Temperatura óptima del día	23 - 26
Temperatura óptima de la noche	13 - 16
Temperatura mínima letal	-2 - 0

Temperatura mínima biología	8 - 10
Temperatura floración / fecundación día	23 - 26
Temperatura floración / fecundación noche	15 - 18
Temperatura de maduración a rojo	15 - 22
Temperatura de maduración a amarillo	Mas de 35

Iluminación

La energía solar radiante es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior de un invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO₂, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo.

Sánchez (2001), menciona que la concentración óptima de iluminación es de 10,000 y 15,000 lux. la siguiente tabla muestra la transformación de luxes a lumen por pie cuadrado.

Cuadro 3. Conversión de lumen por pie cuadrado a luxes.

Medida	Unidades	Símbolo	Conversión
Intensidad luminosa	Candela	cd	Cd = lm/sr
Flujo luminoso	Lumen	lm	Lm = cd/sr
Iluminación	Lumen por pie cuadrado	lm/ ft ²	1 lm/ ft ² = 10.79 lm/m ²
	Pie candela =	fc o ft cd	1fc = 10.76 lx
	Phot = lm/cm ²	phot	1 Phot = 10 - 4 lx 1 Phot = 0.929 fc
	Nox = millilux	Nox	1 Nox = 10 - 3 lx

	m- candle lux	= m- cd	1 m- cd = 1 lm/ m ² = 1 lx
--	------------------	---------	--

Fuente(www.idelec.com/proyectopanel/Documentos/20luminica.doc) intensidad %

Cálculos de conversión de lumen por metro cuadrado a luxes.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ m-cd} \text{ ----- } 1 \text{ lm /m}^2$$

$$10000 \text{ lux} \text{ ----- } 10000 \text{ lm /m}^2$$

$$1 \text{ lm/ft}^2 \text{ ----- } 10.97 \text{ lm/m}^2$$

$$926.78 \text{ lm/ft}^2 \text{ ----- } 10000 \text{ lm /m}^2$$

$$1 \text{ lm/ft}^2 \text{ ----- } 10.97 \text{ lm/m}^2$$

$$1390.17 \text{ lm/ft}^2 \text{ ----- } 15 \text{ 000 lm/m}^2$$

926.78 - 1390.17 lm/ft², es el rango de iluminación ideal para el tomate, expresado en lumenes por pie cuadrado.

CO₂

El CO₂ atmosférico es la fuente de carbono para la planta, que la fija y la reduce a carbohidratos tras la expulsión del gas por los estomas, la concentración óptima del gas para la planta de tomate esta entre 1000 - 3000 ppm de CO₂, pudiéndose aplicar en sistemas presurizados (cintilla y goteros). (Alpine, 1999).

Sistema de cultivo sin suelo.

Dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: 1) cultivos en sustrato; 2) cultivos en agua (hidropónicos) y 3) cultivos en aire (aeropónicos).

Los cultivos realizados en un sustrato, según el manejo al que se ven sometidos, pueden funcionar por inundación periódica del sustrato, ya sea por subirrigación, con recogida del retorno en la misma donde se guarda la solución nutritiva, o distribuyendo la solución nutritiva mediante sistemas de goteo.

Los sustratos que se caracterizan por su baja capacidad para retener el agua y los nutrientes (grava, perlita) requieren un aporte de agua y soluciones nutritivas casi continuo. Los sistemas más utilizados (lana de roca, perlita, fibra de coco, arena), que se caracterizan por su mayor capacidad de retención de agua, permiten utilizar riegos menos frecuentes. De los tres sistemas descritos, los dos primeros trabajan en circuito cerrado, mientras que el tercero puede trabajar en circuito abierto o cerrado.

En la conducción del cultivo sin suelo al igual que el cultivo en suelo, se controlan todos los factores que interactúan con el rendimiento, solo que por medio de esta técnica es más eficaz el control de los factores relacionados con la nutrición de la planta, teniendo la ventaja de que se puede modificar más rápidamente el pH, C.E. del medio donde se desarrolla la raíz y por ende un control total sobre la nutrición de la planta.

Según Sánchez (1989), el sistema de cultivo sin suelo consta de los siguientes componentes: plantas, solución nutritiva, contenedores (sacos de cultivo), sustratos, sistema de riego, los cuales a continuación se describen:

Plantas: técnicamente se puede cultivar cualquier planta en hidroponía, pero en la práctica comercial solo se manejan cultivos de alto valor económico como tomate, pimientos, flores, etc.

Solución nutritiva. Es la disolución de diversos fertilizantes en el agua.

Contenedores(sacos de cultivo): deben utilizarse contenedores que no reaccionen con la solución nutritiva. de preferencia contenedores de polietileno, pvc, etc.

Sustrato: existe una gran variedad de sustratos que se pueden utilizar, pero la elección de este dependerá del tipo de agua de riego, la automatización del invernadero o tipo de invernadero. Para cielo abierto se considera el clima de esa región.

Sistema de riego: para este caso debe ser automatizado y de alta frecuencia (riego localizado).

Sustratos utilizados en cultivo sin suelo

Se define como sustrato a todo material sólido distinto al suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Abad, 1993).

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

Lana de roca.

Es un producto mineral transformado industrialmente por temperaturas elevadas, se trata de un silicato de Al (aluminio) con presencia de Ca (calcio) y Mg (magnesio) y trazas de hierro (Fe) y manganeso (Mn). Este sustrato se utiliza principalmente en países europeos como Holanda, Francia, Reino Unido o Dinamarca. Es un material con una porosidad total elevada (superior al 95%), una alta capacidad de retención de agua fácilmente disponible y gran aireación; sin embargo, desde el punto de vista químico, es prácticamente inerte, sin ninguna

capacidad tampón, lo que exige un perfecto control de la nutrición hídrica y mineral, por otro lado, presenta el problema de la eliminación de residuos, una vez finalizada su vida útil. En los últimos años se ha extendido el rumor de que la lana de roca pudiera ser cancerígena y producir irritaciones en la piel, pero ambos efectos no están demostrados científicamente.

Perlita.

Se trata de un silicato de aluminio de origen volcánico, se comercializa bajo distintos tipos que se diferencian en la distribución del tamaño de sus partículas y en su densidad. Presenta buenas propiedades físicas, sobre todo el tipo denominado B-12, lo que facilita el manejo del riego y minimiza los riesgos de asfixia o déficit hídrico. Numerosos artículos muestran los buenos rendimientos de la perlita, empleada como sustrato, en la producción de los cultivos. Un estudio comparativo de perlita, lana de roca y arena en la producción y calidad del melón, mostró resultados similares al emplear perlita o lana de roca. (Guler *et al.*, 1995 citado por Calderón 2001). No obstante, existe un inconveniente, la posibilidad de degradación durante el ciclo de cultivo, perdiendo su estabilidad granulométrica, lo que puede favorecer un anegamiento en el interior del recipiente, aún así, su bajo coste hace que en los últimos años se haya incrementado la superficie dedicada al cultivo en sacos de perlita. (Calderón 2001)

Fibra de coco

Este producto se obtiene de fibras 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 lavado antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

Turbas.

Están formadas por restos de musgos y otras plantas superiores que se hallan en proceso de carbonización lenta, fuera del contacto con el oxígeno, a causa de un exceso de agua, por lo que conservan largo tiempo su estructura anatómica. Los residuos vegetales pueden depositarse en diferentes ecosistemas lo que daría lugar a la formación de dos tipos de turba: *Sphagnum* u *oligotróficas* y *herbáceas* o *eutróficas*. Las turbas *Sphagnum* son los componentes orgánicos más utilizados en la actualidad para medios de cultivos que crecen en macetas, debido a sus excelentes propiedades físico-químicas, sin embargo y a pesar de que durante casi 30 años las turbas han sido los materiales más utilizados como sustratos, en los últimos tiempos han sido sustituidos por los inorgánicos debido a alteraciones microbiológicas e interacciones con la disolución nutritiva, rápida descomposición, aireación reducida, etc, además las reservas de turba son limitadas y no renovables, por lo que su uso indiscriminado puede originar un impacto medioambiental de importancia.

Diseño de la solución nutritiva

González (1999), menciona que el diseño de la solución nutritiva se basa en un equilibrio previo entre los nutrientes procedentes del agua y los valores óptimos para ese cultivo, la diferencia entre ambos será el aporte adecuado para que la planta desarrolle perfectamente.

Cuidando la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, es decir, al sumar los cationes nos dé la misma cantidad que los aniones sumados, los cuales deben corresponder a la demanda de la planta, modificándose esta relación según la etapa fenológica de la planta. (Lara, 2000). otro factor que hay que cuidar mucho, es la concentración de la solución ya que puede ser peligrosa si rebasa las 2000 ppm, ya que las raíces absorben sus nutrientes diluidos gracias a un fenómeno físico denominado presión osmótica, este fenómeno se refiere al movimiento del líquido que se efectúa en la dirección de

la solución más concentrada (hacia donde hay más sales disueltas); si la solución más concentrada se encuentra fuera de la raíz, habrá un movimiento de líquido en esa dirección y por lo tanto la planta se deshidrata (Sánchez, 1989).

