

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE TOMATE BOLA  
(*Lycopersicon esculentum*)  
BAJO EL SISTEMA  
DE  
CULTIVO SIN SUELO**

**POR :**

**HOXCEL RINCÓN MAZA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO  
DE  
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO**

	<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	Pag.
	<b>INDICE DE CUADROS</b>	iv
	<b>INDICE DE FIGURAS</b>	v
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Objetivos</b>		4
<b>Hipótesis</b>		4
	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	5
	<b>Origen y domesticación del tomate cultivado en el mundo</b>	5
	Origen e historia	5
	<b>Características genéticas y morfológicas</b>	6
	<b>Características botánicas y taxonómicas</b>	7
	<b>Clasificación taxonómica</b>	7
	Requerimientos climáticos	7
	Requerimientos de suelo y fertilización	8
	Tipos de crecimiento	8
	Densidad de siembra y población	9
	Manejo del cultivo de tomate en suelo	9
	<b>Producción de planta. (Semillero)</b>	10
	<b>Trasplante</b>	11
	<b>Poda y entutorado</b>	11
	<b>Fertilización</b>	12
	<b>Riego</b>	12
	<b>Cuajado del fruto</b>	13
	<b>Recolección</b>	13
	<b>Plagas del cultivo del tomate</b>	14
	Principales plagas del tomate	14
	Enfermedades del cultivo del tomate	15
	<b>Producción de tomate en invernadero</b>	16

Temperatura	17
<b>Iluminación</b>	18
<b>CO2</b>	18
<b>Control ambiental</b>	18
Sustratos utilizados en cultivo de tomate sin suelo	18
<b>Sustratos</b>	18
<b>Tipos de sustratos</b>	19
<b>Lana de roca</b>	19
<b>Perlita</b>	20
<b>Fibra de coco</b>	20
Manejo del cultivo de tomate sin suelo	22
<b>Conducción del cultivo</b>	23
<b>Elección del sistema de cultivo</b>	23
<b>Diseño de la solución nutritiva</b>	23
<b>Riego: secuencia y volumen</b>	24
<b>Control y seguimiento del cultivo</b>	25
Manejo de la solución del tomate en cultivo sin suelo	26
<b>Solución del suelo y complejo adsorbente</b>	27
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	29
<b>Localización del invernadero</b>	29
<b>Aspectos generales del invernadero</b>	29
<b>Fabricación de los sacos para el cultivo sin suelo</b>	30
<b>Construcción de zanja para el establecimiento del cultivo en suelo</b>	31
<b>Características físicas del suelo</b>	34
<b>Balance nutricional de un suelo calizo en la producción de tomate</b>	35
<b>Nivelación del área en donde se colocaron los sacos de cultivo</b>	37
Acomodo de sacos en el área de trabajo	38
<b>Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo</b>	39
Germinación y trasplante de tomate bola	40
<b>Siembra</b>	40

<b>Preparación de la solución para el cultivo sin suelo</b>	41
<b>Colocación de chupatubos</b>	42
<b>Instalación del sensor de humedad</b>	43
<b>Colocación de gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos del cultivo sin suelo</b>	44
<b>Características del equipo de bombeo del sistema sin suelo y del cultivo tradicional en suelo.</b>	44
<b>Características del timer y el equipo de bombeo</b>	45
<b>Instalación del sistema de nebulización</b>	46
<b>Sistema de riego en el cultivo con suelo</b>	47
<b>Dosificación de nutrimentos del sistema del cultivo con suelo</b>	47
<b>Características del instrumental utilizado en el experimento</b>	47
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	57
<b>CONCLUSIONES</b>	72
<b>RESUMEN</b>	74
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	76

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>		<b>Pagina</b>
1	Resultados del análisis de suelo y aplicación de una fertilización de fondo	51
2	Mediciones del crecimiento longitudinal de las plantas de tomate bola variedad 151503 en cultivo sin suelo y con suelo en la etapa vegetativa	52
3	Mediciones del crecimiento longitudinal de las plantas de tomate bola variedad 151503 en cultivo con suelo en la etapa vegetativa	53
4	Análisis de la solución del suelo	54
5	Humedad relativa registrada en el cultivo de tomate bola	56
6	Humedades del suelo determinadas con el Watter Mark	56
7	Determinación de pH y CE del cultivo en suelo durante el desarrollo de las plantas	57
8	Resultados de la cosecha en tomate bola en cultivo en suelo	57
9	Determinación de colorimetría, resistencia a la penetración y grados brix en frutos cosechados en cultivo en suelo	58
10	Resultados de las variables manejadas en el cultivo de tomate sin suelo	59
11	Resultado de materia fresca y cosecha de las plantas en cultivo sin suelo	61
12	Concentración de datos de materia seca	62
13	Temperatura y humedad relativa registrados del 30/03/03 al 25/05/03 durante el desarrollo del cultivo de tomate bola para el cultivo en suelo y sin suelo	63

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras No.</b>		<b>Pagina</b>
1	Estructura física del invernadero del Departamento de Horticultura	30
2	Fabricación de sacos para el cultivo sin suelo	31
3 - 4	Construcción de zanja para el establecimiento del cultivo en suelo	31
5	Acomodo de una película de plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo en suelo	32
6	Zanja para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unicel para facilitar el drenaje	32
7	Aplicación de la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6%	33
8	Colocación de la segunda capa plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo sin suelo	34
9	Nivelación del área del invernadero donde se colocaron los sacos de cultivo sin suelo	38
10	Acomodo de los sacos de cultivo dentro del invernadero	39
11- 12	Trasplante de plántulas de tomate bola en zanja con suelo y en sacos de cultivo	40
13	Colocación del chupatubo y extracción de solución del suelo	42
14	Equipo para determinar el contenido de humedad en suelo, Watter Mark,	43
15	Equipo de bombeo para el sistema de riego en cultivo sin suelo	46
16	Comparación de alturas de plantas en cultivo sin suelo y con suelo	64
17	Porcentaje de humedad relativa presente en el invernadero durante el desarrollo del cultivo	65
18	Comportamiento de la humedad en el suelo	66
19	Registro de pH y CE de la solución del suelo	67
20	Determinación de la coloración de fruto de tomate cosechados en el sistema con suelo	68
21	Comparación del pH del gotero y drenaje	69
22	Comparación de la CE en gotero y drenaje	70

<b>23</b>	Comportamiento del drenaje en el sistema de cultivo sin suelo	70
<b>24</b>	Registro de temperatura máximas y mínimas en el cultivo	71

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la horticultura intensiva, fundamentalmente de los países desarrollados, ha sufrido grandes cambios, de manera que la necesidad de incrementar las producciones para satisfacer la demanda de los mercados y para mantener la rentabilidad de estos sistemas productivos, la ha llevado hacia un mayor control ambiental con el fin de poder optimizar el desarrollo de los cultivos. En este sentido el control de la nutrición vegetal ha sido posible gracias a los sistemas de cultivo sin suelo, con los que se ha podido eliminar el efecto amortiguador ejercido por el suelo y así someter la plantación a las condiciones deseadas de fertirrigación.

Para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que se debe aportar de forma óptima los siguientes factores:

- Aireación: la raíz obtiene la energía que necesita por medio de la respiración quemando carbohidratos y requiere por tanto disponer del oxígeno necesario para ello. Después de cada riego y una vez establecido el equilibrio hídrico, deberá quedar en el medio suficiente aire para asegurar el suministro de oxígeno. Las necesidades dependerán de la intensidad respiratoria, que está en función de la temperatura, la fase de desarrollo, etc., pero en cualquier caso se requiere que un mínimo de un 20-30 % del espacio útil quede ocupado por aire en sistemas que utilizan sustrato.
- Agua: deberá estar continuamente disponible para la planta en condiciones de extracción muy favorables. El volumen y la configuración de espacios condicionarán la frecuencia y dosis de riego.
- Solutos: entre los elementos químicos disueltos deberán encontrarse todos los necesarios para la nutrición de la planta en cantidades suficientes para prevenir las carencias, pero no excesivas para evitar niveles altos de presión osmótica a vencer por la raíz.
- Temperatura: deberá ser la apropiada para asegurar una óptima actividad biológica en la raíz. Si es excesivamente baja, ésta se ralentizará si es demasiado alta el



exceso de actividad acarreará un despilfarro de energía. Si se sobrepasan ciertos valores extremos, la raíz muere.

Cualquier sistema de cultivo sin suelo adoptado funcionará tanto mejor cuanto más óptimamente proporcione los factores antes mencionados. Así, los sistemas con sustrato dependerán muy directamente del manejo del riego para conseguir un adecuado equilibrio aire / agua.

Cualquier sistema de cultivo sin suelo que se desarrolle, va a estar definido por tres componentes básico, que son:

- Las unidades elementales de cultivo (sacos, macetas, canalones, etc).
- El equipamiento adecuado (automatismos, equipo de riego, etc).
- La tecnología necesaria para su correcto manejo.

Para conseguir un resultado satisfactorio del cultivo, será necesario conjuntar adecuadamente estos elementos.

Se puede definir la unidad elemental de cultivo como el módulo básico que comprende un espacio de cultivo común, de características determinadas y que es utilizado como rizosfera por una o más plantas que tienen sus raíces en contacto, empleando conjuntamente dicho espacio. Estas unidades elementales pueden estar interconectadas a través de la solución nutritiva o bien pueden estar completamente aisladas y sin riesgo de transmisión de patógenos radiculares de unas a otras a través de dicha solución.

Cada módulo unitario consta de dos elementos: por un lado el contenido o sustrato que es el medio donde va a desarrollarse la raíz del cultivo y por otro el contenedor o recipiente que se encarga de aislar, dar forma y condicionar en gran medida las propiedades del contenido, sin embargo, no siempre aparecen estos dos componentes ya que a veces se prescinde del sustrato de cultivo, como ocurre en los hidropónicos puros, en los que la raíz se encuentra inmersa directamente en la solución nutritiva, asimismo existen sustratos rígidos en los que el contenedor (generalmente una lámina de polietileno) tiene como única función impedir la penetración de la luz hasta el medio radical y evitar su excesiva desecación.

Debido a los inconvenientes que presentan los sistemas de cultivo en bancadas, en las últimas décadas la tendencia más generalizada ha sido el empleo de sustratos embolsados en sacos de plástico con un volumen y dimensiones variables en función del tipo de material empleado para el desarrollo del cultivo, insertándose las plantas en agujeros laterales realizados en los mismos, se colocan horizontalmente sobre el suelo, especialmente en cultivos hortícolas de porte alto. Dado que cada una de estas unidades se utilizan para unas pocas plantas, resulta más sencillo controlar los ataques de enfermedades de raíz, y es fácil manejar y reponer el sustrato, además de que el contenedor, al ser de material plástico, resulta barato y ligero, ofreciendo al mismo tiempo unas buenas condiciones de opacidad. Por el contrario, la principal desventaja es que se requiere una mayor uniformidad de riego al estar la raíz confinada en una unidad de cultivo de pequeño volumen.

Los sustratos empleados en los cultivos en sacos los podemos dividir en tres grupos: orgánicos, minerales o sintéticos. Dentro de los orgánicos tenemos materiales como la turba, la fibra de coco, las cortezas de árboles y el aserrín; entre los minerales hay que distinguir los de origen natural, como la arena o las rocas volcánicas y los de transformación industrial, como la lana de roca y la perlita. Finalmente en el tercer grupo está el foam. En Almería España, los más empleados actualmente son la perlita y la lana de roca, mientras que los orgánicos, encabezados por la fibra de coco, se encuentran muy por detrás de los primeros. En Murcia la arena es el que predomina, aunque se emplea en forma de largos sacos denominados comúnmente “salchichas”. Tienen unos 25 m de longitud, 0,4 m de anchura y 0,25 m de altura y se colocan sobre el suelo, por lo que se trata de un sistema intermedio entre las bancadas y el cultivo en sacos. La granulometría que se suele emplear es la misma que en los sistemas en bancadas.

En la realización de este trabajo se pretende comprobar la eficiencia en producción, calidad, las ventajas tiempo de cosecha y con el uso de aparatos, equipos y técnica de manejo del sistema de cultivo sin suelo contra el sistema tradicional (en suelo) por ello se plantea los siguientes objetivos.

### **Objetivos:**

- Comparar la producción de tomate en perlita contra suelo
- Monitorear la dinámica nutricional a nivel solución del suelo.
- Controlar la solución hidropónica a usar en los sacos de perlita.

### **Hipótesis**

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

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Origen y domesticación del tomate cultivado en el mundo**

En México el jitomate o tomate está considerado como la segunda especie hortícola por la superficie sembrada y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra todo el año, y se consume tanto en fresco como procesada (puré), siendo una fuente rica en vitaminas.

El tomate ocupa un lugar preponderante con relación al desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial,, reportándose que requiere 140 jornales por hectárea ( Valadez, 1998)

### **Origen e historia**

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

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

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

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

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

## Características genéticas y morfológicas

Todas las especies del género *Lycopersicon* presentan 12 pares de cromosomas. Mas de 1000 genes son conocidos y aproximadamente 258 ya fueron mapeados y ubicados con gran precisión. Como especie presenta una alta variabilidad genética natural, muy expresiva. Una alta tasa de autopolinización, lo que conduce a pronta expresión de mutaciones recesivas y también es relativamente fácil de manejar por medio de cruzamientos controlados. Evolutivamente el estigma de la planta se acortó, haciendo la mas dependiente de su autofecundación que de la polinización por insectos, siendo una planta eminentemente autógama.

Algunos genes han sido identificados afectando el hábito de crecimiento de la planta o las características del fruto:

- ⊕ sp (self pruning) o "auto poda", la planta crece compacta, en contraste con las de hábito indeterminado. Mutación espontánea, que apareció en Florida USA. Ha sido utilizado en programas de mejoramiento. Las ramas de las plantas de crecimiento determinado forman una mata, las flores son mas abundantes y la fructificación es mas concentrada en período mas cortos
- ⊕ d (dwarf) gobierna el crecimiento de plantas enanas, con entrenudos cortos, posibilitando la cosecha mecánica.
- ⊕ J1j2 ( jointless) significa pedicelo del fruto sin articulación. Este presenta ausencia de camada de abscisión en el pedúnculo, lo que dificultaría la separación del fruto en la cosecha.
- ⊕ T ( tangerina) determina la coloración anaranjada del fruto
- ⊕ u ( uniform ripening) elimina el "hombro verde" de los frutos, impidiendo la retención de clorofila en esta región del mismo, determinando una coloración uniforme.
- ⊕ OgC(crimson) aumenta el tenor de licopeno ( pigmento rojo), en detrimento del beta -caroteno (naranja), mejora la coloración de los frutos
- ⊕ hp( high pigment) aumenta el licopeno y beta caroteno conjuntamente, lo que resulta en provitamina A, la cual es mas deseable y equilibrada desde del punto de vista de la nutrición humana.
- ⊕ Lc frutos biloculares , es un carácter parcialmente dominante
- ⊕ f ( fasciate) frutos con gran números de lóculos

- ⊕ alc (Alcobaça) condiciona la velocidad de maduración, generando una mayor conservación del fruto cosechado ("larga vida")
- ⊕ nor maduración retardada de los frutos, en estado heterocigota, pero coloración comercial aceptable (larga vida)

Además de estos genes existen otros que le brindan resistencia y adaptación a factores abióticos y bióticos. En climas tropicales pueden presentarse problemas comunes de falta de fructificación, cuando los días presentan temperaturas en el rango de 29-35 °C y las noches temperaturas elevadas ( por encima de 22°C) afectando también la producción de granos de polen.