La calidad del agua tiene una gran influencia en el diseño, ya que las aguas con una concentración de sólidos totales presentes que sobrepasen 3,000 ppm, no se deben usar en hidroponía, salvo casos muy especiales.

Manejo de la solución nutritiva en cultivo sin suelo

Burgueño (1999), cita que la solución nutritiva es el componente fundamental de los cultivos en sustrato bajo invernaderos, y que además constituye el único vector de la alimentación hidromineral de los vegetales, la cual varía según la etapa fenológica y especie cultivada. La composición química de la misma se determina por las proporciones relativas de cationes y aniones; la concentración total de iones se expresa en CE siendo la óptima de 2.5 – 3 dsm^{-1} y por el pH; que determina la disponibilidad de elementos nutritivos, ya que un pH alto o bajo reducirá la disponibilidad de nutrientes, siendo un pH óptimo de 5.5 – 6.

Calderón (2001), menciona que un pH levemente ácido reduce la disponibilidad de Mn, Cu, Zn y especialmente Fe, en pH más altos, se registra una disminución pequeña de la disponibilidad de P, K, Ca y Mg.

Lara (2000), opina que el parámetro que pocas veces se toma en cuenta es la temperatura de la solución nutritiva, la cual influye en la disponibilidad de nutrientes, siendo la óptima de 22 °C y la mínima de 15 °C, además cita que un manejo inapropiado de la solución, afecta la nutrición de la planta y por ende el rendimiento y calidad del fruto.

Otra actividad que recomienda Burgueño (1999), es realizar un muestreo de drenaje(midiendo la cantidad drenada y comparándola con la cantidad

aportada) de la solución, en la mañana, antes del primer riego, esto con el fin de medir pH y C E.

Riego: secuencias y volumen

En estos sistemas de cultivo sin suelo hay una gran diferencia con el riego tradicional, ya que al momento de regar se fertiliza el cultivo. El tiempo entre ciclos de riego depende de un número de factores como son: época del año, temperatura, medio de cultivo, etapa fenológica, conductividad eléctrica del agua de riego, drenaje, etc.

Burgueño (1999), considera que en cultivos en sustrato con soluciones perdidas, que la cantidad de agua drenada deberá oscilar entre el 7 y 15 % de la aportación, variando el tiempo de riego entre 2 a 10 minutos, el programador de horario es el método más sencillo e ineficaz, ya que no se toman en cuenta las variaciones del clima, sobre todo en un invernadero semiautomatizado, siendo las bandejas de demanda las más eficientes puesto que se toman en cuenta las variaciones del clima y drenaje, pero presenta dificultad al momento de manejarla.

Antes de efectuarse el trasplante se satura el sustrato con la solución nutritiva y después se abren las salidas del drenaje por las cuales se liberan los sobrantes, quedando el sustrato completamente mojado para efectuarse el trasplante.

Durante los primeros días de desarrollo, hasta la segunda semana, el riego será de control manual, para facilitar el enraizamiento; cuando la planta tiene un buen porte el riego se conecta al riego automatizado, poniendo atención en la fertirrigación y manejo cultural que a cualquier planta de tomate se le practica. Debemos tomar en cuenta algunos factores para mayor seguridad.

- Riego. Verificar que los goteros tengan una descarga uniforme y al mismo tiempo, para realizar esta tarea se colocan recipientes al azar en los goteros y drenajes, para comprobar el volumen con el drenaje.
- Drenaje. Se checa que el drenaje registrado coincida de acuerdo a la CE que requiere el cultivo.
- Análisis químico del agua. Debe realizarse por lo menos cada semana y antes de establecer el cultivo analizando CE y pH .

Solución del suelo y complejo adsorbente

Resh (1997), menciona que las plantas obtienen normalmente sus necesidades de agua y elementos minerales a partir del suelo. El agua del suelo se obtiene de los poros del suelo y junto con las sales que se encuentran disueltas en ellas dan lugar a las soluciones del suelo, que son muy importantes como medio para suministrar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. El aire del suelo está también situado en los poros de éste y tiene un mayor contenido de dióxido de carbono y menor de oxígeno del que se encuentra normalmente en la atmósfera. El aire del suelo es muy importante para suministrar el oxígeno y el dióxido de carbono a todos los organismos del suelo y también a las raíces de las plantas.

La posibilidad del suelo de suministrar una nutrición adecuada a las plantas depende de cuatro factores: 1) la cantidad de los diversos elementos esenciales presentes en el suelo; 2) sus formas y combinación; 3) el proceso por el cual estos elementos se convierten en utilizables para las plantas y 4) la solución del suelo y su pH. La cantidad de los diversos elementos presentes en el suelo dependerá de la naturaleza de éste y del contenido de materia orgánica, puesto que esta es la fuente de muchos de los elementos nutricionales. Los nutrientes en suelo existen en forma de compuestos insolubles simples. usualmente solubles en el agua del suelo y listos para ser

utilizados por las plantas. Las formas complejas deberán ser rotas por descomposición, para ayudar a las plantas.

Cuando las sales inorgánicas están colocadas en una solución diluída, se disocian en unidades cargadas eléctricamente llamadas iones. Estos iones son disponibles para las plantas a partir de la superficie de los coloides del suelo y también de las sales en la solución. Las raíces de las plantas y pelos radicales de estas están en un íntimo contacto con la superficie de los coloides del suelo.

Los iones se intercambian entre los coloides del suelo y la solución del suelo; este movimiento de iones tiene lugar entre la superficie de las raíces de las plantas y los coloides del suelo, así como entre estas raíces y la solución del suelo en una y otra dirección.

MATERIALES Y METODOS

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 cordenas son 25 ° 02" 0 latitud norte y 101° 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 manualmente por medio de cables y malacates; ambas ventilaciones incluyen mallas antiáfidos 40*20 en cortinas y 25*25 en ventilas cenitales, cuenta con canalones estructurales de una pieza fabricada en campo (con gran facilidad y rapidéz de ensamblar), las cortinas van enrollándose en los cenitales y en el perímetro permite 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 y una carga de cultivo de 18 kg/m² (Figura 1).



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

Descripción de los tratamientos para cultivos en suelo y sin suelo

T1.- Perlita mas turba mas turba (sacos con 7.5 litros de turba y 22.5 con perlita recubiertos con una tela absorbente).

T2.- Perlita mas turba (sacos con 7.5 litros de turba y 22.5 con perlita).

T3.- Perlita mas tela (sacos con 30 litros de perlita recubiertos con una tela absorbente)

T4.- Suelo fertirrigado con una solución hidropónica al 50%(sin acolchado)

T5.- Suelo fertirrigado con una solución hidropónica al 100%(con acolchado amarillo).

Los tratamientos **T1,T2 Y T3** los conformaron 3 líneas de 5 sacos cada una y en cada línea 30 plantas.

Germinación y trasplante de tomate bola

El material vegetativo que se utilizó fue el de polinización libre FLORA-DADE de hábito determinado, resistencia *R₁R₂Fusarium O, Verticilium*, frutos medianos a grandes, firmes, hombros verdes y pedúnculo sin coyuntura (carácter jointles) J₂J₂(p.l.).

Para la obtención de plántulas, se sembraron las semillas en charolas de 200 cavidades utilizando como sustratos perlita y peat moss en proporción de 1: 1, en charolas que fueron colocadas en una cama flotante con una solución nutritiva similar a la usada en los sacos, solo que al 50 %.

Trasplante

En el sistema de cultivo sin suelo se sembraron los sacos (previamente saturados y con orificio de drenaje) 2 plantas por orificio con 0.25 m entre orificios, teniendo 6 plantas por saco y 5 sacos por cada línea, dando un total de 30 plantas. (Figura 2).



Figuras 2. Trasplante de plántulas de tomate bola en sacos de cultivo.

Establecimiento del cultivo sin suelo

Fabricación y establecimiento de los sacos

Los materiales utilizados para el cultivo sin suelo fueron turba y perlita como sustratos y para la fabricación de los sacos se manejó una tela absorbente y plásticos de color negro, con una cubierta blanca con capacidad de 30 litros. (Figura 3).



Figura 3. Fabricación de sacos para el cultivo sin suelo.

Nivelación del área en donde se colocaron los sacos de cultivo

En esta actividad se preparó el área en donde se colocaron los sacos, de tal manera que estos se establecieron con una pendiente del 1% .

Esta actividad se realizó con el fin de controlar lo siguiente:

- drenes que pudieran ocasionar la falta de homogeneidad en el nivel de humedad del sistema.
- captar luz en toda la superficie, lo que se traduce en un correcto desarrollo de los cultivos.
- Evitar la acumulación o depósito de solución drenada para evitar contaminación en el sistema.