### **Características botánicas y taxonómicas**

Es una planta anual y puede ser semiperenne en regiones tropicales. Su sistema de raíces es fibroso y robusto, pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad. Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpodico.

El racimo floral o inflorescencia esta compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente. La inflorescencia se forma a partir del sexto o séptimo nudo en cada 1 o 2 hojas se encuentran las flores en plantas de hábito determinado, y en las de hábito indeterminado se forman a partir del séptimo o décimo nudo y cada cuatro hojas.

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o mas lóculos (multilocular); los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color mas común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm.

### **Clasificación taxonómica**

Familia: Solanaceae

Genero: Lycopersicon

Especie: esculentum

### **Requerimientos climáticos**

El jitomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12° a 16° C (mínima 10° C y máxima de 30° C ) y la

temperatura ambiente para su desarrollo de 21° a 24° C, siendo la óptima de 22°C; a temperaturas menores de 15°C y mayores de 35°C puede detenerse su crecimiento. Cuando se presentan temperaturas altas (> 38° C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, hay poco amarre del fruto debido a que se destruyen los granos de polen ( células huevo); si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1 a 3 días después de la antesis, el embrión es destruido (después de la polinización).

El amarre del fruto también es bajo cuando las temperaturas nocturnas son altas (25° a 27° C) antes y después de la antesis. A temperaturas de 10° C o menores las flores abortan.

La temperatura óptima para la maduración del fruto es de 18° a 24° C, si la temperatura es menor de 13° C, los frutos tienen una maduración muy pobre. Cuando la temperatura es mayor de 32° C durante el almacenamiento, la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos. Se afirma que a temperaturas de 22° 28° C se obtiene una óptima pigmentación roja.

### **Requerimientos de suelo y fertilización**

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante la acidéz, con valores de pH 6.8 a 5.0. En lo referente a salinidad, se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores máximos de 6400 ppm (10mmho).

Con respecto a la textura del suelo, el tomate se desarrolla en suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo-arenosos con buen drenaje.

### **Tipos de crecimiento**

De acuerdo con su crecimiento, el tomate se divide en: determinado e indeterminado. A continuación se discute solo el tipo indeterminado que corresponde al tomate bola.

Forma:

- 1) Redondo o bola. Consumo fresco e industria

Color:

- 1) Rojo: Piel y pulpa rosa.
- 2) Rosa: Piel incolora y pulpa rosa.

### **Densidad de siembra y población**

En lo que se refiere al punto de siembra directa, se recomienda de 0.9 a 1.2 kg / ha de semilla con la sembradora Planet Jr. actualmente se utilizan sembradoras de precisión en donde se gastan de 113 a 227 g de semilla / ha, sin embargo, a nivel comercial no se utilizan debido al costos de la sembradora, usando principalmente almácigos, ya sea a campo abierto o bajo condiciones de invernadero a campo abierto se recomienda una superficie de almácigo de 50 m<sup>2</sup>, utilizando 300 gr. de semilla y obteniendo suficientes plántulas para una hectárea comercial; éstas se extraen del almácigo cuando tienen en promedio la formación de 3 a 4 hojas verdaderas o una altura de 20 cm, lo cual sucede aproximadamente a los 45 días.

Por lo que respecta a la densidad de población por hectárea, se obtienen densidades de 18000 a 33 000 plantas / ha, pudiendo fijar las siguientes distancias entre surcos: 1.00, 1.20, 1.50 y 1.80m, dependiendo de la maquinaria disponible y el tipo de crecimiento de la planta. Entre plantas se da un espacio de 25 a 50 cm, dependiendo del cultivar y a una hilera.

### **Manejo del cultivo de tomate en suelo**

En los últimos años, el cultivo intensivo de tomate en invernadero ha crecido, estos reducen las altas temperaturas y amortiguan los valores extremos de humedad del aire, como es frecuente en invernadero antes de establecer el cultivo, es necesario efectuar una desinfección del suelo, sobre todo cuando le precede una especie poco aconsejable, lo que permite prevenir problemas patológicos de origen telúrico (enfermedades de suelo, nematodos...) o emplear otras técnicas (cultivares resistentes, cultivos en sustratos,...).

En cultivares de crecimiento indeterminado la primera inflorescencia suele aparecer tras la séptima a la onceava hoja mientras que en cultivares determinados aparecen normalmente tras la quinta a la séptima hoja, aunque las condiciones ambientales pueden alterar estos patrones.



El crecimiento de tomate puede limitarse o interrumpirse por varios factores (estrés hídrico, baja temperatura, día corto,...) (Ggeisemberg y Stewart, 1980; Aung, 1976; Nisen et. al., 1990 citados por Nuez, 1995).

### **Producción de planta (Semillero)**

Para cultivos intensivos de tomate se emplean plantas procedente de semillero, no siendo normal en la actualidad la siembra directa, que solo se emplea en algunos casos en cultivos extensivos, hoy en día, el alto coste de la semilla (debido al empleo de híbridos) ha generado el uso de tacos prensados de turba, macetillas de papel o plástico rellenas de sustrato, bandejas de alvéolos o procedimientos similares para transplantar con cepellón, siendo cada vez mas frecuente que la preparación de los plantones corra a cargo de entidades especializadas (semilleros industriales).

La germinación de la semilla tiene lugar a valores óptimos de temperatura entre 18 y 24° C, y extremos entre 8.5 y 35° C, requiriendo una integral térmica de 88 grados / día para la germinación completa, aunque hay notables diferencias entre cultivares (Martinez, 1984 citado por Nuez, 1995).

La preparación de la planta en el semillero tiene duración variable según el tamaño deseado, si el cultivo va a tener lugar en invernadero calefactado tiene lógica demorar al máximo la plantación, pues es mas barato calentar el semillero donde la densidad de plantas es mucho mas alta, que en el invernadero donde transcurrirá su ciclo.

La siembra se efectuará en seco y tras el riego, se introducen las bandejas en cámara de germinación durante tres días, tras los cuales se pasa a invernaderos donde se mantienen temperaturas mínimas de 11°C.

El sustrato mas utilizado es una mezcla de turba rubia 80% y turba negra al 20% enriquecida con fertilizantes, los riegos por microaspersión, se efectúan de 1 o 2 veces diarias, según la demanda evaporativa y la fertirrigación (15 días de la siembra), se basa en equilibrios tipo 1/1/1 de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A los 30 o 35 días de la siembra en charola la planta con 3 hojas verdaderas (12cm de altura) esta en condiciones de transplante al terreno. Una

buena planta debe de tener una anchura igual o mayor que su altura (Honma, 1979 citado por Howard, 1997).

## Trasplante

Se usan plantas con cepellón, es conveniente utilizar un plantador que extraiga del suelo un volumen de tierra similar al que ocupará el cepellón, evitando que el cuello de la planta quede demasiado enterrada. Tras el trasplante se da un riego a fin de conseguir buena humedad en el entorno radicular y un buen contacto en el cepellón transplantado, que permita un buen desarrollo radicular, la densidad de plantación dependerá del desarrollo vegetativo, el cual estará influenciado principalmente por el cultivo elegido, sus características de crecimiento, poda y entutorado empleados, tipo y fertilidad del suelo, disposición y tipo de riego, así como por la climatología del ciclo elegido .

## Poda y entutorado

Las plantas de tomate de crecimiento indeterminado pueden alcanzar longitudes enormes, pero solo los 2 o 3 m terminales mantienen hojas, flores y fruto; el sistema de poda y entutorado debe de permitir la mayor accesibilidad de los operarios a esta parte terminal de la planta (Van de Voore et al., 1986 citados por Nuez, 1995).

Los tipos básicos de poda son dos: a un tallo y a dos tallos. En la poda de un tallo se eliminan todos los brotes axilares del tallo principal, en la poda de dos tallos, se deja crecer uno de los brotes axilares. (Rodríguez, 1984 citado por Nuez, 1995).

El entutorado permite una mejor aireación del cultivo y facilita las operaciones de tratamientos fitosanitarios. En invernadero el entutorado se sustenta en un entramado, de alambre, solidario con la estructura del invernadero. Para cada planta se emplea hoy un hilo de plástico el cual se une a la planta bien por anillas de sujeción o liándolo al tallo.

## Fertilización

Dependiendo de las condiciones concretas de cada caso (fertilidad del suelo, clima, tipo de riego,...) la fertilización de tomate varía notablemente. El análisis previo del suelo es necesario, la fertilización se aplica según las extracciones estimadas del cultivo, aunque la variabilidad de extracciones es enorme; estas extracciones están influenciadas por el tipo de poda seguido y especialmente por el momento de destalle de brotes axilares, es recomendable que el destalle se efectúe lo antes posible para evitar extracciones poco útiles al cultivo. (Castilla, 1985 citado por Nuez, 1995).

## Riego

En riego por goteo es necesario conocer el ritmo de absorción de los elementos minerales para programar el abonado.

Es necesario el riego del tomate, de los tres sistemas de riego posible, el riego localizado gana adeptos en detrimento del riego convencional de superficie y del surco por aspersión. La facilidad de manejo, posibilidad de fertirrigar y la mayor eficiencia del uso del agua, están promoviendo la expansión del riego localizado de alta frecuencia. En invernaderos donde los cultivares empleados son de cosecha escalonada, el período vegetativo es mucho menos sensible al déficit hídrico que los de floración y fructificación, el nivel de agotamiento permisible para tomates de invernadero en el ciclo, ha sido cifrado en el 20% y del 30 al 50%. De los diversos métodos empleados para la programación de riegos, los dos más empleados son: el balance de agua y los basados en medidas directas de la tensión de agua en el suelo.

Otros factores que influyen a la respuesta del agua del tomate son las condiciones de salinidad, a las cuales el tomate es moderadamente sensible, unas condiciones de salinidad controlada pueden usarse para conseguir mejor calidad de fruto (Stevens et al., 1970 citados por Haword, 1997).

En caso del riego por goteo, como regla práctica, es conveniente emplear cuando menos una pareja de tensiómetros en cada lugar de observación próximos al emisor, un buen manejo mantendrá lecturas entre 10 y 30 cb, en el menos profundo (10cm), el mas profundo permitirá evaluar el movimiento del agua en profundidad, que si se desea conocer con mas detalle obligará un tercer tensiómetro. El cultivo de tomate en invernadero dependiendo de las características del suelo, requiere riegos diarios o varias veces al día sobre toda en época de alta demanda evaporativa (Castilla, 1991 citado por Nuez, 1995).

### Cuajado del fruto

El desarrollo del fruto esta ligado a la producción de auxinas, lo cual está en función de la cantidad de semilla, que dependen lógicamente del numero de óvulos fecundados. Las temperaturas óptimas para la liberación de polen son de 20 a 21° C. Los fitorreguladores empleados para el cuaje de tomates pueden estar formulados con una o mas de las materias activas como ácido giberelico, ácido clorofenoxiacético, ácido naftoxiacético, ácido clorofenoxipropionico, ácido indolacético y ácido metilclorofenoxiacético (Honman, 1979 citado por Nuez, 1995).

### Recolección

El color debe ser uniforme y hay una amplia gama de matices de color entre el verde y el rojo inducido por el contenido de licopeno.

La firmeza es muy variable entre cultivares, siendo mas blandos, los multiloculares que los biloculares, influenciada por el estado de madurez y por las condiciones del cultivo. El contenido de azúcar, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del tomate. Valores de pH inferiores a 4.4 y contenidos de azúcares superiores al 4 - 4.5% son necesarios para un buen sabor, aunque varían según cultivares (Castilla, 1985 citado por Nuez, 1995).

La recolección del fruto se efectúa en distintos grados de madurez según el mercado a que se destine, condiciones de transporte y temperatura. El ritmo de recolección puede llegar hasta tres veces por semana, aunque en casos extremos puede ser conveniente recolectar diariamente realizándose manualmente (Cañero et al., 1990, citado por Nuez, 1995).

### **Plagas del cultivo del tomate**

El cultivo de tomate presenta un amplio abanico de modalidades culturales, en consonancia con las características regionales de clima y orografía, costumbres y tradiciones, es una de las hortalizas con más estudios entomológico y fitopatológico, ya que presenta una amplia variedad de insectos plaga, enfermedades patológicas y fisiológicas presenta, desde plántulas hasta cosecha de los frutos.

#### **Principales plagas del tomate**

- Mosca blanca de los invernaderos: (*Trialeurodes vaporariorum*) los adultos y larvas al alimentarse succionan contenidos celulares y savia, para ello. introducen el estilete en los folíolos y lo introducen hasta alcanzar las células floemáticas, absorbiendo la savia elaborada, los tejidos y órganos afectados amarillean.
- Mosca blanca del tabaco: (*Bemisia tabaci*) los adultos están revestidos de una secreción cerosa pulverulenta blanca, tienen los ojos de color oscuro y es capaz de transmitir gran cantidad de virosis, de entre ellas un buen número afectan el tomate: tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), tomato yellow mosaic (TYMV), tomato leaf curl virus (TLCV), chino del tomate (CdTV), tomato golden (LCCh), yellow mosaic french bean virus (TYFBV).
- Gusano del fruto: (*Heliothis virescens*) la larva es masticadora, recién eclosionada se alimenta del follaje tierno de las plantas para luego atacar los frutos. En tomate y chile la larva perfora los frutos reduciendo su calidad.
- Gusano soldado: (*Spodoptera exigua*) este insecto es una de las plagas de mayor importancia económica, el daño en los frutos consiste en mordiscos superficiales que se secan al madurar el fruto y pueden alcanzar un valor del 25%, esta plaga se reproduce en otros cultivos como trigo, sorgo, soya y alfalfa.
- Gusano alfiler: (*Keiferia lycopersicella*) su daño en el fruto puede alcanzar un 80%, y a pesar de las aplicaciones constantes de insecticidas, esta situación se debe a

la presencia de lotes abandonados. La hembra oviposita sobre las hojas de abajo o arriba de la inflorescencia con mas flores. las larvas del tercer estadio se introducen en el fruto alrededor del área del cáliz, pedúnculo o quiche.

- Minador: (*Liriomyza sativae*) las larvas se alimentan minando las hojas en la células del mesófolio, causando las minas características del daño de este insecto. Al madurar la larva emerge de la minas, y el estado pupal la realiza en la superficie de las hojas inferiores de las plantas, en el suelo y en ocasiones en la inserción de los frutos con el pedúnculo (Socorro y Jesús et. al.,1999).

### **Enfermedades del cultivo de tomate**

#### *Tizón tardío Phytophthora infestans*

Este hongo es el agente causal del Mildiú del tomate y de la patata afectando a otras especies de la familia de las solanáceas. En tomate ataca a la parte aérea de la planta y en cualquier etapa de desarrollo. En hojas aparecen manchas irregulares de aspecto aceitoso al principio que rápidamente se necrosan e invaden casi todo el foliolo, alrededor de la zona afectada se observa un pequeño margen que en presencia de humedad y en el envés se aprecia como un fieltro blancuzco poco patente. En tallo, aparecen manchas pardas que se van agrandando y que suelen circundarlo. Afecta a frutos inmaduros, manifestándose como grandes manchas pardas, vítreas de superficie y contorno irregular. Las infecciones suelen producirse a partir del cáliz, por lo que los síntomas cubren la mitad superior del fruto. Las fuentes de inóculo primario son desconocidas en Almería.

#### *Tizón temprano Alternaria solani*

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

fusarium *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

comienza con la caída de pecíolos de hojas superiores, las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y terminan por morir, puede manifestarse una marchitez en verde de la parte aérea reversible en los primeros estadios, después se hace permanente y la planta muere, también puede ocurrir que un amarilleo que comienza en las hojas más bajas y que termina por secar la planta.

*Verticillium dahliae*

En berenjena los síntomas empiezan por una marchitez en las horas de calor, que continúa con clorosis de la mitad de las hojas y de forma unilateral, desde las hojas de la base al ápice. La planta termina marchitándose y muriendo, aunque no siempre, de manera que cuando las temperaturas aumentan los síntomas desaparecen y la planta vegeta normalmente (Socorro y Jesús et. al.,1999).

### **Producción de tomate en invernadero**

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

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

## Temperatura

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

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

- Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente donde no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.

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

Exigencias de temperatura del tomate	
Temperatura mínima letal	0 – 2.0
Temperatura mínima biológica	10 – 12
Temperatura óptima	13 - 16
Temperatura máxima biológica	21 – 27
Temperatura máxima letal	33 - 38

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



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

### **Iluminación**

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO<sub>2</sub>, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.

### **CO<sub>2</sub>**

El dióxido de carbono de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO<sub>2</sub> es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortalizas como en flores.

### **Control ambiental**

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: sistema de calefacción, ventilación y suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles adecuados de la radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub> para conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo.

## **Sustratos utilizados en cultivo de tomate sin suelos**

### **Sustrato:**

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta.

Un sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radical del cultivo, presenta un volumen físico limitado, debe encontrarse aislado del suelo y tiene como

función mantener la adecuada relación del aire y disolución nutritiva para proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios; los sustratos sólidos ofrecen a las plantas un anclaje de plantas (Ansorena, 1994).

### **Tipos de sustratos:**

#### **Lana de roca**

Durante los últimos quince años el cultivo en lana de roca se ha convertido en una de las técnicas principales para la producción de cultivos entutorados, especialmente tomate y pepinos, la lana de roca es ampliamente usada en cultivo de invernaderos. De acuerdo con un estudio realizado en 1986 por C. J. Graves del Glasshouse Crops Research Institute de Littlehampton, de Inglaterra, el área total de la producción de tomates en Gran Bretaña en lana de roca en 1979 fue menor de una hectárea. En la actualidad el cultivo sobre lana de roca es el cultivo hidropónico más extensamente usado, con más de 2 000 hectáreas de invernaderos cultivados mediante este sistema en los países bajos. La tecnología se inicia en Dinamarca en 1969 con el cultivo de tomate y pepinos.

La lana de roca es un material fibroso inerte obtenido por las mezclas de roca volcánicas, caliza y coque fundidos de 1 500 ° a 2 000 ° C. Los materiales se estiran y se prensan ligeramente tejiendo capas. Aunque la composición de la lana de roca varía ligeramente de uno a otro fabricante, básicamente consta de dióxido de silicio ( 45 % ), óxido de aluminio ( 15%), óxido de calcio (15%), óxido de magnesio ( 10 %), óxido de hierro ( 10 %), y otros óxidos ( 5 %). La lana de roca es ligeramente alcalina, pero inerte y biológicamente no degradable. Tiene una buena capacidad de retención de agua con un 95 % del espacio poroso. Todos los fertilizantes se deben de añadir con el agua de riego. La lana de roca tiene una capacidad de retención de agua aproximadamente de 80 %, su pH oscila entre el 7 y 8.5 aunque no tiene capacidad reguladora, el pH puede reducirse fácilmente a niveles óptimos para tomate de 6.0 a 6.5 usando una solución nutritiva ligeramente ácida (Cadahía, 1998).

## **Perlita**

Es un material silíceo de origen volcánico extraído de los ríos de lava. El material recién sacado se muele y se cierne calentándose en hornos a unos 1400 ° F ( 760 ° C). Temperatura a la que se evapora agua contenida en las partículas, expandiéndose de semillas esponjosas muy ligeras, con peso de 5 a 8 libras por pie cúbico. La perlita absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, aunque sin capacidad tampón: a diferencia de la vermiculita, no tienen capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales pero es más útil para incrementar la aireación.

El sistema de bolsas de perlitas se prepara de la misma forma que el cultivo de lana de roca aunque con algunas diferencias. Al utilizar un inyector con riego por goteo, cada bolsa tiene dos emisores, uno en la base de cada planta. (Howard, 1997).

La perlita expandida es un mineral natural sin ningún aditivo, durante su transformación no se generan residuos ni se incorpora elementos indeseables, una vez usada es por completo reciclable. Una gran ventaja comparativa sobre otros minerales es su extremada consistencia, origen de su elevada durabilidad. Con ello contribuimos a minimizar los desechos generados tras su utilidad agrícola y a ser, por lo tanto, es una excelente inversión para el agricultor.

## **Fibra de coco**

La fibra de coco es un sustrato, con posibilidades de ser utilizado en cultivos sin suelo, o como sustituto o componente de otros sustratos. Las propiedades de este sustrato se mantienen durante muchos años, y simplemente es recomendable colocar un poco más de sustrato nuevo cada 3 años, para renovarlo. El marco de plantación, así como el manejo del control climático en el invernadero, es similar a otros sustratos. Como principales ventajas, destacamos el ahorro de agua y abonos, la tranquilidad del agricultor a la hora de quedarnos sin energía eléctrica en la explotación, ya que aguanta mucho la humedad y permite grandes períodos de tiempo sin regar.

El polvo de coco es el que se encarga de la retención del agua en todo el volumen del sustrato, mientras que la fibra proporciona el nivel necesario de aireación, evitando cualquier posibilidad de encharcamiento. El polvo de coco es capaz de retener hasta ocho veces su peso en agua, lo que posibilita un mayor espaciamiento entre los riegos. Este ahorro de agua se traduce en un menor gasto de abono y un menor uso de la maquinaria de riego.

La fibra de coco viene prensada normalmente en balas de 350 litros y mediante una máquina se deshacen estas balas, ya que poseen un tamiz alimentador que puede funcionar a mayor velocidad o menos, un motor hidráulico, martillos y boquillas para humedecer la fibra de coco. El resultado es una fibra de coco con cualidades excelentes para su uso en la agricultura y más en este novedoso sistema.

La plantación en este sistema de cultivo se puede realizar con la plántula en diversos tipos de sustratos. Si se realiza en tacos de lana de roca, se recomienda introducir poco el taco en la fibra, para obligar a las raíces a explorar rápidamente la fibra. El cepellón de fibra de coco es el más recomendado, ya que no se produce ningún tipo de shock en la planta, al ser el sustrato del cepellón y el de la plantación, al mismo tiempo. El cepellón de turba es en cambio el menos recomendado, ya que retiene mucho la humedad, y las raíces tardan mucho tiempo en explorar la fibra. El manejo de perlita en el cepellón, a la hora de realizar la plantación en fibra de coco, es similar al realizado con fibra. El agujero para la plantación en cepellón, se realiza con unos plantadores que terminan en un pequeño pico, para que no se produzca vacío al colocar la planta.

Es conveniente darle a la finca de un 0.5 por ciento de desnivel, realizando también otra pequeña inclinación lateralmente, dependiendo de hacia donde se coloque la canalilla de desagüe del canal de cultivo.

Los riegos se suelen realizar mediante goteros autocompensantes de 3 litros la hora, con unos pequeños latiguillos y una piqueta que va enterrada superficialmente en la fibra, ya que podemos correr el riego de romper el plástico del canal de cultivo, actualmente se están realizando ocho o nueve riegos al día, de seis minutos de duración cada uno. Se suelen utilizar bandejas de demanda, que al igual que otros sistemas de hidroponía, llevan

acopladas unas cazoletas donde se mide el agua de demanda, cuando el nivel de agua de la bandeja es inferior al de los electrodos, se manda una señal de riego. Podemos regular la cantidad de agua en cada riego haciendo girar el sistema, con lo que elevamos más o menos la altura de los electrodos, es conveniente colocar una ballesta en el fondo de la bandeja de demanda, para que las plantas puedan tomar agua por capilaridad.

Es importante colocar un plástico negro o una lona cubresuelos del mismo color, debajo de los canales de cultivos, ya que de esta forma evitamos la perforación de las raíces de las plantas en el suelo del invernadero ( Cervantes, 2003 ).

### **Manejo del cultivo de tomate sin suelo**

La productividad y la calidad son factores fundamentales en el cultivo de tomate para consumo en fresco y es principalmente si es destinado a mercado distante, para los que una buena llegada deberá ser garantizada con frutos consistentes y de larga duración. Los tomate mas apreciados para la exportación han sido producidos en zonas áridas, con suelo y aguas de mala calidad, mientras que los suelos de mejor condición han sido destinados a otros cultivos, ya que para el tomate eran desaconsejados por la poca consistencia de los frutos que se obtienen. Las producciones obtenidas con suelos y aguas de mala calidad no son todo lo cuantiosas que se desean y los frutos pierden calibre, lo que resulta lógico debido al estrés hídrico a que es sometida la planta a causa de la alta salinidad.

Con los cultivos sin suelos podemos conseguir buena calidad con aguas buenas y buenas producciones con aguas mediocres, lo que explica que sea en el cultivo de tomate donde han encontrado su mayor aceptación y mas rápida difusión. Los cultivos sin suelo son sistemas en general más fiables para la planificación de la producción, ya que en el mayor control posible en su manejo así lo permite. Los cultivos sin suelo son caros por sus exigencias en infraestructuras y manejo delicado y atento, por lo que no son aconsejable en cualquier condición y circunstancia (Nuez, 1995).

## Conducción del cultivo

Los sistemas de cultivo sin suelo tienen una gran sensibilidad ante cualquier modificación introducida, esto permite una conducción fácil y rápida en respuesta, que se traduce en una optimización de resultados si la actuación es correcta.

## Elección del sistema de cultivo

Antes de optar por un sistema determinado conviene analizar los factores de mayor influencia y elegir el de mejor comportamiento, así, las fuertes oscilaciones térmicas día / noche, las temperaturas extremas causadas ( máximas y mínimas) y ausencia de cualquier control climático en el invernadero, nos orientará a la elección de sustratos voluminosos y de porosidad gruesa ( buena aireación) que por su mayor inercia térmica tendrá un mejor comportamiento en estas condiciones. Las aguas de calidad mediocre propiciarán el empleo de sustratos de porosidad gruesa, que permitan riegos excedentarios para el lavado de sales sin peligro de asfixia radicular. La falta de nivelación del terreno favorece la programación de riegos cuantiosos y en pequeños números para minimizar al máximo las distorsiones producidas por cargas y descargas de conducción, en este caso serán favorables los sustratos voluminosos y con gran capacidad de agua útil.

Los sustratos inertes son más fáciles de manejar que los que tienen algún tipo de actividad, pues las repuestas a cualquier actuación son inmediatas y sin compartimento extraños, no obstante una moderada capacidad de intercambio ( $< 20 - 25$  meq) la consideramos favorable, pues tampona los pequeños desajustes u oscilaciones del equipo de riego y suaviza la respuesta de los cambios voluntarios en pequeña medida ( Resh, 1992).

## Diseño de la solución nutritiva

Al diseñar el equilibrio y concentración de la solución nutritiva se pretende aportar los elementos minerales necesarios en cantidades capaces de satisfacer las

concentraciones de absorción óptimas. La presencia deficitaria de un elemento será perjudicial a la planta, pero también lo será la excedencia.

El equilibrio y concentración de la solución que aplicamos no es el mismo que encontramos en el sustrato, ya que las concentraciones de absorción son distintas a las de aporte. Algunos elementos disminuyen en concentración (P, K, Mn) y otros aumentan (Ca, S, Fe, Zn, B, Mn, Cl y Na) mientras el N permanece a los valores de entrada en su forma nítrica y desaparece el amoniacal. Las concentraciones de absorción no son en modo alguno constantes y en consecuencia también varían las de aporte, los factores que más influyen en estas variaciones son los estadios de la plantas y condiciones climáticas.

En la primera parte del ciclo del tomate predomina la fase vegetativa de rápido crecimiento y el consumo de nitrógeno es muy alto, con la entrada de la fructificación el consumo del nitrógeno baja y aumenta el potasio para llegar a un equilibrio sostenido a partir del comienzo de la recolección, que prácticamente se mantienen hasta el final. La radiación luminosa aumenta el consumo de agua de nutrientes hasta el nivel máximo de saturación, mientras que la temperatura aumenta la transpiración y por lo tanto el consumo de agua crece a mayor ritmo que el de nutrientes.

La calidad del agua tiene una gran influencia en el diseño de la solución. cuanto más salina es el agua mayor porcentaje de drenaje necesitaremos. Otro factor que influye en el diseño de la solución nutritiva es la variedad utilizada (Nuez, 1995).

### **Riego: secuencia y volumen**

El cultivo sin suelo difiere en cierto grado con el de riego clásico, aquí va asociado con la reposición de la solución de nutrientes a pequeñas dosis y alta frecuencia, las instalaciones y equipos de riego nos obligan a volúmenes excedentarios pues, por muy perfectas que sean, siempre hay una cierta variabilidad, debido tanto a los goteros como a las pérdidas de carga en distribución, se debe de aceptar en el mejor de los casos un porcentaje de drenaje mínimo de 15 – 20 % como garantía de un correcto funcionamiento. Cuando el nivel de Cl y Na se elevan, es importante por medio del drenaje.

El programador de horarios es el método más sencillo e imperfecto. Se fija en un número determinado de riego en determinados momentos, aunque a la hora de establecerlos tengan en cuenta todos los datos posibles, lectura del tanque, evaporimétrico y drenajes obtenidos (Nuez, 1995).

### **Control y seguimiento del cultivo**

Previamente a la plantación se satura el sustrato con la solución nutritiva y después se abren las aperturas del drenaje por donde saldrán los sobrantes quedando el sustrato a capacidad de recipiente. La plantación generalmente consiste en abrir el plástico envolvente y poner el taco con la planta o bien se introduce un poco hasta cerca de los cotiledones si son sustratos granulados sueltos.

Durante los primeros días, hasta la segunda o tercera semana el riego será de control manual, uno o dos al día y excedentario para facilitar el enraizamiento. Cuando la planta tiene ya suficiente porte y rápido desarrollo se conecta al riego automático, desde este momento los cuidados y atenciones a la plantación serán los usuales a cualquier plantación de tomate en invernadero y como recomendación especial solo cabe el seguimiento continuo y atento a la fertirrigación

Para una mayor seguridad será necesario una serie de controles :

- Riego: verificar la uniformidad de descarga, para lo que se colocarán varios recipientes diseminados por las parcelas, cada recipiente recogerá la descarga de un gotero y diariamente se comprobará el volumen, conductividad eléctrica y pH detectando las posibles desviaciones.
- Drenaje: estableciendo varios puntos para de forma similar a la anterior comprobar si hay desviaciones respecto a lo previsto.
- Análisis químico: de agua periódicamente cada dos o tres meses o antes si de sospecha alguna variación, con la misma periodicidad la solución nutritiva y diariamente se compare la conductividad eléctrica y el pH (Nuez, 1995).