Posterior a la nivelación se recubrió con grava el terreno para facilitar la filtración de los drenajes de los sacos, impidiendo el encharcamiento, evitando así la propagación de posibles patógenos del suelo.(Figura 4).

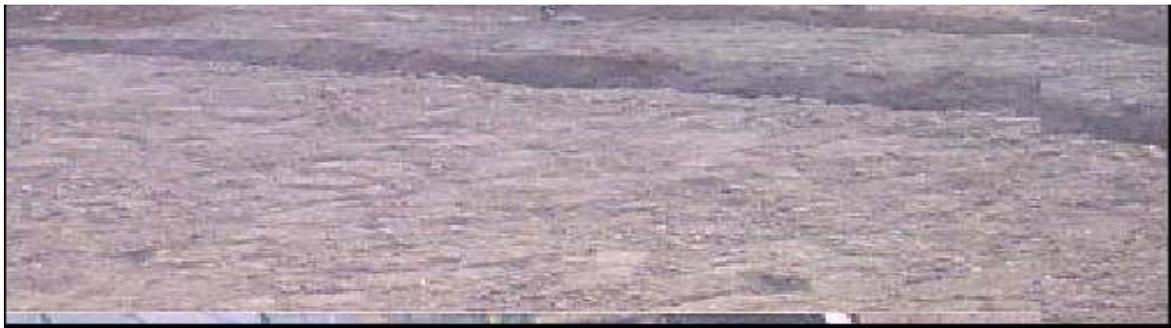


Figura 4. Nivelación del área del invernadero donde se colocaron los sacos de cultivo sin suelo.

Acomodo de sacos en el área de trabajo

Acomodo de los sacos de cultivo sin suelo:

- entre bolsas 30 cm
- entre fila 1.5 m
- tres goteros por saco.
- tres perforaciones por saco.
- dos plantas por perforación. (Figura 5).



Figura 5 . Acomodo de los sacos de cultivo dentro del invernadero

Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo

La saturación del saco de cultivo es uno de los trabajos que hay que realizar con mucho cuidado porque de ellos depende el buen o mal inicio del cultivo.

1. la saturación debe realizarse con solución nutritiva, con pH y CE adecuados para las plántulas a trasplantar.
2. Se debe saturar a impulso (no de golpe, lógicamente dependiendo de la granulometría de la perlita que define la curva de retención).
3. Una vez que está sobresaturado el saco se deja 24 hrs., para homogeneizar la concentración nutricional en él.

Esta actividad se realizó con la ayuda de un sistema de riego por goteo tipo espagueti con piqueta de 2 l / hr, todo esto manejado por una bomba eléctrica de 1/3 hp.

Preparación de la solución nutritiva para el cultivo sin suelo

Estos datos se obtuvieron del Manual de Cultivo sin Suelo según Urrestarazu en el año 2000, para preparar una solución ideal para tomate.

Cuadro 4. Solución nutritiva ideal para tomate.

meq/lt	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	aniones
Ca ⁺⁺	10.0			10.0
Mg ⁺⁺	3.6			3.6
K ⁺		2.0	3.0	5.0
Cationes	13.6	2.0	3.0	18.6

Cuadro 5. Cálculos para macroelementos

fertilizantes	meq/lt	Pe	Factor g / lt	P /200 lt
NO ₃ Ca	10.0	118	0.12 X 10 = 1.20	240 g
Mg(NO ₃) ₂	3.6	128	0.13X 3.6 = 0.470	94. 0 g
KH ₂ PO ₄	2.0	136	0.14 X 2.0 = 0.28	56 g
SO ₄ K ₂	3.0	87	0.09 X 3.0 = 0.27	54 g

Cuadro 6. Cálculos para microelementos

fertilizante	cálculos	Para 200 lt de agua
EDDHA Fe(5%)	5mg / lt 100 mg/5 = 100 mg/lt	20 g Fe
EDTA Mn(15%)	15 mg / lt 100mg /15 mg = 0.79 mg/lt	2.66 g Mn
CuSO ₄ . 5H ₂ O	0.2 mg / lt 249.7/ 63.5 mg= 0.79 mg/lt	0.16 g Cu
ZnSO ₄ . 7 H ₂ O	0.3 mg/lt 287.5 mg /65.4 mg = 1.32 mg/lt	0.26g Zn
H ₃ BO ₃	0.4 mg / lt. 618 mg / 10.8 mg = 2.2 mg/lt	0.46 g B
(NH ₄) ₆ Mo ₂ O ₂₄ . 4 H ₂ O	0.2 mg / lt 1235.9 mg / 67mg = 0.37 mg/lt	0.70 g Mo

Las cantidades señaladas de cada nutrimento se vaciaron en dos depósitos, en uno todos los elementos menos el nitrato de calcio, el cual siempre se mantuvo a un pH 5, en el otro el nitrato de calcio y el EDDHA- Fe, para evitar la precipitación del fósforo y el calcio. Cada depósito tenía una capacidad de 200 l. (Figura. 6).



Figura 6. Depósitos con capacidad de 200 L para colocar la solución nutritiva.

El 6 de noviembre del 2003 se modifica la solución, dado que se presentó una deficiencia de calcio en los frutos “mal de la moneda,” agregando 12 miliequivalentes de calcio y 4 miliequivalentes de fósforo para balancear la solución y reducir la cantidad de ácido fosfórico de 100 ml a 50 ml para no desequilibrar la solución nutritiva.(Figura 7).

Cuadro7. Modificación de la solución nutritiva ideal para tomate.

meq/lt	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	aniones
Ca ⁺⁺	10.0		2.0	12.0
Mg ⁺⁺	3.6			3.6
K ⁺		4.0	3.0	7.0
Cationes	13.6	4.0	5.0	22.6

Cuadro 8. Cálculos para macroelementos

fertilizantes	meq/lt	Pe	Factor g / lt	P /200 lt
NO ₃ Ca	10.0	118	0.12 X 10 = 1.20	240 g
MgNO ₃	3.6	128	0.13X 3.6 = 0.470	94. 0 g
KH ₂ PO ₄	2.0	136	0.14 X 2.0 = 0.28	56 g
SO ₄ K ₂	3.0	87	0.09 X 3.0 = 0.27	54 g
CaSO ₄	2.0	98	0.136 X 2.0 =	54.4 g
KH ₄ PO ₄	4.0	136	0.14 X 4.0 =	112 g

A partir del 6 de noviembre del 2003 se mantuvo un pH de 6.1 en la solución nutritiva y una conductividad de 2.9 dsm^{-1} .



Figura 7. Deficiencia de calcio en los frutos “mal de la moneda”

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

La colocación de los goteros a las botellas 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. Basándose en el volumen captado de cada bandeja se determinó el porcentaje de drenaje, la conductividad eléctrica y el pH de la solución drenada. (Figura 8).



Figura 8. Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo.

Características e instalación del equipo de bombeo del sistema sin suelo

Bomba:

Constó de tres bombas de 1/3 hp cada una.

Sistema eléctrico

Timer :

Constó de tres timer digitales programables

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 NIMH1,2 V > 100 Horas.
- Marca LLOYDS
- Timer digital programable modelo LR – 912

Para el manejo del cultivo sin suelo se utilizó un equipo de bombeo que constó de tres bombas de 1/3 de caballo cada una, las cuales cubrían las demandas hídricas y el transporte de los nutrimentos al sistema radical de las plantas en saco de cada una de las tres líneas, desde el transplante hasta la etapa de fructificación; esto se logró con la ayuda de un sistema (espaguete) por goteo con piqueta de 95 – 100 ml/ minuto, manejando una presión de 12 PSI en manómetro. El equipo de bombeo estuvo conectado a los depósitos de la solución nutritiva; todo el sistema de riego se controló por períodos de riego 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 una programación de 6 a 8 riegos por día y con un tiempo de aplicación de 2 a 3 minutos 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.

Cuadro 9. Tiempos de riegos para los tratamientos

Tratamientos					
Perlita más turba más tela		Perlita más turba		Perlita más tela	
Activación	Desactivación	Activación	Desactivación	Activación	Desactivación
9:00	9:02	9:00	9:02	9:00	9:01
11:00	11:02	11:00	11:02	11:00	11:01
2:00	2:02	2:00	2:02	1:00	1:02
4:00	4:02	4:00	4:02	3:00	3:02
6:00	6:02	6:00	6:02	5:00	5:01
8:00	8:02	8:00	8:02	7:00	7:01
				9:00	9:01

Con el tiempo de riego de 2 a 3 minutos y con un gasto de 180 ml por evento, se consumieron 400 litros de solución por 15 sacos en el transcurso de 6 – 7 días. (Figura 9).



Figura 9. componentes del cabezal de riego

Establecimiento del cultivo en suelo.

Construcción de zanjas para el establecimiento del cultivo en suelo

En esta actividad se abrieron dos zanjas de 7 metros de largo por 0.5 metros de ancho y 40 centímetros de profundidad, dejando una pendiente de 1.4 % para facilitar el drenaje del agua regada.(Figura 10).