## **Manejo de la solución de tomate en cultivo sin suelo**

En la última década, la producción de cultivo sin suelo ha sido una opción adicional para abastecer de alimentos a la población, entre otros factores, la solución nutritiva es parte fundamental en la hidroponía; de ella depende la magnitud y la calidad de la producción. Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son: la relación mutua entre aniones y cationes, la concentración de nutrimentos expresada con la conductividad eléctrica, pH, la relación de nitratos y la temperatura; la relación mutua entre los aniones y entre los cationes debe corresponder a la que demandan las plantas, estas relaciones deben ser modificadas en las etapas fenológicas del tomate. La conductividad eléctrica influye en la nutrición de las plantas, a conductividades eléctricas mayores que  $6 \text{ dsm}^{-1}$  se inducen diferentes absorciones entre los nutrimentos y por lo tanto, se produce desbalance entre ellas; pero a conductividades eléctricas menores que  $2 \text{ dsm}^{-1}$ , la nutrición es deficiente, sobre todos los lugares o temporadas frías. El pH de la solución nutritiva (SN), determina la solubilidad de algunos nutrimentos, principalmente P, y  $\text{Ca}^{2+}$ , para evitar su precipitación el pH debe mantenerse entre 5.5 y 6 por otro lado, la temperatura de la solución nutritiva influyen en la absorción de nutrimentos y el contenido de O disuelto; la temperatura óptima es de  $22^\circ \text{C}$ .

Solución nutritiva. La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución nutritiva. Para que la solución nutritiva tenga disponibles los nutrientes que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones deben encontrarse disueltos, la pérdida por precipitación de una a varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar deficiencias en la planta, además, de este problema se genera un desbalance de la relación mutua entre los iones (Steiner, 1968 citado por Lara, 2000).

La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Carpena, et. al., 1987; Adams, 1994 citado por Lara, 2000).

Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponia requiere una solución nutritiva con características específicas, de acuerdo con Gaves (1983) y Steiner, (1984), las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos son: La relación mutua entre los cationes y la concentración de nutrimentos (representada por la  $ce$ ), el pH, relación de  $NO_3$ .  $NH_2$  y la temperatura de la solución nutritiva, ( Lara, 2000).

### Solución del suelo y complejo adsorbente

El agua del suelo que ocupa los microporos de la estructura del mismo contiene en disolución los distintos aniones y cationes provenientes de la disociación de las sales formadas. El agua con sus sales disueltas constituyen la solución del suelo que rodea al material edáfico disolviendo las sales que contiene y rodeando además al sistema radical, por el cual las plantas absorben los principales nutrientes básicos (excepto el C y el O que extraen de la atmósfera).

El suelo esta constituido por los coloides minerales y orgánicos. Estas partículas finas poseen principalmente cargas eléctricas negativas que atraen a las partículas que poseen una carga contraria. Estos cationes están en un continuo movimiento entre los coloides y la solución del suelo, intercambiándose mutuamente. Entre los cationes mas comunes llamados cambiables están: Hidrógeno, Ca, Mg, K, SA. La cargas eléctricas de los coloides llegan a un equilibrio electrostático con cargas de los iones. La suma de las partículas coloidales del suelo que tienen este comportamiento de adsorción de cationes recibe el nombre de complejo adsorbente.

Los elementos nutritivos se movilizan para ser absorbidos por las plantas de diversas maneras: siguiendo el flujo de absorción que realiza la planta, difundándose en la solución del suelo o por contacto directo entre el suelo y la planta. A través de la extracción de la solución del suelo que contiene disueltos los elementos nutritivos por medio de aparatos como los chupatubos, se pueden realizar análisis químicos, para determinar la relación de la absorción de nutrientes de la planta y el contenido de nutrientes en la

solución lo que nos permitirá llevar a cabo aplicaciones de nutrimentos ya sea en sistema de riego o fertilizaciones de fondo, para mantener un equilibrio nutricional entre la solución del suelo y la absorción de nutrimentos de la planta, dando como resultado elementos disponibles sin que la planta presente deficiencias nutricionales y un equilibrio de elementos en la solución del suelo. (Papadakis, 1990).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del invernadero

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

### Aspectos generales del invernadero

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



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

### **Fabricación de los sacos para el cultivo sin suelo**

Se utilizó perlita como sustrato y para la fabricación de los sacos se manejaron plásticos de color negro que fueron rellenos con 40 litros de perlita cada uno, finalmente se cubrieron con un plástico de color blanco con el fin de poder eficientar la actividad fotosintética. Las dimensiones de los sacos fueron: 1.40 metros de largo, con un volumen de 40 litros de perlita. ( Figura 2).

Las distancias mas usuales para el acomodo de los sacos son:

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

- Dos plantas por perforación



Figura 2. Fabricación de sacos para el cultivo sin suelo

### **Construcción de zanja para el establecimiento del cultivo en suelo**

Esta actividad consistió en abrir una zanja de 7 metros de largo, 0.5 metros de ancho y 40 centímetros de profundidad, dejando una pendiente de 1.4 % para facilitar el drenaje del agua regada. (Figura 3 y 4).



Figuras 3 y 4. Construcción de zanja para el establecimiento del cultivo en suelo

Una vez lista la zanja se le colocó la película plástica negra y sobre ella las charolas de unicel con las cavidades hacia arriba para facilitar el drenaje del agua irrigada, se utilizaron 10 charolas en total para la zanja. (Figura 5 y 6).



Figura 5. Acomodo de una película de plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo en suelo.



Figura 6. Zanja para el establecimiento del cultivo con suelo al momento de incluir las charolas de unicel para facilitar el drenaje.

Ya colocada la charolas de unicel colocadas en la zanja se aplicó una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6% para el establecimiento del cultivo con suelo. (Figura 7).



Figura 7. Aplicación de la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 6% .

Enseguida se colocó la segunda capa de plástico previamente perforada en la parte central; finalmente en la zanja se vació el suelo que se obtuvo en los terrenos de la Universidad y se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 6 % utilizando 200 ml de hipoclorito de sodio por cada 20 litros de agua. ( Figura 8).





Figura 8. Colocación de la segunda capa plástica negra en la zanja para el establecimiento del cultivo sin suelo

### Características físicas del suelo:

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

Algunas características físicas - químicas del suelo:

SUELO	Da Gr/cm <sup>3</sup>	% POROS	% RETEN. HUM	% POROS LIBRES	CC (% HUM)	PMP (% HUM)	pH	CE
poniente	1.35	45.93	98.07	1.93	21	12.49	7.5	0.9

Iones presentes en el suelo

ION	ppm
nitratos	10
fosfatos	16.5
potasio	214

## Balance nutricional de un suelo calizo en la producción de tomate

Los requerimientos nutricionales para obtener 100 toneladas de jitomate para consumo en fresco son:

Nutrientes	Kg
N	325
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	110
K <sub>2</sub> O	600
CaO	275
Mg	100
S	280

Datos de análisis de suelo utilizados para el llenado de la zanja, se muestran a continuación:

Datos		CIC
Da	1.36 gr / cm <sup>3</sup>	13.25 Meq / 100 g
CE	0.85 dsm / m	
NO <sub>3</sub>	10 ppm	
PO <sub>4</sub>	16.5 ppm	
K	214 ppm	

NOTA: Son valores en solución del suelo.

$$\text{Peso del suelo} = (\text{Da}) (\text{Prof})(\text{área}) = 1.36 \times 0.3 \times 10000 = 4080 \text{ ton}$$

$$\begin{array}{l} \text{CC} = 20\% \quad 4080 \text{ ton} \text{-----} 100\% \\ \quad \quad \quad X \quad \text{-----} 20\% = 816 \text{ ton de agua} = 816000 \text{ lt} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{NO}_3 = 10 \text{ ppm} \quad \text{-----} 1 \text{ lt} \\ \quad \quad \quad X \quad \text{-----} 816000 \text{ lt} = 8160000 \text{ mg / ha} = \underline{8.16 \text{ kg / ha}} \end{array}$$

$$\text{N} = 1 \times 14 = 14$$

$$\text{O} = 3 \times 16 = 48 = 62$$

$$62 \text{ kg} \text{-----} 14 \text{ kg N}$$

$$8.16 \text{-----} x = 1.84 \text{ kg N existente en suelo}$$

PO4 16.5 ppm ----- 1 lt  
 X ----- 816000 lt = 13464000 mg / ha = 13.64 kg / ha

P = 1 x 31 = 31                      95 kg ..... 31 Kg P                      P2O5 = 142 ---- 162 kg de P  
 O = 4 x 16 = 64 = 95              13.64 ----- x = 4.39 kg P                      X ----- 4.39 = 10.05 P2O5

Relación K, Ca, Mg

Ca = 85% PSB                      13.25 ----- 100 %  
 CIC = 13.25 meq / 100 grs      x ----- 85% = 11.26 meq / 100 grs

Relación Ca / Mg = 5                      relación K / Mg = 0.2  
 Mg = Ca / 5                              K = (0.2) ( Mg)  
 Mg = 11.26 / 5                              K = (0.2)(11.26) = 2.252 meq / 100 grs  
 Mg = 2.25 meq / 100 grs

K = 214 ppm  
 1 meq ----- 39.1 ppm      0.547 meq                      1 meq --- 39.1 mg  
 X ----- 214 ppm      0.4504 meq                      0.97 ----- x = 38.12 K  
 X = 5.47 meq K                      0.097 meq / 100gr      X = 38.12 ppm K  
     0.97 meq / kg                      (38.12)(4.08) = 155.5 kg /ha

94.2 K2O ---- 78.2 k  
 x ----- 155.5 = 187.31 kg K2 O existente en el suelo (solución)

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

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

Fuentes de fertilizantes a utilizar

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

$$100 \text{ kg de Mg} \rightarrow 10 \text{ kg MgO}$$

$$x \text{ -----} 221 \text{ kg} = 2210 \text{ kg S de Mg}$$

$$100 \text{ kg de MgSO}_4 \rightarrow 13 \text{ kg SO}_4$$

$$221 \text{ -----} X = 287.3 \text{ kg de SO}_4$$

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

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

aplicado con el sulfato de potasio

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

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

aplicado con el MAP

$$646.36 - 211.93 = 434.92 \text{ kg de N}$$

que restan por aplicar

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

$$X \text{ -----} 434.92 \text{ kg} = 2121.59 \text{ kg de A}$$

$$(2121.59)(0.24) = 509.18 \text{ kg de S}$$

sulfato de amonio

Para el experimento la parcela tiene las siguientes características:

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

Cantidad de cada fertilizante a aplicar en la zanja con suelo.

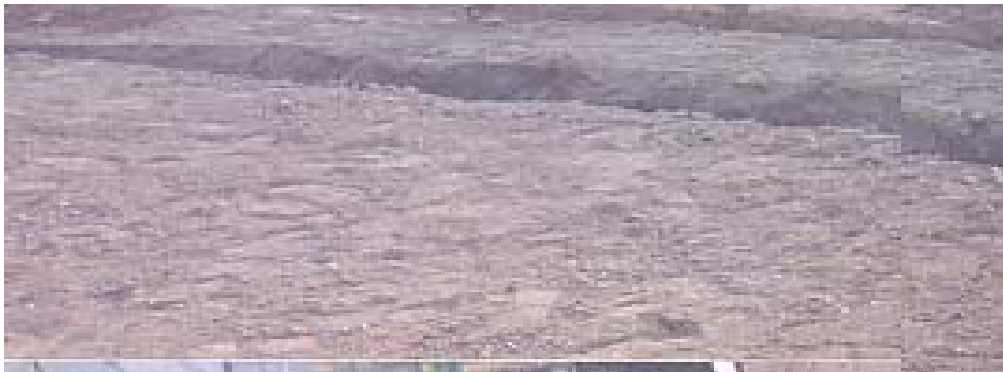
	Kg / ha	Kg / zanja
S de A	2121.29	0.5927
MAP	1922.1	0.537
S de K	1375.62	0.3843
S de Mg	2210	0.6175
S	1044.09	0.3582

### Nivelación del área en donde se colocaron los sacos de cultivo

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

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

- ◆ Evitar drenes incontrolados que ocasionan la falta de homogeneidad en el nivel de humedades del sistema.
- ◆ Captar luz en toda la superficie, lo que se traduce en un correcto desarrollo de los cultivos.
- ◆ Evitar la propagación de posibles patógenos del suelo.
- ◆ Evitar la acumulación o depósitos de solución drenada que puedan causar contaminación en el sistema. (Figura 9).



**Figura 9. 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 filas 1.5 m.

- Tres goteros por saco.
- Tres perforaciones por saco.
- Dos plantas por perforación .( Figura 10).



Figura 10. 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 ello depende el buen o mal inicio del cultivo.

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

**Esta actividad la realizamos con la ayuda de un sistema de riego por goteo tipo espagueti por goteo con piqueta de 2 lt / hr, todo esto manejado por una bomba eléctrica de ½ hp.**

### Germinación y trasplante de tomate bola

El material vegetativo que utilizó fue el siguientes:

- Tomate bola variedad 151503 (PETO SEED), que es un híbrido de crecimiento indeterminado.

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

### Siembra

La siembra del sistema tradicional se realizó colocando plantas a cada 30 cm en zigzag teniendo un total de 21 plantas de tomate bola de la variedad 151503 estas plántulas fueron las que se obtuvieron de las charolas sembradas el día 17 de enero del 2003 ( fecha de siembra en el suelo 19 / 03/ 03) .

En el sistema de cultivo sin suelo se sembraron en los sacos ( previamente saturados y con orificio de drenaje), 2 plantas por orificio con una separación de 0.30 m entre orificios , teniendo 6 plantas por saco y 5 sacos en la línea, dando un total de 30 plantas. (Figura 11 y 12).

**OBSERVACIÓN:** Para mejorar el manejo del sistema de cultivo sin suelo sin dañar el sistema radical de las plantas establecidas en los sacos se debe realizar la abertura en la parte ventral del saco antes de la siembra con una dimensión de 10 cm de ancho dejando un margen de 24 cm en los extremos del saco, y luego colocar la manta que servirá para poder activar el sistema de riego. En nuestro caso el riego siempre fue a

tiempos programados, por lo que no fue necesario colocar el sistema de riego a la demanda.



Figuras 11 y 12. Transplante de plántulas de tomate bola en zanja con suelo y en sacos de cultivo.

### Preparación de la solución para el cultivo sin suelo

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

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

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



	PARA 200 Lt
EDDHA FE ( 5%) = 5 mg / lt 100 mg / 5 = 100 mg /lt	20 g Fe
EDTA (15 % ) 15 mg / lt 100 mg / 15 mg = 0.79 mg /lt	2.66 g Mn
CuSO4 . SH2O = 0.2 mg / l 249 .7 mg / 63.5 mg = 0.79 mg / lt	0.16 g Cu
Zn SO4 . 7 H2O = 0.3 mg / lt 287.5 mg / 65.4 mg = 1.32 mg lt	0.26 g Zn
H3BO3 = 0.4 mg / lt . 618 mg / 10.8 mg =2.2 mg / lt	0.46 g B
(NH4) 6 MoO24 . 4 H2O = 0.2 mg / lt 1235.9 mg / 67 mg = 0.37 mg /lt	0.70 g Mo

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

### Colocación de chupatubos

Estos aparatos presentan las características siguientes:

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

Se instaló un chupatubo en la parte central de 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 nutrimento por las plantas y en base a los resultados compensar la demanda nutricional de las plantas requerían.

La instalación de este aparato consistió en introducir el chupatubo en el 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 13).

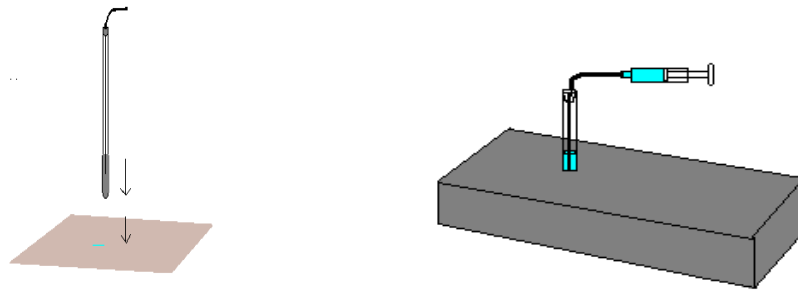


Figura 13. Colocación del chupatubo y extracción de solución del suelo.

### **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 cintilla con un volumen de 2 litros por hora. (Figura 14).



Figura 14. Equipo para determinar el contenido de humedad en suelo, Watter Mark,

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

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

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

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

### **Características del equipo de bombeo del sistema sin suelo y del cultivo tradicional en suelo.**

Para el manejo del cultivo sin suelo se utilizó un equipo de bombeo que satisficiera las demandas hídricas y el transporte de los nutrimentos al sistema radical de las plantas en sacos, 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 , manejado a una presión de 10 PSI en manómetro. El equipo de bombeo esta conectado a los depósitos de solución; todo el sistema de riego se controló por períodos de riegos que variaron de acuerdo a las condiciones climáticas dentro del invernadero y a la sintomatología del cultivo de tomate sin suelo, esto se llevó a cabo por medio de un timer con 8 programas de riegos al día y diferentes tiempos de aplicación de acuerdo a las condiciones mencionadas; a continuación se muestran algunos datos sobre los programas de riego en el manejo del sistema de cultivo sin suelo.

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

El gasto en gotero varió de acuerdo a los cambios generados en la programación de los riegos en el timer. En donde el volumen del gasto por gotero fue de 180 ml por evento de riego, un total por saco de 540 ml. (Figura 15)

### **Características del timer y del equipo de bombeo**

Bomba:

- Capacidad ½ hp
- Sistema eléctrico

Timer :

Digital programable

Especificaciones

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



Figura 15. Equipo de bombeo para el sistema de riego en cultivo sin suelo

### **Instalación del sistema de nebulización**

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

Características del sistema de nebulización:

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

## **Sistema de riego en el cultivo con suelo**

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

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

En base al primer análisis de la solución del suelo se aplicó una fertilización de fondo para compensar las demandas nutricionales de las plantas sin agotar los nutrimentos del suelo antes de colocar el chupatubos, después de colocado se succionó la solución del suelo y se determinó la cantidad de elementos en meq / lt para comparar con lo que requiere un cultivo normal. Con la finalidad de compensar esta demanda se preparó una solución equilibrada que se aplicó 3 veces a la semana a un volumen de 3.7 litros por zanja.

### **Características del instrumental utilizado en el experimento**

Potenciómetro:

El potenciómetro fue esencial en la elaboración de este trabajo ya que a través de él se pudo balancear y llegar al equilibrio de pH de la solución ya que se registraron datos de pH tanto en el drenaje como en la solución del gotero. El pH que se mantuvo en la solución nutritiva fue de 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 calibro a 2 mmhos / cm y se obtuvo la cantidad de sales contenida en la solución.

Característica

- Aparato de bolsillo
- Posee electrodos
- Digital

Cardy: ( HORIBA)

Este equipo se utilizó para cuantificar la cantidad de nutrimentos en el sistema de cultivo sin suelo y en suelo. Son instrumentos portátiles y fáciles de manejar en campo dándonos datos reales al instante.

Cardy para determinación de nitratos, potasio y fósforo

SPETRUM TECHNOLOGIES'N

ORHIBA

MOD. JAPONE

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

Para microelementos (FOTOCOLORIMETROS)

M. HANNA INSTRUMENTS

FABRICACIÓN PORTUGUES

- medidores de iones específicos
- Son fotolorímetros
- Permiten lecturas en diferentes rangos dependiendo del elemento. Para Mn va de 0- 20 ppm a una resolución de 0.1 ppm.
- Posee un fuente de luz de 555 nm

- Detectores de luz son fotoceldas de silicón para trabajar en ambientes que van de 0 – 50 ° C y a un máximo de humedad relativa de 95%
- Baterías de 9 Vol.
- Dimensiones de 18cm x8.3 x 4.6cm
- Peso de 290 gr.

Watter mark:

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

Determinación de grados brix., colorimetría, diámetro y peso del fruto

GRADOS BRIX:

Se determina para establecer el contenido de azúcares en el fruto y este análisis se realizó con un aparato llamado refractómetro manual, marca ATAGO, MOD ATC- IE, con un rango de medición de 0 a 32 grados brix

Procedimiento:

- Colocar una gota de jugo sobre la placa del refractómetro
- Cerrar y observar

Firmeza:

Se determinó el grado de madurez del fruto.

Procedimiento:

- Quitar la corteza de uno de los extremos
- Colocar el fruto con el corte hacia arriba sobre la base del soporte
- Bajar poco a poco el soporte que posee un manómetro y una perilla de 8 mm de diámetro que penetra uniformemente en la superficie del fruto.

Colorimetría:

Se utilizó para determinar el color de los frutos.



Procedimiento:

Es un aparato COLORIMETRO ( MINOLTA) CR- 300

- Se calibro el aparato en base al sistema (YXY)
- El brazo de edición se coloco a la placa de calibración .
- Trabajar al sistema L, a, b

Donde:

L= luminosidad a mayor numero más brillante el objeto

b y a = coordenadas de cromaticidad

Diámetro y pesos

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

El peso se realizo con una balanza digital.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de iniciar el trasplante en zanja para establecer el cultivo en suelo se realizó un análisis del mismo, para conocer la riqueza nutrimental y llevar a cabo un balance de nutrimentos con fertilizantes comerciales como sulfato de amonio, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y azufre. (Cuadro 1)

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

Los requerimientos nutricionales para obtener 100 ton de jitomate para consumo en fresco son:	
Nutrientes	Kg
N	325
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	110
K <sub>2</sub> O	600
CaO	275
Mg	100
S	280
Iones presentes en el suelo	
ION	ppm
nitratos	10
fosfatos	16.5
potasio	214
Fuentes de fertilizantes a utilizar	
• Sulfato de amonio (20.5 – 0- 0) S = 24 % (S deA)	
• fosfato monoamonico (11 –52-0 ) S = 18 % (MAP)	
• Sulfato de potasio (0 - 0 – 50 ) S = 13 % (S de K)	
• Sulfato de magnesio 10 % ( S de Mg)	
• Flor de azufre 92% ( S)	

La cantidad de fertilizante por zanjas es:

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

Una vez concluido el trasplante de las plantas de tomate bola al invernadero se iniciaron mediciones de crecimiento una vez por semana, realizando 4 mediciones en total de altura de plantas por agujero de cada saco, se encontró que el sistema de cultivo sin suelo fue homogéneo de acuerdo a los valores de coeficientes de variación que fluctúan entre 9.40% y 12.75%. ( Cuadro 2 ).

**Cuadro 2. Mediciones del crecimiento longitudinal de las plantas de tomate variedad bola en cultivo sin suelo y con suelo en la etapa vegetativa**

N° SACO	CULTIVO SIN SUELO					
	N. DE AGUJEROS POR SACO					
	Primera medición					
	1	2	3	$\bar{x}$	DS	Cv
1	30cm	24cm	23cm	<b>25.06cm</b>	<b>3.14cm</b>	<b>12.75%</b>
2	24cm	21cm	20cm			
3	30cm	27cm	22cm			
4	21cm	27cm	28cm			
5	24cm	27cm	28cm			
	Segunda medición			$\bar{x}$	DS	Cv
1	38 cm	30 cm	32 cm	<b>31.8cm</b>	<b>3.56cm</b>	<b>11.22%</b>
2	35 cm	27 cm	28 cm			
3	37 cm	35 cm	30 cm			
4	27 cm	31 cm	34 cm			
5	28 cm	31 cm	34 cm			
	Tercera medición			$\bar{x}$	DS	Cv
1	41 cm	33 cm	35 cm	<b>36.2cm</b>	<b>3.40 cm</b>	<b>9.40%</b>
2	39 cm	30 cm	33 cm			
3	40 cm	40 cm	35 cm			
4	39 cm	33 cm	39 cm			
5	33 cm	35 cm	38 cm			
	Cuarta medición			$\bar{x}$	DS	Cv

1	45 cm	36 cm	38 cm	<b>39.73cm</b>	<b>3.99cm</b>	<b>10.0%</b>
2	43 cm	33 cm	36 cm			
3	45 cm	44 cm	38 cm			
4	43 cm	35 cm	42 cm			
5	37 cm	38 cm	43 cm			

Concluído el trasplante de tomate bola al invernadero se iniciaron mediciones de crecimiento una vez por semana, realizando 4 mediciones en total de altura de plantas por agujero de cada saco, se encontró que el sistema de cultivo en suelo fue heterogeneo de acuerdo a los valores de coeficientes de variación que fluctuaron entre 14.38 % y 24 %. (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Mediciones del crecimiento longitudinal de las plantas de tomate variedad bola en cultivo con suelo en la etapa vegetativa**

N. PLANTAS	CULTIVO CON SUELO			
	N. PLANTAS			
	MED1	MED2	MED3	MED4
1	25cm	35cm	37 cm	39 cm
2	16cm	30cm	32 cm	35 cm
3	24cm	30cm	33 cm	36 cm
4	30cm	32cm	34 cm	36 cm
5	31cm	33cm	35 cm	37 cm
6	30cm	31cm	33 cm	35 cm
7	28cm	30cm	32 cm	34 cm
8	24cm	28cm	31 cm	33 cm
9	20cm	22cm	25 cm	28 cm
10	21cm	23 cm	25 cm	29 cm
11	21cm	25 cm	29 cm	31 cm
12	22cm	26 cm	28 cm	30 cm
13	27cm	29 cm	33 cm	36 cm
14	22cm	24 cm	28 cm	31 cm
15	22cm	25 cm	27 cm	29 cm
16	30cm	32 cm	35 cm	38 cm
17	24cm	26 cm	28 cm	31 cm
18	37cm	39 cm	41 cm	43 cm
19	33cm	35 cm	38 cm	42 cm
20	26cm	28 cm	30 cm	33 cm
21	20cm	24 cm	30 cm	33cm
<b>x</b>	<b>25.38cm</b>	<b>28.9cm</b>	<b>31.61cm</b>	<b>34.2cm</b>
<b>DS</b>	<b>6.11cm</b>	<b>5.34cm</b>	<b>5.0cm</b>	<b>4.92cm</b>
<b>Cv</b>	<b>24%</b>	<b>18.47%</b>	<b>15.8%</b>	<b>14.38%</b>

Durante el manejo del cultivo en suelo se realizaron 6 análisis de la solución, con ello se pudo preparar una solución nutritiva agregando 4 litros dos veces por semana para compensar las demandas nutricionales de acuerdo a las diferentes etapas fonológicas del cultivo. (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Análisis de la solución del suelo.**

	<b>BOLA 151503 primer análisis</b>
SUR	POTASIO 22 Cb = 120 ppm / 39 = meq/ lt = 3.07
NORTE	POTASIO 39 Cb = 180 ppm / 39 = meq/ lt = 4.62
SUR	NITRATOS 22 Cb = 540 ppm / 62 = meq/ lt = 8.71
NORTE	NITRATOS 39 Cb =1200 ppm / 62 = meq/lt = 19.35
SUR	CALCIO 22 Cb =10 (diluido 5 veces) X 5 = 50 ppm / 20 = meq/lt = 2.5
NORTE	CALCIO 39 Cb = 200 ppm “ X 5=1000/20= meq/lt =50
SUR	MAGNESIO 22 Cb =140 ppm /12 = meq/ lt = 11.66
NORTE	MAGNESIO 39 Cb =170 ppm/12 = meq/lt = 14.16
	<b>segundo análisis</b>
SUR	CALCIO 25 Cb = meq/ lt = 25
NORTE	CALCIO 40 Cb = meq/ lt = 40
	<b>tercer análisis</b>
SUR	CALCIO 16 Cb = 162ppm x 5 = 810 ppm meq/lt = 40.5
NORTE	CALCIO 12 Cb = 400 ppm x 5 = 2000 ppm = meq/lt = 100
SUR	MAGNESIO 16 Cb = 41 ppm x5 = 205 ppm = meq/lt = 17.8
NORTE	MAGNESIO 12 Cb = 97ppm x 5 = 485 ppm = meq/ lt = 40.41
SUR	HIERRO 16 Cb = 0.5 (2 veces) =1.0 ppm ( bajo)
NORTE	HIERRO 12 Cb =0.42 (2 veces) = 0.84 ppm (bajo)
SUR	MANGANESO 16 Cb = 0.1 ppm x 4 (dilución) =0.4 ppm (bajo)
NORTE	MANGANESO 12 Cb = 0.1 ppm x 4 (dilución) =0.4 ppm (bajo)
SUR	POTASIO 16 Cb = 220 ppm / 39 = meq / lt = 5.641
NORTE	POTASIO 12 Cb= 180 ppm / 39 = meq / lt = 5.41
SUR	NITRATO 16 Cb = 7900 ppm x 1( dilución ) = 7900/62 = meq/l =127.42
NORTE	NITRATO 12 Cb = 8300 ppm X 2 (dilución) =16600ppm/62= meq/lt =267.74
SUR	FÓSFORO 16 Cb = (0.3 ppm x 10 veces) = 3 ppm / 30= meq/lt = 0.1(bajo)
NORTE	FÓSFORO 16 Cb = (0.3 ppm x 10 veces) = 3 ppm / 30= meq/lt = 0.1 (bajo)
<p>En base a los resultados se determinó aplicar las siguientes cantidades para compensar las demandas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 gr NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> / 200 litros de agua</li> <li>• 115 gr NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> / 200 litros de agua</li> <li>• 40 gr QUELATO DE Fe / 200 litros de agua</li> <li>• 10 gr DE SULFATO DE MANGANESO / 200 litro de agua.</li> </ul> <p>Aplicación: 4 litros de solución 2 veces / semana</p>	

	<b>cuarto análisis datos del centro de la zanja</b>
BOLA	POTASIO 20 Cb = 170 ppm = meq/lt = 4.358
BOLA	NO3 20Cb = 670 ppm/62 = meq/lt = 10.806
BOLA	FÓSFORO 20 Cb = 5 ppm = meq/lt = 0.2
BOLA	Ca 20 Cb = mayor de 400 ppm = meq/lt = 20
BOLA	Mg 20 Cb = 320 ppm/ 12 = meq/lt = 32.5
BOLA	Fe 20 Cb = 0.20 x 4 (dilución) = 0.08 ppm
BOLA	Mn 20 Cb = menor a 0.4 ppm
<p>En base a los resultados obtenidos en el análisis se determinó aplicar la siguiente fórmula de nutrientes para compensar las demandas de las plantas</p> <p>Aplicar 10 veces mas de la dosis aplicada en cultivo sin suelo. Todos los micronutrientes</p> <p>Fe = 20 g. X 10 = 200 gr  Mn = 2.66 g. X 10 = 26.6 gr  Cu = 0.16 g. X 10 = 1.6 gr  Zn = 0.26 g. X 10 = 2.6 gr  B = 0.46 g. X 10 = 4.6 gr.  Mo = 0.7g. X 10 = 7.0 gr.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.606 gr / lt de KNO3</li> <li>• 1.361 gr / lt de KH2PO4</li> </ul>	
	<b>quinto análisis</b>
BOLA	K 10 Cb = 160 ppm = meq/lt = 4.10
BOLA	NO3 10 Cb = 11600 ppm = meq/lt = 187.09
BOLA	FÓSFORO 10 Cb = 6.24 H2PO/97 = meq/lt = 0.06
BOLA	Ca 10 Cb = mayor a 400 ppm = meq/lt = 20
BOLA	Mg 10 Cb = > 150 ppm = meq/lt = 12.5
BOLA	Fe 10 Cb = 0.6 ppm
BOLA	Mn No se logro leer
	<b>sexto análisis</b>
BOLA	NO3 66 Cb = 1700 ppm = meq/lt = 27.4
BOLA	K 66 Cb = 149 ppm = meq/lt = 3.82
BOLA	FOSFORO = 0
BOLA	Ca = meq/lt = 20 Mg = meq/lt = 12.5
BOLA	Fe = meq/lt = 0
BOLA	Mn = meq/lt = 0

Desde el inicio del desarrollo de las plantas establecidas en ambos sistemas se registraron dentro del invernadero 14 mediciones de humedad relativa donde el coeficiente de variación registrado fue de 27.95%. (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Humedad relativa registrada en el cultivo de tomate bola**

% HR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	78	30	47	44	20	48	51	52	47	44	38	56	52	52
$\bar{x}$	<b>47.07%</b>													
DS	<b>13.15</b>													
Cv	<b>27.95%</b>													

Las mediciones de humedad se realizaron con el aparato Watter Mark en ambos lados de la zanja, el comportamiento de la humedad en suelo, de acuerdo a los coeficientes de variación de lado sur fue de 73.3 % y el lado norte fue de 47.5%. (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Humedades del suelo determinadas con el Watter Mark**

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

Al extraer la solución del suelo se determinaron 5 análisis de pH y CE en todo el manejo del cultivo de tomate en suelo. El pH del suelo se mantuvo constante en ambos lados de la zanja, norte y sur, el coeficiente de variación fluctuó entre 2.49 - 2.6 %. Para el CE del suelo se observaron diferencias en cuanto a la concentración de lado norte y sur, de acuerdo al coeficiente de variación en el lado sur fue de 5.16 % y norte de 12.4%. (Cuadro7).