Figuras 10. Construcción de zanjas para el establecimiento del cultivo en suelo.

Una vez terminadas las zanjas se les colocó una película negra y sobre ella las charolas de unicel con las cavidades hacia arriba para facilitar el drenaje del agua, utilizando 10 charolas por zanja y sobre estas se colocó una película plástica negra, donde se depositó el suelo donde crecieron las plantas. (figura 11 y 12).



Figura 11. Acomodo de una película plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo en suelo.



Figura 12. Zanjás para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unicel para facilitar el drenaje.



Figura 13. Colocación de la segunda capa plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo con suelo.

Características físicas del suelo

Los suelos donde se llevo a cabo el experimento son oscuros y algunos claros, debido al contenido de calcio; la textura varia de migajon - arenoso a migajon- arcilloso. Y están localizados sobre el estrato calcáreo, duro y continuo denominado petrocalcico.

- buen contenido de materia orgánica (2%)

Cuadro 10. características físico – químicas del suelo.

suelo	Da g/cm ³	% de porosida d	% de retención de humedad	% de poros libres	C.C. (%de humedad)	PMP (%de humedad)	pH	CE
poniente	1.36	45.93	98.07	1.93	21	12.49	7.5	0.8 5

Cuadro 11. Iones presentes en el suelo

ION	ppm
Nitratos	10
Fosfatos	16.5
Potasio	214

Balance nutricional del suelo

Los datos de análisis del suelo utilizado para el llenado de las zanjas, se muestran a continuación:

Cuadro 12. Datos del análisis del suelo.

Datos		CIC
Da	1.36 gr. / cm ³	13.25 meq / 100 g
CE	0.85 dsm /m	
NO ₃ ⁻	10 pmm	
PO ₄ ⁻	16.5 ppm	
K	214 ppm	

Cuadro 13. Características de las camas del cultivo en suelo

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

Siembra

En base a los análisis del suelo, se aplicó una fertilización de fondo a razón de 10 ton de estiércol cribado/ ha, una vez establecidas las plantas, se aplicó una solución hidropónica igual a la del cultivo sin suelo, solo que en la zanja con acolchado la solución aplicada fue al 100% y la zanja sin acolchado al 50%. Manteniéndose un pH de 7.3 y una conductividad eléctrica de 3 dsm⁻¹.. El trasplante en el suelo se realizó a una distancia de 30 cm entre planta, dando un total de 21 plantas por zanja

Características e instalación de chupatubos

Los aparatos presentan las características siguientes:

- Constan de una cápsula de cerámica permeable al paso del agua y de los iones.

Se instaló un chupatubos en la parte central de la zanja para obtener un análisis mas uniforme en cuanto a la extracción de la solución del suelo, con la ayuda de este aparato extrajimos solución del suelo para realizar una análisis cuantitativo del consumo de nutrimentos por las plantas y en base a los resultados compensar la demanda nutricional.

La instalación consistió en introducir el aparato al suelo húmedo a 30 cm de profundidad, luego se hizo vacío con la ayuda de una jeringa para extraer la solución del suelo, la primera muestra extraída no es muy confiable para determinar un análisis. (Figura 14).

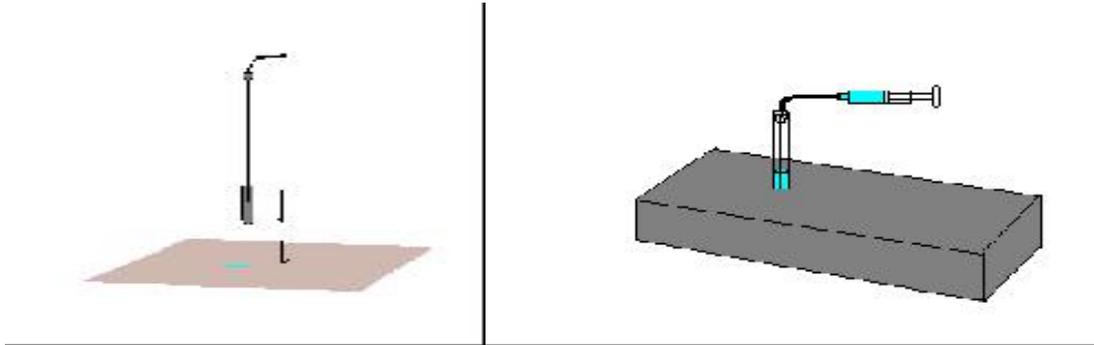


Figura 14. Colocación del chupatubo y extracción de solución del suelo.

Características e instalación del sensor de humedad.

El registro del contenido de humedad del suelo se realizó con un 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 zanja a 30 cm de profundidad con 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 cinta con volumen de 2 litros por hora. (Figura 15).



Figura 15. Equipo para determinar el contenido de humedad en el suelo Watter Mark.

Sistema de riego en el cultivo con suelo

El sistema de riego del cultivo con suelo estuvo manejado con riego conectado a la red alimentadora del invernadero. La capacidad de goteo fue de 2 litros por hora, los riegos se aplicaban 3 veces a la semana con un tiempo de riego de media hora, controlados con sensor de humedad y control volumétrico.

Dosificación de nutrimentos en el sistema de cultivo con suelo

Basándose en los análisis del suelo, se aplicó una fertilización de fondo a razón de 10 toneladas de estiércol cribado/ ha. Antes de colocar los chupatubos; una vez colocados se saturó el suelo para extraer solución del suelo y determinar los nutrientes faltantes, en base a esto se determinó regar con la misma solución con que se regaban los sacos, solo que la zanja con plástico a una concentración del 100% y la otra zanja al 50%, para visualizar el efecto contrastante.

Características e instalación del sensor de H.R, temperaturas e intensidad lumínica. (Boxcar Pro4).

El sensor presenta las siguientes características:

- Consta de un receptor programable que registra la temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica.

Este aparato se colocó en la parte norte del invernadero, dentro de una estructura de metal; para protegerlo de diversos agentes.

La instalación consistió en instalar el boxcar Por 4 en la memoria de la computadora para programar el receptor e ir baseando los datos

Características e instalación del sistema de nebulización

Características del sistema de nebulización:

- 12 aspersores con un diámetro de 8 metros.
- 4 líneas con 3 aspersores cada una.
- Bomba de capacidad de $\frac{1}{2}$ hp.
- Mangueras de $\frac{3}{8}$.

Este sistema de nebulización se instaló por la necesidad de incrementar la humedad relativa del área del cultivo y se controla por medio de un higrómetro, uno de los problemas que causa este sistema es la dispersión de enfermedades, principalmente fungosas, las cuales se pudieron controlar con fungicidas sistémicos.

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 midieron datos de pH tanto en el drenaje como en la solución del gotero. El pH que se mantuvo en la solución nutritiva fue de 4.5 – 5.5, cuando aumentaba el mismo se regulaba con ácido fosfórico.

Característica

- ♣ aparato de bolsillo.
- ♣ posee electrodos
- ♣ digital

Conductivimetro

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 contenidas en la solución.

Características

- ♣ aparato de bolsillo
- ♣ posee electrodos
- ♣ digital

Cardy: (HORIBA)

Cardy para determinación de nitratos y potasio.

Modelo. japonés

- ♣ posee un electrodo selectivo
- ♣ realiza medidas de D- 9990 ppm

Este equipo se utilizo 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 dándonos datos reales al instante.

Cardy para determinación de nitratos y potasio.

MEDIDOR PORTATIL DE FÓSFORO

Medidor portátil de fósforo, fotocolorimetro de campo.

- Marca HANNA.
- Modelo HI 93706
- Fabricado en U.S.A.
- Mide fósforo en ppm en un rango de 0 - 15 ppm con una resolución de 0.1 ppm.
- Puede leer a 470 nanómetros (fuente de luz)

- El método que utiliza es el método de aminoácidos que tiene un detector de luz a base de fotoceldas de silicona
- Puede leer en un medio ambiente de 0 - 50 °C y con una humedad relativa de 95 %
- Batería de 9 volts
- Dimensiones de 180* 83*46 mm
- Peso de 290 g

Medidor de humedad (Watter mark)

- ♣ sensores y dispositivos a base de arenas
- ♣ electrodos terminales para conectarse al medidor digital
- ♣ da lecturas en centibares
- ♣ utiliza baterías de 9 volts
- ♣ rango de 0 – 105 cb
- ♣ fabricado en U.S.A

Boxcar pro 4

- ♣ Diseñado para trabajar con Hobo (receptor) y data logger (compatible con Windows)
- ♣ mide temperatura, humedad relativa, luz (intensidad luminica)
- ♣ Fabricado en Japón

Medición del diámetro.

La medición del diámetro se realizó con el vernier para ver el tamaño que el fruto había alcanzado al momento del corte. Se determinaron el diámetro polar y ecuatorial del fruto.