**Cuadro 7. Determinación de pH y CE del cultivo en suelo durante el desarrollo de las plantas**

										$\bar{x}$	DS	Cv											$\bar{x}$	DS	Cv
pH	S	6.8	6.8	6.8	6.6	7.1	<b>6.82</b>	<b>0.17</b>	<b>2.6%</b>	CE	S	3.3	3.0	3.3	3.0	3.3	<b>3.18</b>	<b>0.16</b>	<b>5.16%</b>						
	N	7.0	7.1	6.8	6.9	7.1	<b>6.98</b>	<b>0.30</b>	<b>2.49%</b>		N	2.9	3.6	4.0	3.6	4.0	<b>3.62</b>	<b>0.20</b>	<b>12.4%</b>						

En cuanto a los resultados de peso en cada planta en el cultivo en suelo se tiene una media de 1.23 kg con una desviación estándar de 0.56 kg y un coeficiente de variación de 46.18 %, esto significa que se presentó mucha heterogeneidad en cuanto al peso de cada planta.

Los diámetros ecuatoriales de los frutos registraron una media de 6.7 cm, con una desviación estándar de 1.57 cm y un coeficiente de variación de 23.46%. lo que indica que heterogeneos un su desarrollo debido a factores ambientales y en cuanto al diámetro polar se presentó una media de 5.45 cm, con una desviación estándar de 1.27 cm y un coeficiente de variación de 23.3%, también aquí se sentó variabilidad en el desarrollo polar de los frutos por factores ya mencionados. (cuadro 8).

**Cuadro 8. Resultados de la cosecha en tomate bola en cultivo en suelo.**

N. PTA	PESO kg	DIAMETRO ECUATORIAL	DIÁMETRO POLAR
1	2.5	6.9 cm	5.7cm
2	1.5	7.0 cm	5.7 cm
3	1.83	7.0 cm	5.6 cm
4	0.85	6.7 cm	5.2 cm
5	0	0 cm	0cm
6	0.814	7.0 cm	5.8 cm
7	0.382	6.9 cm	5.8 cm
8	1.2243	6.8 cm	5.6 cm
9	1.218	6.7 cm	5.6 cm
10	0.674	6.9 cm	5.5 cm
11	1.033	6.8 cm	5.3 cm
12	1.573	6.9 cm	5.7 cm
13	2.62	7.5 cm	6.0 cm
14	0.8915	7.0 cm	5.8 cm
15	1.102	7.0 cm	5.8 cm
16	1.752	6.9 cm	5.4 cm
17	1.2	7.4 cm	5.9 cm
18	1.316	6.6 cm	5.6 cm
19	1.23	7.8 cm	6.06 cm
20	0.58	7.9 cm	6.4 cm
21	1.8	7.0 cm	6.0 cm
total	25.88		
$\bar{x}$	<b>1.23</b>	<b>6.7 cm</b>	<b>5.45cm</b>
DS	<b>0.56</b>	<b>1.57 cm</b>	<b>1.27cm</b>
Cv	<b>46.18%</b>	<b>23.46%</b>	<b>23.3%</b>



Los resultados obtenidos en la determinación de colorimetría nos indica:

L= Brillo de fruto

a = Se grafica en un plano en el eje de las X

b = Se grafica en el eje de las Y

esto nos proporciona el color indicado del fruto cosechado.

En la determinación de la resistencia a la penetración se presenta variabilidad en cuanto a la penetración. Y en la determinación de grados brix es mas uniformen debido a que el Coeficiente de variación que es muy bajo.

El cuadro de resultado de grados brix nos indica que a pesar de que la cosecha se realizó antes de que los frutos estuviesen totalmente maduros, presentaban un buen contenido de azúcares con una media de  $4.46^\circ$ , una desviación estándar de  $3.48^\circ$  y con una coeficiente de variación bajo de  $7.8\%$ , lo que implica que se mantuvo constante el contenido de azúcar en los frutos, dando como resultado frutos de buena calidad, teniendo un registro de 4 – 5 grados brix. En el buen nivel de contenido de azúcares influyeron mucho las aplicaciones de nutrimentos hechas en base a los análisis realizados. En cuanto a la penetración se encontró variabilidad ya que se obtuvo una media de  $3.65 \text{ kg / cm}^2$ , con una desviación estándar de  $0.52 \text{ kg / cm}^2$  y un coeficiente de variación de  $41.18\%$ . esto se debe a que los frutos fueron cosechados con diferentes grados de maduración. (Cuadro 9).

**Resultado 9. Determinación de colorimetría, resistencia a la penetración y grados brix en frutos cosechados en cultivo en suelo**

PARA BOLA				PENETROMETRO Kg/ cm <sup>2</sup>	BRIX
COLORIMETRIA					
L	a	b	N. PTA		
64.6	-5.5	39.9	1	3.6	4.6
60	-0.75	33.9	2	3.4	4.3
60	-2.5	38.33	3	4.6	4.5
			4		
61.8	0.005	39.9	6	3.9	4.1
			7		
57.3	-2.5	36.2	8	3.6	4.5
55	1.8	36.4	9	3.4	4.6

60	-8.2	3.5	10	4.1	4.8
57.3	8.3	37.8	11	3.3	4.1
55.8	2.9	36.7	12	3.5	4.9
59.4	-5.85	35.44	13	4.35	4.3
52.4	4.8	33.55	14	3.6	4.6
48.2	15.8	32.45	15	2.48	5
56.2	-4.57	37.3	16	3.1	5
58.1	-9.6	37.1	17	3.5	4.2
57.8	-1.38	36.7	18	3.6	4.3
57.8	-2.9	36.4	19	3.6	4.7
55	3.7	37.3	20	3.5	4
58.6	-9	35	21	4.6	3.8
			$\bar{x}$	<b>3.65 kg7 cm<sup>2</sup></b>	<b>4.46</b>
			<b>DS</b>	<b>0.52 kg7 cm<sup>2</sup></b>	<b>3.48</b>
			<b>Cv</b>	<b>14.18 %</b>	<b>7.8%</b>

En el pH del gotero no se presentó variación de acuerdo a su coeficiente de 4.25 %, se mantuvo en equilibrio. En cuanto a la CE si se presentó variación pero no se superó la CE estándar manejada de 3 mmhos / cm, donde el coeficiente de variación registrada fue de 40.61%. (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Resultados de las variables manejadas en el cultivo de tomate sin suelo.**

													$\bar{x}$	<b>DS</b>	<b>Cv</b>
PH DEL GOTERO	7.0	6.8	6.1	6.6	6.8	6.5	6.7	7.0	7.0	7.1	6.8		<b>6.76</b>	<b>0.28</b>	<b>4.25%</b>
CE DEL GOTERO	1.5	2.2	1.6	1.6	1.7	2.8	2.6	2.1	4.3	1.3	3.4		<b>2.28</b>	<b>0.93</b>	<b>40.61%</b>

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

Al presentarse problemas de temperatura en pleno llenado de frutos en el sistema de cultivo sin suelo se realizó una cosecha prematura donde cada variable analizada presentó fluctuaciones en cuanto a peso de raíz, el coeficiente de variación general fue de 53.58 %, esto es porque las plantas no poseen la misma capacidad metabólica o respuesta al

medio ambiente presentado un coeficiente de variación y el de peso de los frutos con 40.20% en todos los sacos.

En cuanto al numero de frutos de cada planta se observó heterogeneidad, según a su coeficiente de variación que fue de 29.3%, con una media por planta de 7 frutos y una desviación estándar de 2.05.

El desarrollo del sistema radical fue muy heterogéneo ya que se registró un coeficiente de variación de 39.66% y una media de 24.8 cm lo que nos indica que se obtuvo un crecimiento de raíces heterogéneo, esto se debió a la presencia de enfermedades como camping off en las raíces, lo que afecto su desarrollo.

La longitud de la parte aérea de la plantas presentaron una media de 103.1 cm con una desviación estándar de 25.15 cm y un coeficiente variación de 24.40 %, es decir que no hubo mucha variabilidad. Esto se debe a las condiciones ambientales que se presentaron.

Los pesos de raíz y plantas fueron heterogéneos esto es porque las plantas la misma capacidad metabólica o respuesta al medio ambiente presentado un coeficiente de variación de.

Para los diámetros polar y ecuatorial de los frutos cosechados se presentaron grandes deferencias ya que el diámetro ecuatorial tuvo un coeficiente de variación de 16.78% y diámetro polar de 17.1% esta variabilidad de diámetros se debió a que fueron cosechados prematuramente sin haber llegado a su madurez óptima. (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Resultado de materia fresca y cosecha de las plantas en cultivo sin suelo.**

CONCENTRACIÓN DE DATOS DE MATERIA FRESCA								DIAMETROS	
SACOS	PTA	LONG. RAIZ	LONG. DE PARTE AEREA	N. FRUTOS	PESO FRUTOS	PESO DE RAIZ	PESO DE PLANTA	D. E.	D. P.
1	1	35 cm	125 cm	11	135.3 gr	51.7 gr	126.2 gr	2.3 cm	2.0 cm
	2	41cm	131 cm	10	144.7gr	21.3 gr	101.5 gr	2.4 cm	2.1 cm
	3	32 cm	127.5 cm	6	78.7 gr	60 gr	121.3 gr	2.6 cm	2.7cm
	4	47 cm	142 cm	9	138.9 gr	20 gr	112 gr	2.4 cm	1.9 cm

	5	45 cm	133 cm	8	122.7 gr	52.1 gr	132 gr	2.6 cm	2.1 cm
	6	33 cm	125 cm	9	105.8 gr	32.3 gr	99.9 gr	2.4 cm	2.1 cm
$\bar{x}$		<b>38.83cm</b>	<b>130.6 cm</b>	<b>8.83</b>	<b>121 gr</b>	<b>39.6 gr</b>	<b>115.5gr</b>	<b>2.45cm</b>	<b>1.85cm</b>
DS		<b>6.4 cm</b>	<b>6.46 cm</b>	<b>1.72</b>	<b>24.94 gr</b>	<b>17.26 gr</b>	<b>13.2gr</b>	<b>0.12cm</b>	<b>0.432cm</b>
Cv		<b>16.48 %</b>	<b>4.9 %</b>	<b>19.47 %</b>	<b>20.6%</b>	<b>43.6 %</b>	<b>11.43%</b>	<b>5%</b>	<b>23.37%</b>
2	1	15.5 cm	95 cm	8	143 gr	12.1 gr	68.4 gr	2.8 cm	2.3 cm
	2	16 cm	96 cm	7	143.1 gr	15.4 gr	79.3 gr	3.1 cm	2.6 cm
	3	23 cm	116 cm	8	113.0 gr	58.5 gr	193.6 gr	2.5 cm	2.0 cm
	4	30 cm	135 cm	8	119.1 gr	26.6 gr	95.7 gr	2.5 cm	2.3 cm
	5	20 cm	93 cm	6	71.7 gr	22.1 gr	50.1 gr	3.1 cm	2.1 cm
	6	20 cm	94 cm	6	70.5 gr	22.1 gr	51 gr	3.1 cm	2.1 cm
$\bar{x}$		<b>20.75 cm</b>	<b>104.8cm</b>	<b>7.2</b>	<b>110 gr</b>	<b>26.13 gr</b>	<b>89.68gr</b>	<b>2.85cm</b>	<b>2.23cm</b>
DS		<b>5.33cm</b>	<b>17.12 cm</b>	<b>0.98</b>	<b>32.56 gr</b>	<b>16.7 gr</b>	<b>53.77gr</b>	<b>0.29cm</b>	<b>0.22cm</b>
Cv		<b>25.67 %</b>	<b>16.33 %</b>	<b>13.66%</b>	<b>29.6%</b>	<b>63.9%</b>	<b>59.96%</b>	<b>10.3%</b>	<b>9.7%</b>
3	1	10 cm	75 cm	5	66 gr	36.5 gr	36.6 gr	3.2 cm	2.8 cm
	2	16 cm	70 cm	3	36.8 gr	19.1 gr	40 gr	2.7 cm	2.2 cm
	3	40 cm	126 cm	6	121.2 gr	34.8 gr	83.1 gr	3.4 cm	2.8 cm
	4	30 cm	100 cm	4	91.6 gr	12.0 gr	51.8 gr	3.6 cm	3.1 cm
	5	21 cm	115 cm	6	89.6 gr	51.5 gr	108.1 gr	3.0 cm	2.5 cm
	6	16 cm	50 cm	6	154.2 gr	74.8 gr	54.4 gr	3.9 cm	3.2 cm
$\bar{x}$		<b>22.16cm</b>	<b>89.33 cm</b>	<b>5</b>	<b>93.23gr</b>	<b>38.1 gr</b>	<b>62.33gr</b>	<b>3.3cm</b>	<b>2.76cm</b>
DS		<b>10.99 cm</b>	<b>26.59 cm</b>	<b>1.2</b>	<b>39.21 gr</b>	<b>22.72 gr</b>	<b>27.8gr</b>	<b>0.43cm</b>	<b>0.37cm</b>
Cv		<b>49.59%</b>	<b>29.77 %</b>	<b>25.3%</b>	<b>42.1 %</b>	<b>59.64 %</b>	<b>44.58%</b>	<b>12.99%</b>	<b>13.5%</b>
4	1	22 cm	105 cm	7	64.9 gr	48.4 gr	83.0 gr	2.3 cm	1.9 cm
	2	20 cm	114 cm	9	53.8 gr	39.1 gr	117 gr	2.8 cm	2.4 cm
	3	26 cm	120 cm	9	125.3 gr	41.7 gr	100.1 gr	2.4 cm	1.98 cm
	4	25 cm	101 cm	8	148.3 gr	32.7 gr	105.0 gr	2.9 cm	2.3 cm
	5	21 cm	91 cm	8	131.6 gr	36.6 gr	76.6 gr	3.15 cm	2.6 cm
	6	26 cm	60 cm	4	34.1 gr	87.8 gr	59.3 gr	4.1 cm	3.4 cm
$\bar{x}$		<b>23.33 cm</b>	<b>98.5 cm</b>	<b>7.5</b>	<b>93 gr</b>	<b>47.72gr</b>	<b>90.2gr</b>	<b>2.94cm</b>	<b>2.43cm</b>
DS		<b>2.43cm</b>	<b>21.39 cm</b>	<b>1.87</b>	<b>47.72 gr</b>	<b>20.33gr</b>	<b>21.10gr</b>	<b>0.65cm</b>	<b>0.54cm</b>
Cv		<b>10.41%</b>	<b>21.72 %</b>	<b>24.94%</b>	<b>51.31 %</b>	<b>42.6%</b>	<b>23.39%</b>	<b>22.11%</b>	<b>22.32%</b>
5	1	17 cm	101 cm	6	118.5 gr	77 gr	83.2 gr	3.03 cm	2.3 cm
	2	17 cm	95 cm	5	62.1 gr	73.7 gr	92.6 gr	2.6 cm	1.9 cm
	3	11 cm	42 cm	4	65 gr	16.9 gr	20.6 gr	3.2 cm	2.7 cm
	4	30 cm	122 cm	11	198.3 gr	75.7 gr	145.1 gr	3.0 cm	2.6 cm
	5	15 cm	90 cm	7	53.7 gr	57.8 gr	65.7 gr	2.4 cm	2.1 cm
	6	20 cm	102 cm	6	56.3 gr	19.1 gr	82.5 gr	2.2 cm	2.03 cm
$\bar{x}$		<b>18.33cm</b>	<b>92 cm</b>	<b>6.5</b>	<b>92.32 gr</b>	<b>53.4 gr</b>	<b>81.6gr</b>	<b>2.74cm</b>	<b>2.27cm</b>
DS		<b>6.44cm</b>	<b>26.81 cm</b>	<b>2.4</b>	<b>57.2 gr</b>	<b>28.26gr</b>	<b>40.32gr</b>	<b>0.398cm</b>	<b>0.322cm</b>
Cv		<b>35.13%</b>	<b>29.14 %</b>	<b>37.37%</b>	<b>61.97%</b>	<b>52.9%</b>	<b>49.4%</b>	<b>14.52%</b>	<b>14.2%</b>
$\bar{x}$	Total	<b>24.8cm</b>	<b>103.1 cm</b>	<b>7</b>	<b>101.93gr</b>	<b>40.92gr</b>	<b>87.86gr</b>	<b>2.86cm</b>	<b>2.37cm</b>
DS	Total	<b>9.78cm</b>	<b>25.15cm</b>	<b>2.05</b>	<b>40.9gr</b>	<b>21.96gr</b>	<b>36.4gr</b>	<b>0.478cm</b>	<b>0.4 cm</b>
Cv	Total	<b>39.66%</b>	<b>24.40%</b>	<b>29.3%</b>	<b>40.2%</b>	<b>53.58 %</b>	<b>41.37%</b>	<b>16.78%</b>	<b>17.1%</b>

Después de registrar las longitudes de raíz y parte aérea se determinaron los pesos secos de cada variable, colocando muestras en la estufa para que perdieran agua. En cada variable analizada se presentaron variaciones en cuanto a peso de raíz con un coeficiente de variación general de 29.43% y el peso de planta con un coeficiente de variación general de 28.55 %.

El peso seco de la raíz fue heterogéneo ya que se obtuvo una media de 33.2 g, una desviación estándar de 9.77g y un coeficiente de variación de 29.43%. para pesos secos de la parte aérea planta se tiene una media de 51.7 g, con una desviación estándar de 14.76 g y con un coeficiente de variación de 28.55 %, esta heterogeneidad se debe a la eficiencia que presenta cada material para acumular materia y su respuesta a las condiciones que se le presentaron y que puedan alterar la acumulación de materia seca. (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Concentración de datos de materia seca.**

SACOS	PLANTAS	PESO DE RAIZ	PESO DE LA PLANTA	SACOS	PLANTAS	PESO DE RAIZ	PESO DE PLANTAS
1	1	28.9gr	48.1 gr	4	1	51.9 gr	67.9 gr
	2	25.2 gr	43.7 gr		2	33.1 gr	63.6 gr
	3	30.4 gr	50.2 gr		3	33.8 gr	71.3 gr
	4	28.1 gr	57.7 gr		4	27.9 gr	53.4 gr
	5	31.5 gr	60.7 gr		5	38.1 gr	57.2 gr
	6	28.6 gr	41.8 gr		6	44.1 gr	42.3 gr
$\bar{x}$		<b>28.72gr</b>	<b>50.4gr</b>			<b>38.15gr</b>	<b>59.28gr</b>
<b>DS</b>		<b>2.16gr</b>	<b>7.53gr</b>			<b>8.6gr</b>	<b>10.62gr</b>
<b>Cv</b>		<b>7.5%</b>	<b>14.94%</b>			<b>22.66%</b>	<b>17.93%</b>
2	1	24.7 gr	37.9 gr	5	1	43.3 gr	55.8 gr
	2	25.5 gr	45.5 gr		2	49.5 gr	55.5 gr
	3	30.6 gr	55.2 gr		3	27.1 gr	30.7 gr
	4	25.8 gr	41.1 gr		4	61.7 gr	100.3 gr
	5	25.0 gr	36.0 gr		5	35.4 gr	47.6 gr
	6	25.9 gr	35.8 gr		6	26.1 gr	65.8 gr
$\bar{x}$		<b>26.25gr</b>	<b>41.9gr</b>			<b>40.52gr</b>	<b>59.28</b>
<b>DS</b>		<b>2.2gr</b>	<b>7.46gr</b>			<b>13.79gr</b>	<b>23.25gr</b>
<b>Cv</b>		<b>8.38%</b>	<b>17.8%</b>			<b>34.04%</b>	<b>39.23%</b>
3	1	29.8 gr	37.4 gr				
	2	25.4 gr	38.2 gr				
	3	27.9 gr	54.7 gr				
	4	25.4 gr	38.8 gr				
	5	32.6 gr	75.0 gr				
	6	52.2 gr	41.3 gr				
$\bar{x}$		<b>32.2gr</b>	<b>47.6gr</b>				
<b>DS</b>		<b>10.16gr</b>	<b>14.9gr</b>				
<b>Cv</b>		<b>31.57%</b>	<b>31.31%</b>				
$\bar{x}$	<b>total</b>	<b>33.2gr</b>	<b>51.7gr</b>				
<b>DS</b>	<b>total</b>	<b>9.77gr</b>	<b>14.76%</b>				
<b>Cv</b>	<b>total</b>	<b>29.43%</b>	<b>28.55%</b>				

Durante el manejo del cultivo de tomate de ambos sistemas se registraron las temperaturas máximas, mínimas y la humedad relativa. los resultados obtenidos para temperaturas máximas fueron muy variables de acuerdo al coeficiente de variación de

20.60%, al igual que las temperaturas mínimas con 46.48% y la humedad relativa de 18.40 %. (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Temperatura y humedad relativa registrados del 30/03/03 al 25/05/03 durante el desarrollo del cultivo de tomate bola para el cultivo en suelo y sin suelo.**

TEM MAX		TEMP MIN		% de HR transformada arco seno√%	
10°		-5 °		78	62.03
28°		10°		30	33.21
29°		12°		47	43.28
32°		12°		44	41..55
32°		16°		20	26.56
32°		14°		48	43.85
36°		14°		51	45..57
26°		4°		52	46.71
36°		7°		47	43.28
34°		10°		44	41.55
34°		6°		38	38.06
38°		14°		56	48.45
34°		16°		52	46.15
36°		13°		52	46.15
36°		26°		$\bar{x}$	<b>43..31</b>
36°		16°		<b>DS</b>	<b>7.972</b>
36°		16°		<b>Cv</b>	<b>18.40%</b>
41°		22°			
45°		23°			
40°		12°			
35°		15°			
45 °		12°			
45°		19°			
44°		21°			
40°		19 °			
42°		19°			
$\bar{x}$	<b>35.46°</b>	$\bar{x}$	<b>13.96 °</b>		
<b>DS</b>	<b>7.34°</b>	<b>DS</b>	<b>6.48°</b>		
<b>Cv</b>	<b>20.60%</b>	<b>Cv</b>	<b>46.48</b>		

De acuerdo a los resultados obtenidos en campo se observó que el cultivo sin suelo mostró ventajas en crecimiento, ya que se presentó mayor homogeneidad según las medias, desviación estándar y coeficientes de variación determinados en el Cuadro 1, en comparación con el cultivo en suelo, que presentó mayor heterogeneidad en crecimiento con medias, desviación estándar y coeficientes de variación muy variables (Cuadro 2); estas ventajas se debieron a que el sistema sin suelo proporcionar las condiciones nutrimentales adecuadas para el buen crecimiento del cultivo, también los factores bióticos influyeron en dicho crecimiento, ya que las plantas en suelo presentaron mayor incidencia de plagas y enfermedades; mientras que el al otro sistema presentó baja incidencia de enfermedades y nulo ataque de plagas. (Figura 16).

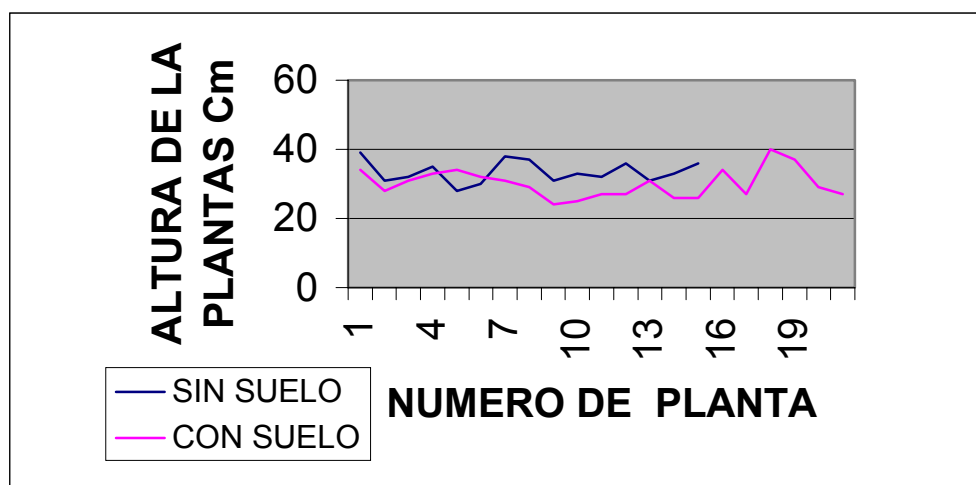


Figura 16. Comportamiento de alturas de plantas en cultivo sin suelo y con suelo

En lo referente a humedad relativa en todo el desarrollo del cultivo se presentó una media de 47.07 %, con una desviación estándar de 1.07 y un coeficiente de variación de 15.08 (ambos transformados con arco seno de  $\sqrt{x}$  donde;  $x = \%$ ), el cual nos indica que se presentaron variación es de humedad relativa. Los requerimientos óptimos de humedad relativas por el cultivo de jitomate está entre un 65 - 70 %, si comparamos las humedades relativas registradas en el manejo de ambos cultivos con las optimas, concluimos que se trabajó a condiciones de humedad ambiental muy baja. Este factor fue de gran importancia en el desarrollo del cultivo por los efectos que causó como descenso en el crecimiento de las plantas, un alta transpiración por hojas y tallo y provocó

problemas de translocación de elementos como es el caso del calcio, el cual se presentó deficiencia en los frutos antes y después de haber sustituido la solución completa en el sistema sin suelo y hojas de tamaños pequeños. Para solucionar este problema se optó por colocar un sistema de nebulización, el cual no fue eficiente para tener un ambiente húmedo. Lo anterior coincide con lo reportado por Alpi y Tognoni, 1999. (Figura 17).

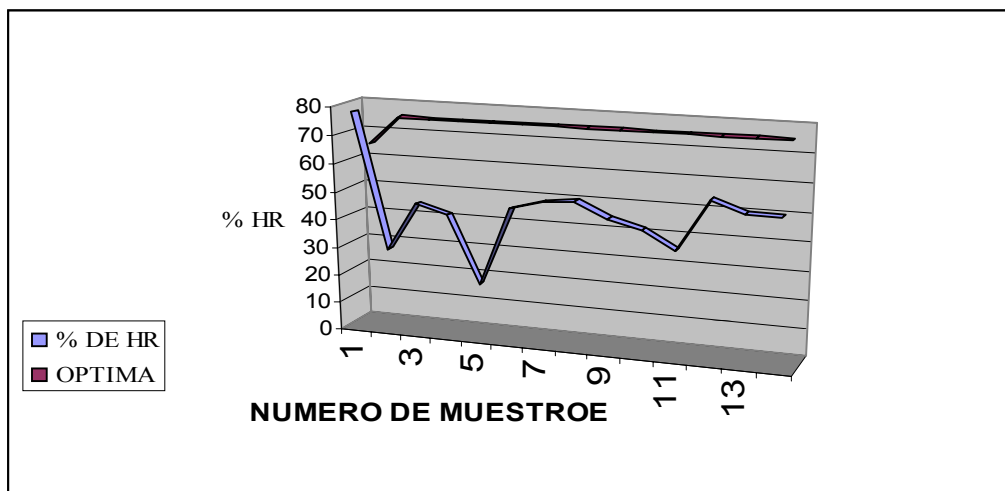


Figura 17. Porcentaje de humedad relativa presente en el invernadero de horticultura durante el desarrollo del cultivo

El contenido de humedad de ambos extremos de la zanja ( norte y sur ) presentaba diferencias, en donde el lado sur presentó una media de 32.4 Cb, una desviación estándar de 23.73 Cb y un coeficiente de variación de 73.3%, y el lado norte de presenta una media de 19.6 Cb, con una desviación estándar de 9.33 Cb y un coeficiente de variación de 47.5%. Esto se debe a la pendiente de 1.4 % que se le dio al momento de construirla, el cual en los periodos de aplicación de cada riego el agua infiltrada dentro del la capa de suelo se movía hacia el lado norte dando como resultado



incremento de humedad y acumulación de los nutrientes y en el lado sur el contenido de humedad era menor además con la influencia de la temperatura también facilitaba la pérdida de agua por evaporación y pérdidas de nutriente por movimiento del agua, dando como resultado plantas mas pequeñas, síntomas de deficiencia, poco vigor, poca disponibilidad de agua y poca traslocación de elementos hacia el sistema metabólico de las plantas. (Figura 18).

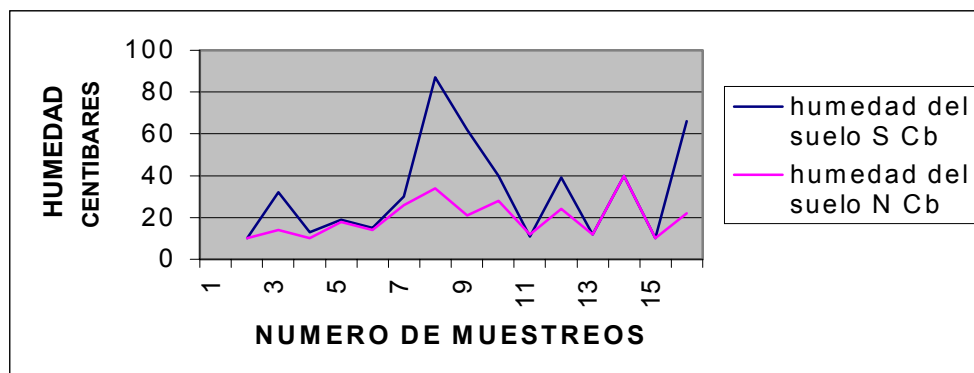


Figura 18. Comportamiento de la humedad en el suelo.