El pesado de fruto

El pesado de fruto se realizó con una balanza digital

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores que se midieron durante el desarrollo del cultivo

Desde el inicio del desarrollo de las plantas establecidas en ambos sistemas se tomaron datos de temperatura (máximas y mínimas), iluminación y humedad relativa.

Temperaturas dentro del invernadero

Como ya se mencionó anteriormente la temperatura juega un papel muy importante en el desarrollo de la planta. De acuerdo a lo que nos muestran las figuras (16 y 17), se registraron temperaturas mínimas de 5 y 6 °C, las cuales se presentaron durante la noche y las primeras horas del día, mientras que la temperatura máxima registrada fue de 40 °C (Figuras 16 y 17).

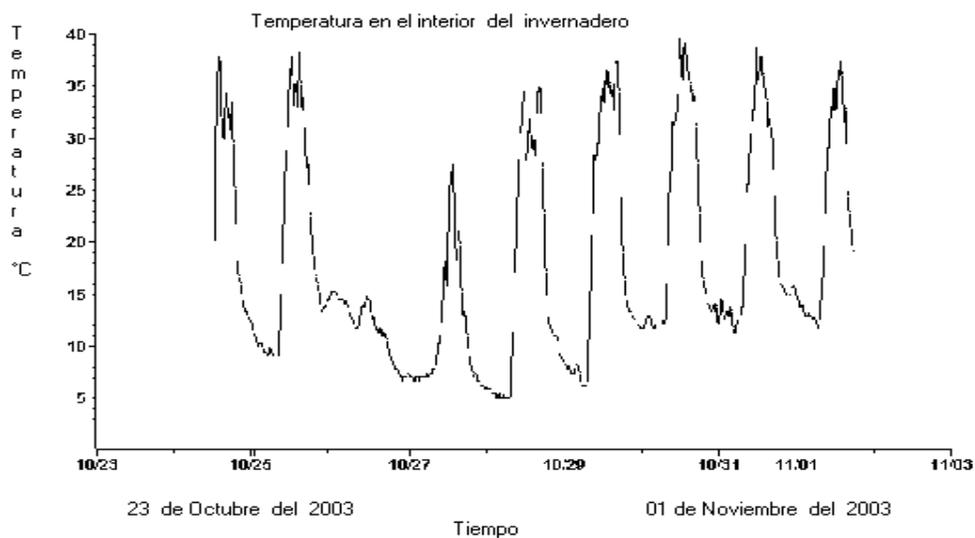


Figura 16. Temperaturas registradas dentro del invernadero durante el período de 23/10/03 al 01/11/03.

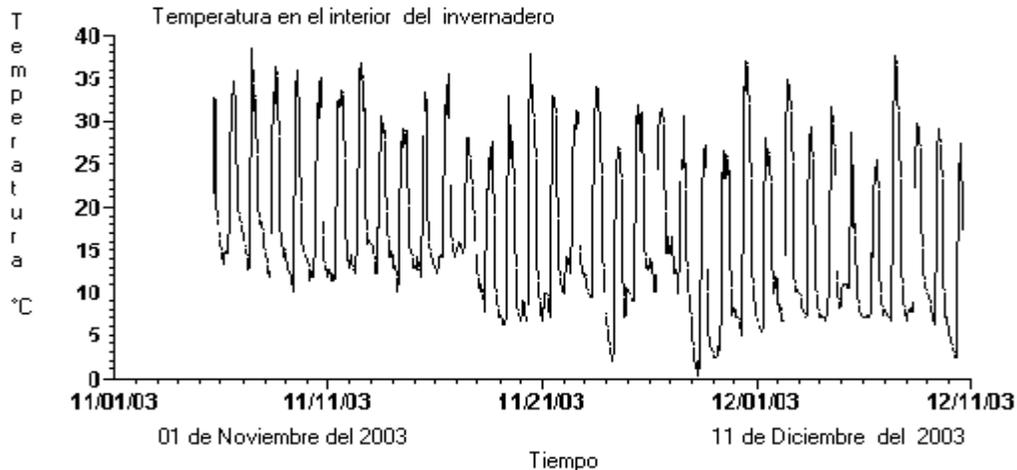


Figura 17. Temperaturas registradas dentro del invernadero durante el período del 01/11/03 al 11/12/03.

Intensidad lumínica dentro del invernadero

La luz actúa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas como fuente de energía, así como fuente de calor y estímulo para la regulación del desarrollo.

En lo que se refiere a intensidad lumínica no se presentó gran variación, a excepción de los días nublados, en los días soleados se registraron 500 lum/ft², los cuales al compararlos con los valores óptimos de 911.57 - 1390.17 lum/ft²; en ningún momento satisficieron las necesidades del cultivo.

La razón por la cual se tuvieron valores bajos de luminosidad fue porque se colocó una malla sombra, con el propósito de bajar la temperatura tan alta, alcanzada al medio día, lo anterior acarrió el problema de falta de luz. (Figura 18 Y 19)

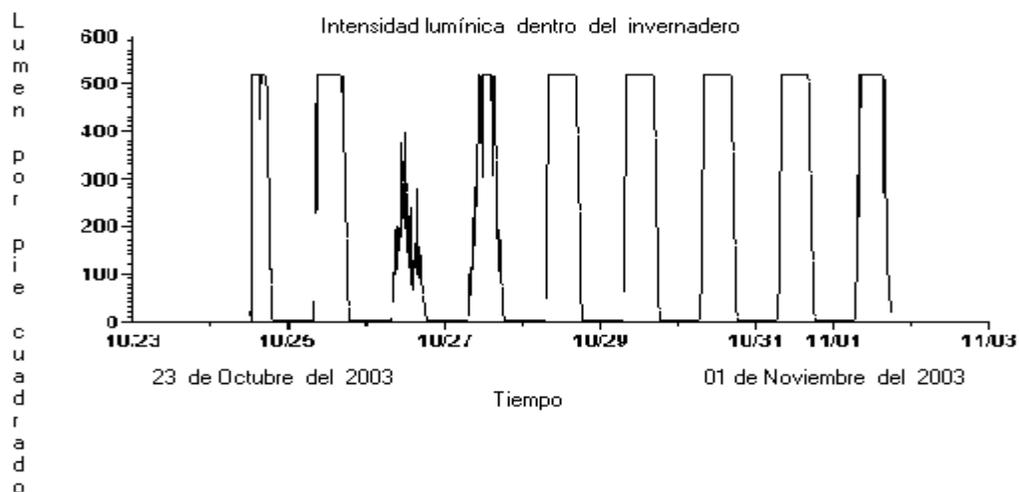


Figura18. Intensidad lumínica durante los días 23/10/03 al 01/11/03.

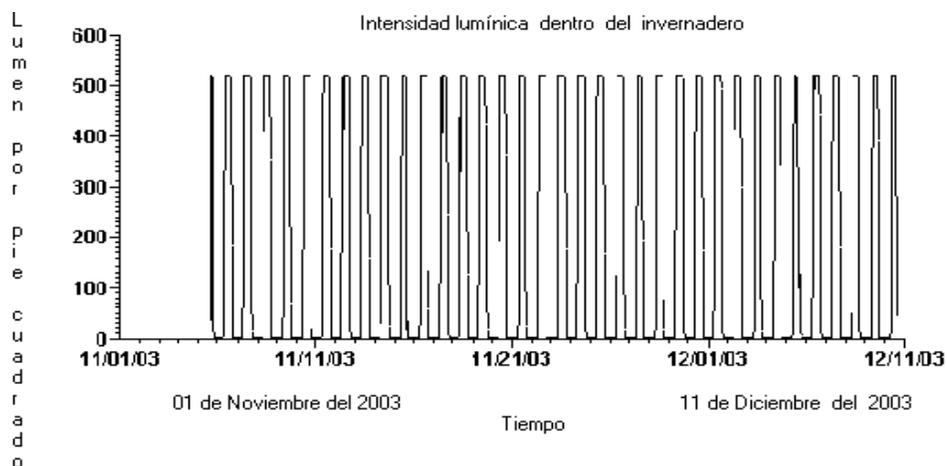


Figura 19. Intensidad lumínica durante los días 01/11/03 al 11/12/03.

Humedad relativa dentro del invernadero

En lo que se refiere a la humedad relativa y el desarrollo del cultivo, las gráficas 20 y 21 nos indican que se presentaron variaciones de los requerimientos óptimos de humedad relativa por el cultivo de tomate están

entre un 65 -70 %, si comparamos la humedad relativa registrada en el manejo del cultivo con la humedad óptima, concluimos que se trabajó en condiciones de humedad ambiental muy alta durante la noche y muy baja durante las horas del medio día.

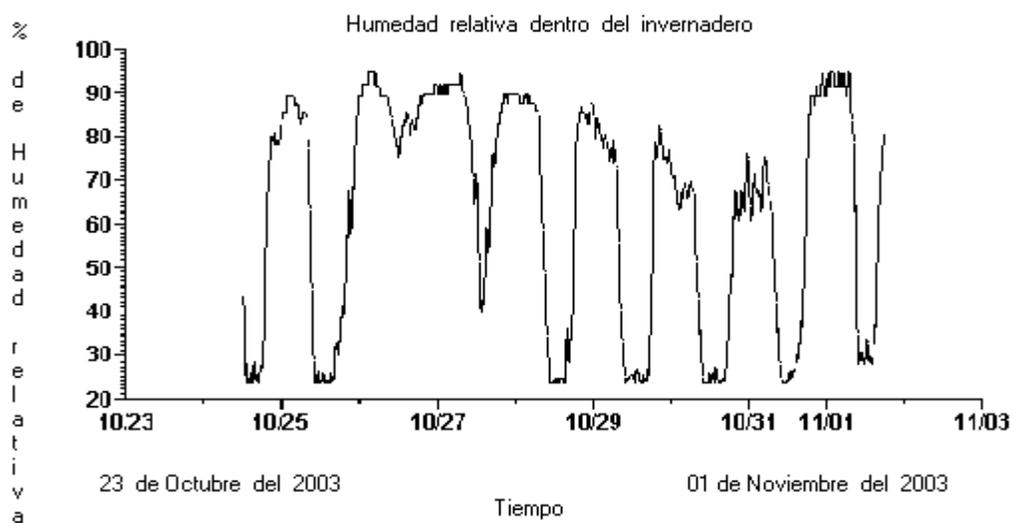


Figura 20. Humedad relativa registrada dentro del invernadero durante el período de 23/10/03 al 01/11/03.

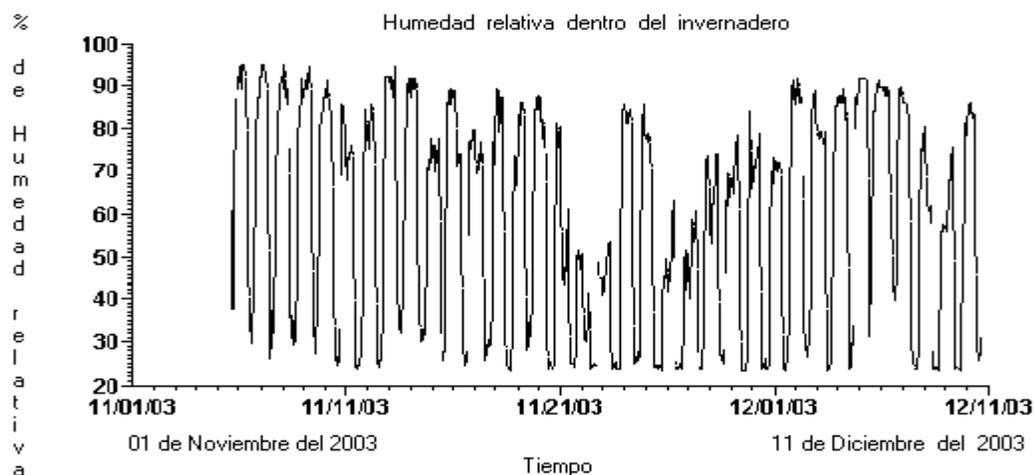


Figura 21. Humedad relativa registrada dentro del invernadero durante el período del 01/11/03 al 11/12/03.

Durante el manejo del cultivo sin suelo se manejaron los factores de pH y conductividad eléctrica.

Potencial hidrogeno de la solución nutritiva.

En el cuadro 14. Se observa que se ajustó el pH a 5.6 para los tres goteros, lo cual se logró añadiendo 100 mililitros de ácido fosfórico a la solución nutritiva, en cuanto a pH de los drenajes aumentaron en comparación con el pH de los goteros, lo cual nos indica que los sustratos influyeron en el aumento del pH de los drenajes.

Cuadro 14. pH registrados antes de modificar la solución nutritiva.

Tratamientos	pH del gotero	pH de drenajes
Perlita más turba más tela	5.6	6.8
Perlita mas turba	5.6	6.7
Perlita más tela	5.6	6.3

La solución nutritiva se modificó porque se presentó una deficiencia de calcio ajustándose el pH de los goteros a 6.1 , lo cual se logró añadiendo 50 mililitros de ácido fosfórico, en el Cuadro 15 queda de manifiesto que los sustratos están directamente relacionados con el pH del drenaje, donde sobresalió el pH de 5.6 el cual corresponde a perlita más tela, lo que implica que la perlita tiene menor capacidad amortiguadora, provocando un pH mas ácido que los otros tratamientos.

Cuadro 15. pH registrados después de modificar la solución nutritiva

Tratamientos	pH del gotero	pH de drenajes
Perlita más turba más tela	6.1	6.6
Perlita mas turba	6.1	6.2
Perlita más tela	6.1	5.6

Conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

En el Cuadro 16 podemos ver que la conductividad eléctrica de los goteros se ajustó a 2 dsm^{-1} la cual es óptima para el cultivo de tomate, al verificar la conductividad en los drenajes, se constató que la acumulación de sales en los sustratos fue relativamente baja, resultando el tratamiento de perlita mas tela con una acumulación nula de sales.

Cuadro 16. C.E. registrada antes de modificar la solución nutritiva

Tratamiento	C.E. del gotero (dsm^{-1})	C.E. de drenajes (dsm^{-1})
Perlita más tela	2	2
Perlita mas turba	2	2.4
Perlita más turba más tela	2	2.2

Una vez modificada la solución nutritiva, la conductividad eléctrica de los goteros se ajustó a 2.9 dsm^{-1} , apreciándose en el Cuadro 17 que la conductividad eléctrica de los drenajes se eleva casi al doble que la conductividad eléctrica de los goteros, lo cual nos indica que se están lavando las sales que se encuentran acumuladas en el sustrato, observándose que el tratamiento de perlita mas tela acumuló menor cantidad de sales que perlita mas tela y perlita mas turba mas tela, para lograr esto es mantuvo un drenaje del 20 - 30% según fuera la conductividad eléctrica.

Cuadro 17. C.E. registrada después de modificar la solución nutritiva

Tratamiento	C.E. del gotero (dsm^{-1})	C.E. de drenajes (dsm^{-1})
Perlita más tela	2.9	5.1
Perlita mas turba	2.9	4.5
Perlita más turba más tela	2.9	4.1

Conductividad eléctrica y pH del suelo.

La conductividad eléctrica de la solución del suelo donde crecieron las plantas, se manejó a 3 dsm^{-1} y el pH a 7.3, estos valores fueron para las dos camas, se manejaron así porque son los que mas se acercan a los óptimos (Figura 18).

Cuadro 18. C.E. Y pH del del suelo.

Tratamiento	C.E.	p.H
cama con acolchado	3	7.3
Cama sin acolchado	3	7.3

Humedad del suelo

La humedad del suelo fue determinada con el watter mark, la cual siempre se mantuvo a capacidad de campo. (Cuadro 19).

Cuadro 19. Humedad del suelo

Tratamiento	Humedad (centibares)
cama sin acolchado (solución al 50%)	25-30
cama con acolchado (solución al 100%)	25-30

Variables tomadas al final del ciclo

Una vez terminado el ciclo vegetativo del cultivo se tomaron los siguientes datos: Altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de la raíz, rendimiento por planta, diámetro ecuatorial y polar de los frutos y rendimiento por metro cuadrado.

Altura de la planta al final de ciclo.

Los datos del Cuadro 20 muestran que se presentó gran homogeneidad entre las alturas de las plantas registradas dentro de cada tratamiento, es decir, eran uniformes, resultando con mayor altura las plantas del tratamiento perlita mas turba con 74.7 centímetros y con menor altura las plantas de la cama sin acolchado con una altura de 62.8 centímetros; registrándose una diferencia de 11.9 centímetros, entre estos dos tratamientos.

Cuadro 20. Altura de las plantas de tomate bola al momento de la cosecha

TRATAMIENTO	MEDIA	DS	C.V. %
Perlita mas turba	74.7	16.22	21.72
Perlita más tela	69.62	13.59	19.52
Perlita más turba más tela	68.63	12.96	18.88
Zanja con acolchado	63.95	16.64	26.03
Zanja sin acolchado	62.8	14.01	22.28

Diámetro del tallo al final del ciclo.

El diámetro de los tallos fue homogéneo entre ellos y entre los diferentes tratamientos, de los cuales sobresalió ligeramente el tratamiento de perlita mas tela con una media de 9.96 centímetros, seguido de perlita mas tela mas turba con 9.4 centímetros y el tratamiento de perlita mas turba con diámetro 9.1 centímetros (Cuadro 21).

Cuadro 21. Medición del diámetro del tallo de plantas de tomate bola al momento de la cosecha.

Tratamiento	Media(mm)	DS (mm)	C.V. %
Perlita más tela	9.96	0.75	7.57

Perlita más turba más tela	9.4	1.03	11.31
Perlita más turba	9.1	1.61	17.13

Longitud de la raíz al terminar el ciclo.

El Cuadro 22 nos muestra que el desarrollo del sistema radical fue muy homogéneo entre los tratamientos, y que estos registraron coeficientes de variación aceptables (bajos) indicándonos que el crecimiento de las raíces fue uniforme para las plantas dentro de cada tratamiento; el tratamiento de perlita más turba presentó raíces un poco más largas, con una media de 28.9 centímetros, seguido del tratamiento perlita más turba más tela con una media de 26.9 centímetros, quedando como último el tratamiento de perlita más tela con una media de 26.6 centímetros, los resultados anteriores indican que las diferentes mezclas de sustratos originaron un desarrollo uniforme de la raíz.

Cuadro 22. Medición de la longitud de la raíz de plantas de tomate bola al momento de la cosecha.

Tratamiento	Media (cm)	DS (cm)	C.V.%
Perlita mas turba	28.9	4.84	16.76
Perlita más turba más tela	26.93	5.42	20.13
Perlita más tela	26.6	3.02	11.38

Discusión

La altura en el sistema de cultivo en suelo estuvo directamente relacionado con la nutrición (solución nutritiva), ya las plantas que recibieron la solución nutritiva al 100% mostraron una altura de 63.95 centímetros entre las plantas que recibieron la solución nutritiva al 50 % donde se mantuvo un pH de 7.3 y una conductividad eléctrica de 3 dsm⁻¹, manejándose una

humedad en el suelo de 20 - 30 centibares. para la altura de las plantas en el sistema de cultivo sin suelo se vio que influyeron los sustratos donde el tratamiento de perlita más turba presentó las mayores alturas de planta y longitudes de raíz, esto ocurrió porque la humedad se encontraba en la parte inferior del saco, lo cual origino que la raíz creciera mas en busca de humedad a diferencia de los tratamientos de perlita más turba más tela y perlita más tela donde la humedad se encontraba en la parte media del saco por lo tanto la raíz no tuvo la necesidad de crecer hacia la parte inferior del saco.

El crecimiento del diámetro del tallo estuvo relacionado con la longitud de la raíz, ya que el tratamiento de perlita mas tela registro un crecimiento de raíz reducida y crecimiento del diámetro del tallo fue mayor que los otros tratamientos, esto se debió a que la energía utiliza por la raíz para crecer, la utilizo el tallo, porque la raíz no tuvo la necesidad de crecer mas, dando como resultado un mayor crecimiento del diámetro del tallo.

Rendimiento en gramos por planta.

De acuerdo a los resultados de las medias mostradas en el Cuadro 22, se encontró gran diferencia en rendimiento para los tratamientos correspondiente al cultivo sin suelo, donde los rendimientos fueron muy mucho mas altos con respecto a los tratamientos de cultivo en suelo. Para cultivo sin suelo el tratamiento de perlita más turba fue el mejor registrando una media de 812.3 gramos por planta, seguido del tratamiento de perlita más turba más tela con una media de 728.8 gramos por planta y perlita más tela con una media de 590.48 gramos por planta, en lo que se refiere a los tratamientos en suelo los rendimientos fueron bajos, el tratamiento de acolchado plástico obtuvo una media de 213 gramos por planta y el de la cama sin acolchado de 94.9 g / planta.

Cabe mencionar que los datos de rendimiento de las plantas cultivadas sin suelo presentaron coeficientes de variación altos entre 32.17 y 36.5 a

diferencia de las plantas cultivadas en suelo donde se registró una gran heterogeneidad con coeficientes de variación muy altos de 479.9 y rendimientos reducidos, lo cual se debió a que solo se cosecharon los frutos que reunían ciertas características como: color, forma, tamaño y madurez fisiológica, quedando cierta cantidad de plantas sin ser cosechadas, sin embargo al momento de calcular las medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación estas plantas se tomaron en cuenta, lo cual originó que los coeficientes de variación fueran demasiado altos (> 100 %).

Se observó que la cama que recibió una solución hidropónica al 50%, tuvo un rendimiento de 94.9 gramos por planta, el cual es muy bajo en comparación con la cama que se le aplicó una solución hidropónica completa al 100%, quedando comprobado que la nutrición tuvo influencia en el rendimiento y calidad del fruto.

Cuadro 23. Rendimiento en gramos por planta.

Tratamiento	Media (g / planta)	DS (g)	C.V.%
Perlita mas turba	812.3	297.09	36.5
Perlita más turba más tela	728.35	258.64	35.5
Perlita más tela	590.48	190	32.17
Cama con acolchado (solución al 100%)	213	954.69	479.9
Cama sin acolchado (solución al 50%)	94.9	455.96	479.9

Diámetros polares de los frutos

Para la variable de diámetro polar de los frutos de las plantas cultivadas sin suelo no se encontró diferencia entre los diferentes tratamientos, es decir, fueron iguales con valores de 4.9 a diferencia del diámetro de los frutos de las plantas cultivadas en suelo, donde se presentó una gran heterogeneidad y coeficientes de variación muy altos de 448.9 y 481.9,

indicándonos que el diámetro polar de los frutos de las plantas cultivadas en suelo fue muy variable. (Cuadro 24).

Cuadro 24. Diámetros polares de los frutos

Tratamiento	Media (cm)	DS(cm)	C.V.%
Perlita mas turba mas tela	4.9	0.27	5.67
Perlita mas turba	4.9	0.27	5.58
Perlita más tela	4.9	0.26	5.13
Cama con acolchado (solución al 100 %)	1.07	4.04	448.9
Cama sin acolchado (solución al 50%)	0.84	4.8	481.9

Diámetros ecuatoriales de los frutos

Los diámetros ecuatoriales de los frutos de las plantas cultivadas sin suelo fueron similares, presentándose pequeñas diferencias entre los tratamientos, de los cuales resultó ser mejor el tratamiento de perlita más turba con una media de 5.6 centímetros, seguido del tratamiento perlita más turba más tela con 5.4 centímetros y perlita mas tela con 5.37 centímetros. Los diámetros de los frutos de las plantas cultivadas en el suelo fueron muy bajos en relación a los valores obtenidos en el cultivo sin suelo, el tratamiento de acolchado registro una media 1.19 centímetros, seguido del tratamiento sin acolchar con una media 0.94 centímetros y coeficientes altísimos (cuadro 25).

Cuadro 25. Diámetros ecuatoriales de los frutos

Tratamiento	Media (cm)	DS(cm)	C.V.%
Perlita mas turba	5.6	0.31	5.64
Perlita más turba más tela	5.4	0.29	5.52
Perlita más tela	5.37	0.28	5.38
Cama con acolchado	1.19	5.34	448.9
Cama sin acolchado	0.94	4.53	481

Rendimiento por metro cuadrado.

De acuerdo a las medias obtenidas (Cuadro 26) se observa que el cultivo sin suelo fue superior en rendimiento y calidad del fruto, en comparación con el cultivo en suelo, que presentó una elevada heterogeneidad y un rendimiento muy raquítico, especialmente el tratamiento sin acolchado con un valor de 0.875 kilogramos por metro cuadrado, resultando el peor tratamiento de todos, por otro lado el mejor tratamiento fue el de perlita mas turba con rendimiento de 3.491 kilogramos por planta. El cual corresponde a los cultivos sin suelo se proporcionó la condición nutrimental adecuada para el crecimiento y desarrollo del cultivo y por ende se lograron mayores rendimientos.

Cuadro 26. Rendimiento por metro cuadrado.

Tratamiento	Media (kg / m²)	Media (ton. / a)
Perlita mas turba	3.491	34.910
Perlita más turba más tela	3.200	32.000
Perlita más tela	2.537	25.370
Cama con acolchado	1.674	16.974
Cama sin acolchado	0.847	8.470

Discusión

El rendimiento se esperaba ver mermado por las condiciones ambientales que se presentaron durante el manejo del cultivo de tomate bola de ambos sistemas, se esperaba una disminución en el rendimiento ya que se registrarón temperaturas mínimas de 5 y 6 °C durante la noche y las primeras horas del día y una temperatura máxima de 40 °C, con lo cual podía provocar la caída de flores; lo cual no ocurrió; la fecundación se realizo y solo se registró una caída de flores muy baja, en lo que se refiere a intensidad luminica no presentó gran variación a excepción de los días nublados, en los días soleados se registraron 500 lum / ft² los cuales no

coinciden con los valores óptimos (911.57 - 1390.17 lum / ft²), la razón por la cual se tuvieron valores bajos de luminosidad fue por que se colocó una malla sombra, para bajar la temperatura tan alta alcanzada al medio día, a pesar de que Andres (1997) y Sánchez (2001) mencionan que estos factores afectan el rendimiento, no fue tan marcado este efecto a diferencia del efecto de la humedad relativa el cual tuvo un gran impacto sobre la calidad y rendimiento del fruto, ya que se trabajo en condiciones de humedad ambiental muy alta durante la noche y muy baja durante las horas del medio día, lo cual ocasiono un crecimiento reducido de las plantas, debido a la alta transpiración por la hojas y tallos provocando problemas de traslocación de elementos como es el calcio, el cual provocó una deficiencia en los frutos, viéndose seriamente afectada la calidad del mismo, lo sucedido coincide con lo reportado por Alpini (1997). Para solucionar este problema se optó por agregar 12 meliequivalentes de calcio y 4 meliequivalentes de fósforo, con lo cual se logro corregir el problema, evitándose un serio decremento en el rendimiento.

En cultivos sin suelo los sustratos fueron los que mas influyeron en el rendimiento de los cuales destacó perlita mas turba presentando raíces mas abundantes porque acumulo mayor humedad por lo tanto mayor cantidad de sales (CE) y mayor capacidad amortizadora para cambios de pH, pero esto no influyo en el diámetro polar de los frutos de las plantas cultivadas sin suelo, solo ocasiono una pequeña diferencia entre los diámetros ecuatoriales de los diferentes tratamientos.

Donde tuvo una gran influencia la concentración de la solución nutritiva fue en el rendimiento y calidad del fruto en el sistema de cultivo en suelo, donde se obtuvo un rendimiento máximo de 213 g/planta el cual corresponde a la cama con acolchado plástico, a la cual se le aplico la solución nutritiva al 50% observándose una drástica disminución en el rendimiento y calidad del fruto, cosechándose frutos muy pequeños.

El rendimiento de los cultivos sin suelo fue muy superior a los cultivos en suelo esto se debió a la nutrición que recibieron las plantas cultivadas sin suelo, ya que la solución nutritiva que se les aplicó es la ideal para el cultivo de tomate hidropónico de acuerdo a lo reportado por Urreztarazu (2000), a dicha solución nutritiva se le ajustó el pH a 5.6 y la CE a 2 dsm^{-1} siendo los valores óptimos para el cultivo de tomate de acuerdo a lo mencionado por Burgueño (1999), sin embargo la solución nutritiva se tuvo que modificar por la deficiencia de calcio que se presentó ajustándose el pH a 6.1 y la conductividad eléctrica 2.9 dsm^{-1} , a pesar de que estos valores se elevaron estuvieron dentro del rango óptimo.

Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. - Al evaluarse las alturas de las plantas cultivadas en suelo y sin suelo, se encontró que en el sistema sin suelo se presentaron alturas superiores a las plantas cultivadas en suelo. De los tratamientos sin suelo el mejor fue perlita más turba, seguido de perlita más tela.

2. - El diámetro del tallo no estuvo relacionado con la nutrición en el cultivo sin suelo, sino con los sustratos donde crecieron las plantas, resultando como mejor tratamiento el de perlita mas tela, superando a perlita más turba mas tela y a perlita más turba.

3. - Se determinó que el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento de los cultivos sin suelo fue: perlita más turba, superando a perlita más turba más tela y a perlita más tela.

4. - El mejor tratamiento en cuanto a rendimiento, longitud de la raíz, altura de planta y diámetro ecuatorial de los frutos, fue perlita mas turba, debido a que proporcionó todas las condiciones necesarias para el desarrollo del sistema radical y por ende la planta expresó mejor sus características genéticas.

5. - En lo que se refiere a las plantas cultivadas en suelo(camas) quedó demostrado que la nutrición es fundamental para el crecimiento y desarrollo. Teniendo un gran impacto sobre el rendimiento, altura de la planta y diámetro ecuatorial y polar del fruto; por lo antes mencionado los cultivos en suelo no pueden competir contra los cultivos sin suelo (hidroponia).

6.- Es necesario trabajar en la climatización del invernadero para que la información generada en trabajos futuros sea aprovechada de manera más eficiente.

Resumen

El experimento se estableció en el invernadero de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con la finalidad de evaluar el potencial productivo del tomate manejando dos sistemas de cultivo; en suelo y sin suelo.

Se establecieron cinco tratamientos distintos, tres de ellos corresponden al sistema de cultivo sin suelo: 1) perlita mas turba mas tela 2) perlita mas turba 3) perlita mas tela y dos mas de cultivo en suelo: 4) cama con acolchado plástico 5) cama sin acolchado.

Los tratamientos de cultivo sin suelo se establecieron en contenedores que consistieron de sacos hechos de polietileno negro protegidos con un plástico blanco, con capacidad de 30 litros y longitud de 1 metro. El área del invernadero en donde se colocaron los sacos se niveló, instalándose 5 sacos con 6 plantas cada uno, los cuales se saturaron con medio nutritivo antes de iniciar el trasplante.

Para nutrir las plantas se utilizó una solución hidropónica ideal para tomate, la cual se fertirrigó con una bomba de $\frac{1}{4}$ hp para cada línea de sacos. La eficiencia y el tiempo de riego se programó en base a los resultados del análisis de la conductividad eléctrica (C.E), pH, volumen de la solución nutritiva por cada saco y drenaje.

Los tratamientos de cultivo en suelo se establecieron en camas de suelo se fertilizo de acuerdo a los análisis realizados con los KITS de CAMPO, se determinó aplicar 10 toneladas de estiércol cribado por hectárea, posteriormente se preparó una solución nutritiva a dos diferentes concentraciones. A 100%, en cama con plástico amarillo, y al 50% con la cual se regó la cama sin plástico amarillo.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la evaluación de los sistemas probados fueron: altura de plantas, diámetro del tallo, longitud de la raíz, gramos por planta, diámetro polar y ecuatorial del fruto. Ambos sistemas recibieron un manejo de poda a un tallo, colocación de rafias, aplicación de insecticidas y fungicidas, monitoreo de factores ambientales dentro del invernadero, como temperatura, iluminación y humedad relativa.

Se encontró que la altura de las plantas, fue mayor y más homogénea en cultivos sin suelo, por lo tanto un mayor rendimiento y fruto más grandes (diámetros ecuatoriales y polares de los frutos), sobresaliendo el tratamiento de perlita más turba.

El cultivo de tomate en suelo no presentó ninguna ventaja contra el tomate cultivado sin suelo.

Concluyéndose que perlita mas turba fue la mejor mezcla, seguida de perlita más turba más tela.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, B.M. 1993 Sustratos. Características y propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España.

Alarcon. V.L. A. 2002 Consideraciones necesarias para la preparación de la solución nutritiva.

[http://www.Fertiberia.com/información_fertilización/articulos/fertirrigacion/preparacion_Disoluciones Nutritivas. Html](http://www.Fertiberia.com/información_fertilización/articulos/fertirrigacion/preparacion_Disoluciones_Nutritivas.Html)

Alpini. A. 1999. Cultivos en invernadero. Edición. Mundi-prensa, 3ª edición, Madrid, España.

Andrés. P. R. 1997. Cultivos bajo invernaderos. Edición. Hemisferio Sur. S.A, Argentina

Burgueño. H. 1999. La fertigacion en cultivos hortícolas con alcohado plástico. Vol. III, folleto, Culiacán, Sinaloa, México

Calderón. S. F. 2001. Control de variables hidroponicas.
<http://www.drcalderonlabas.com>.

Casseres. E. 1981. Producción de hortalizas. 3ª edición, 1ª. Reimpresión, San José, Costa Rica, IICA.

Escudero. S.J.1999. cultivo hidropónico del tomate, en cultivos sin suelo II. Curso superior de especialización dirección general de investigación y formación agraria de la junta de Andalucía.

Flores. I. R. 1980. Cultivo del tomate. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo Leon, México.

González. M. 1996. Aportaciones al conocimiento de diferencias varietales en la absorción y asimilación de NO_3^- y de NH_4^+ en plantas de espinaca. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

González. I. J. 1999. Cultivo en invernadero. Edición. Mundi-prensa, Madrid, España.

Lara. H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía.

<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>

León. G. H. M. 1980. El cultivo del tomate para consumo fresco- en el valle de Culiacán. Edición :(INIA) de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.

López. T.M. 1994. Horticultura. Editorial Trillas. México

Nuez. V.F. 1999. El cultivo del tomate. Ediciones: Mundi-prensa, Madrid, España.

Resh. H. M. 1997. Cultivos hidropónicos. Edición: Mundi-prensa, Madrid, España, 1ª edición.

Rodríguez. A. E. 1997. Efecto de la poda y densidad de población en el rendimiento y calidad de fruto de jitomate(*lypersicum esculentum. Mill*) bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. UACH. México

Sánchez. C. F. 1989. Hidroponía. Principios y métodos de cultivo. D.R. patronato Universitario de la Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, estado de México

Sánchez. L. A. 1997 Y 2001. Apuntes de producción de hortalizas 1. Departamento de Horticultura, U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México

Serrano. C. Z. 1989. Cultivo de hortalizas en invernadero. Edición. Aedos. Imprenta juvenil S.A. Barcelona, España

Tiscornia, R. J.1989. Hortalizas de fruto. Edición. Albatros. Buenos aires, Argentina.

Valencia. H. M. 1981. Evaluación de rendimiento de doce variedades de tomate bajo condiciones de invernadero, U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah, México.