Richards, 1954 citado por Valadez, 1998 menciona que el jitomate prospera con un pH de 5.0 - 6.8 , en lo referente a la salinidad tolera una conductividad eléctrica de 10 mmho / cm. Los resultados que se muestran en el Cuadro 7. nos indican que el lado sur presentó una media en pH de 6.82, una desviación estándar de 0.17 y un coeficiente de variación de 2.6% y con respecto a lado norte se presentó un pH de 6.98, una desviación estándar de 0.30 y un coeficiente de variación de 2.49%. lo anterior nos demuestra que estas variables se mantuvieron uniformes en todo el desarrollo del cultivo, este equilibrio se debió a que al momento de aplicar la solución nutritiva se calibraba el pH, de tal manera que al momento de ser aplicado al suelo no se incrementó.

Con respecto a la CE del suelo se obtuvo en el lado sur una media de 3.18 mmho / cm, una desviación estándar de 0.16 y un coeficiente de variación de 5.16% y con respecto al lado norte presentó una media de 3.62 mmho / cm, desviación estándar de 0.20 y un coeficiente de variación de 12.4% (cuadro 7); es decir, el lado norte presento mayor

concentración de sales, por el acarreo de nutrientes del agua hacia ese lado y por la acumulación de elementos que la planta no utilizó. (Figura 19).

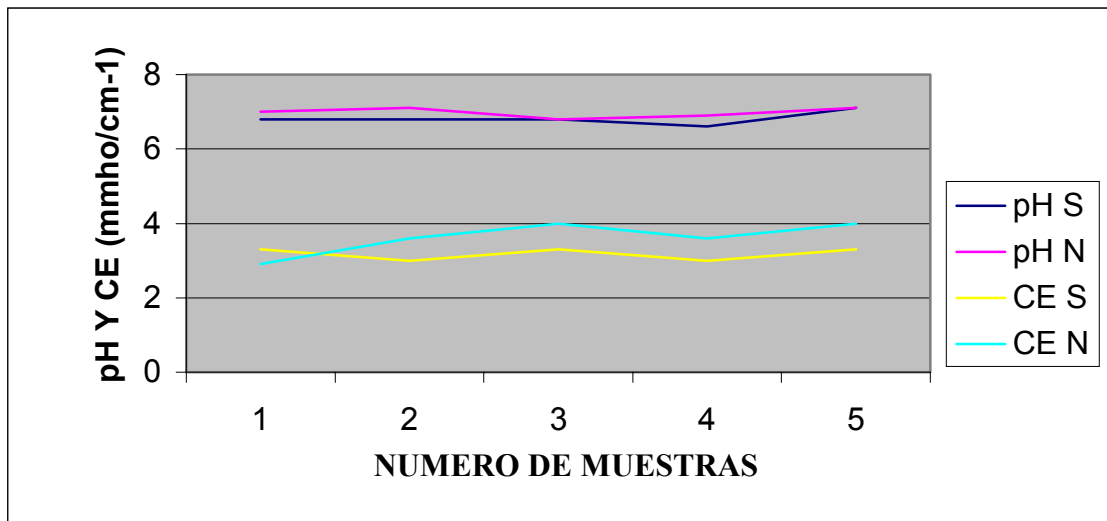


Figura 19. Registro de pH y CE de la solución del suelo.

En los resultados obtenidos en la determinación de la colorimetría de tomate en suelo, nos indican el grado de cosecha dependiendo de la exigencia y distanciamiento del mercado, por ejemplo podemos cosechar empíricamente determinando el grado de color del fruto como un verde hecho (amarillo rosa), o pinto (la mitad de la superficie aparece colorada) y completamente rojo, para mercado local.

Con la determinación de la colorimetría de los frutos podemos tener certeza del color indicado para cosecha, por ejemplo tomaremos los resultados de la planta 1, 15 y 20 para determinar el verdadero color del fruto cosechado. (Figura 20).

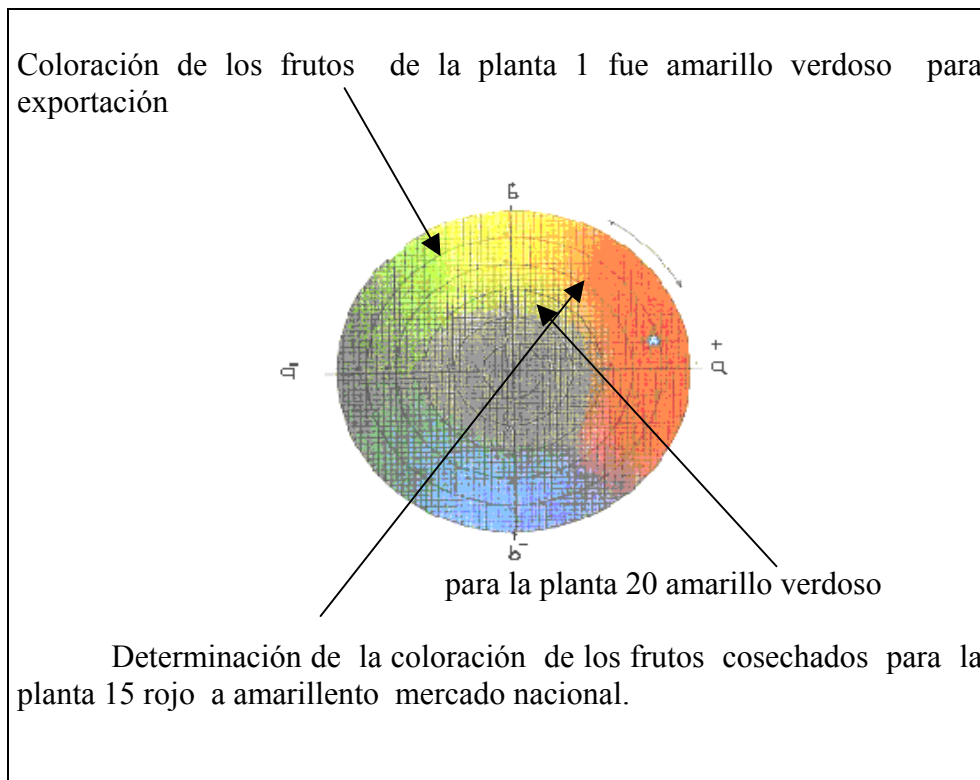


Figura 20. Determinación de la coloración de fruto de tomate cosechados en el sistema de cultivo con suelo

En la determinación de pH del gotero se tiene una media de 6.75, desviación estándar de 0.28 y un coeficiente de variación de 4.25 %, el cual indica que el pH en gotero no varió mucho, esto se debe a que siempre al mezclar ambos depósitos (macros, micronutrientes y calcio), se controlaba agregando ácido fosfórico, de tal manera que la solución nutritiva para el cultivo sin suelo quedara ligeramente ácida y con esto satisfacer uno de los requerimientos óptimos del cultivo. Si observamos y comparamos, el pH de gotero se mantuvo por debajo de pH de drenaje; el del gotero presentó una media de 6.9, una desviación estándar de 0.28 y un coeficiente de variación de 37.6 %, lo que provocó que el pH del drenaje fuese ligeramente incrementado, indicando que se estaba dando un buen ambiente en el intercambio de elementos entre la solución y el sistema radicular. (Figura 21).

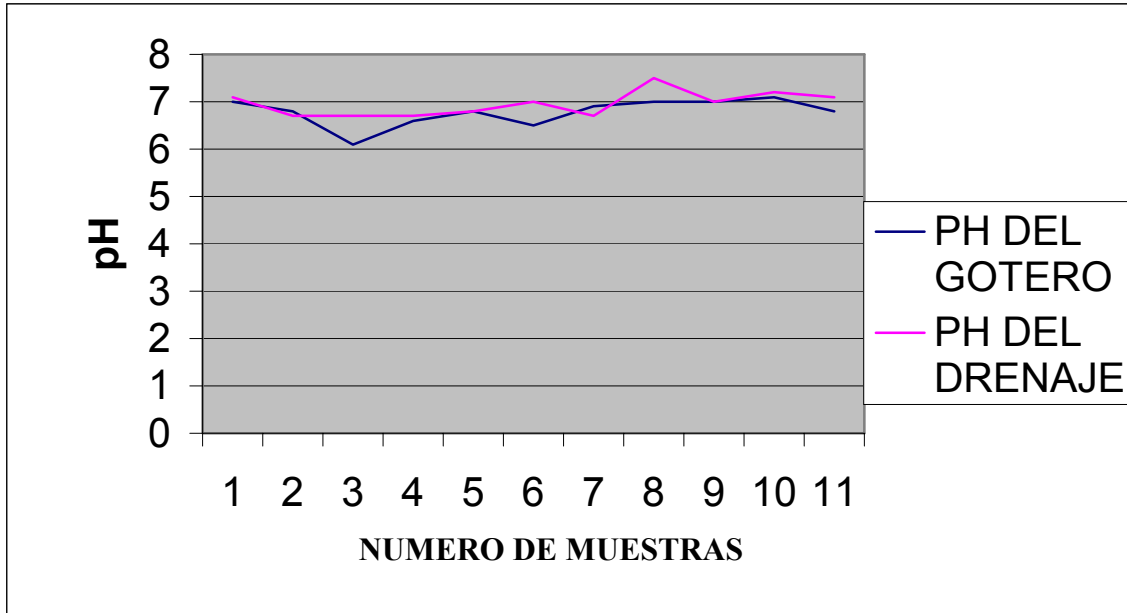


Figura 21. Comparación del pH del gotero y drenaje

La conductividad eléctrica que se estaba manejó como estándar fue de 3 mmhos/cm en gotero, en donde se presentó una media de 2.28 mmhos/cm, desviación estándar de 0.93 mmhos/cm y un coeficiente de variación de 40.61% , demostrando que hubo mucha heterogeneidad de resultados, pero según la media nos dice que no se rebasó el óptimo requerido. Con la determinación de la CE del drenaje pudimos ver si en los sacos se presentaban problemas de acumulación de sales, su valor medio fue de 2.5 mmhos/cm, una desviación estándar de 1.28 mmhos/cm y un coeficiente de variación de 51.21% , esto indica que se presentó mucha variación en los resultados obtenidos, pero la media indicó que no se presentaron problemas de salinización. Esto se debe a que en las etapas tempranas del cultivo no se incremento la CE del drenaje. El aumento que se observó al final de la grafica se debe a un aumento y exigencia de nutrientes de las plantas debido al cambio de etapa, de la vegetativa a la floración y fructificación del cultivo. El pico de incremento de la conductividad del drenaje se debe a que el período y tiempos de riego fueron deficientes o insuficientes dando como resultado la acumulación de sales, manifestándose como problemas en la traslocación de elementos , detención el crecimiento y desarrollo del cultivo. (Figura 22).

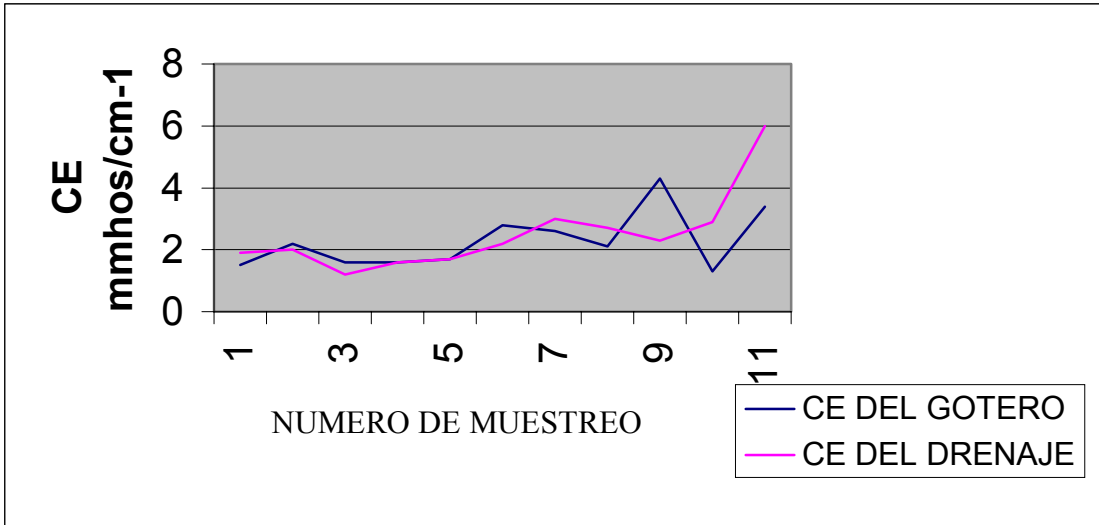


Figura 22 Comparación de la CE en gotero y drenaje

El volumen de drenaje fue variable de acuerdo al desarrollo de cultivo, presentado una media de 5.5 (transformada), una desviación estándar de 0.83 y un coeficiente de variación de 15.17% , siendo muy variable. En la etapa vegetativa del cultivo sin suelo se registró un volumen mayor de drenaje y este fue disminuyendo de acuerdo a las demandas hídricas de las plantas. Era importante determinarlas para darnos cuenta de que tan eficiente era el sistema en el aprovechamiento de los nutrientes y fuente hídrica. (Figura 23).

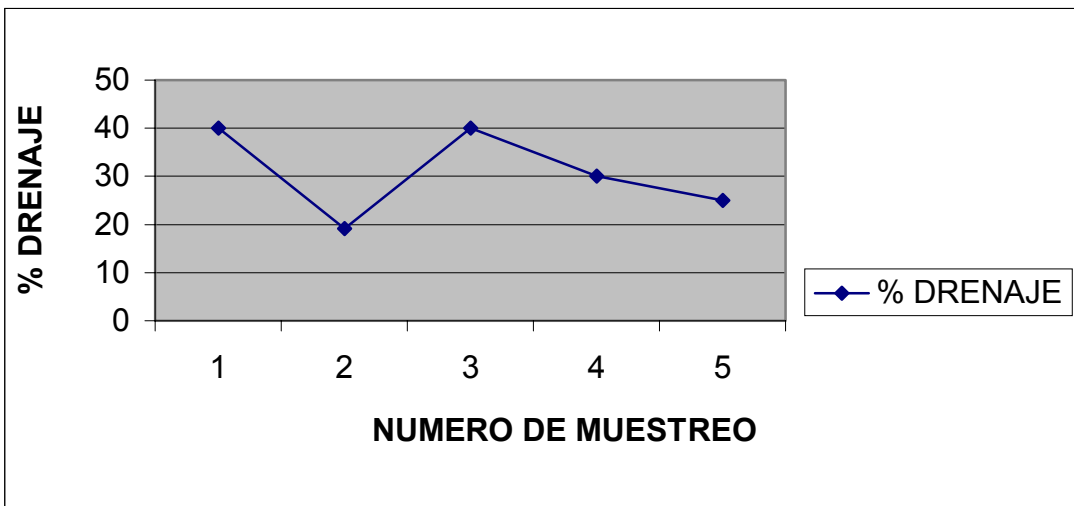


Figura 23. Comparación del drenaje en el sistema de cultivo sin suelo

Se registraron temperaturas mínimas con una media de 13.96 °C, con una desviación estándar de 6.48 °C y un coeficiente de variación de 46.8 %, es decir, hubo mucha variación. Con respecto a las temperaturas máximas se registró una media de 35.46 °C, con una desviación estándar de 7.34 °C y con un coeficiente de variación del 20.6% . Estos cambios bruscos de temperaturas que se presentaron en el cultivo afectaron grandemente al sistema de cultivo sin suelo. (Figura 24).

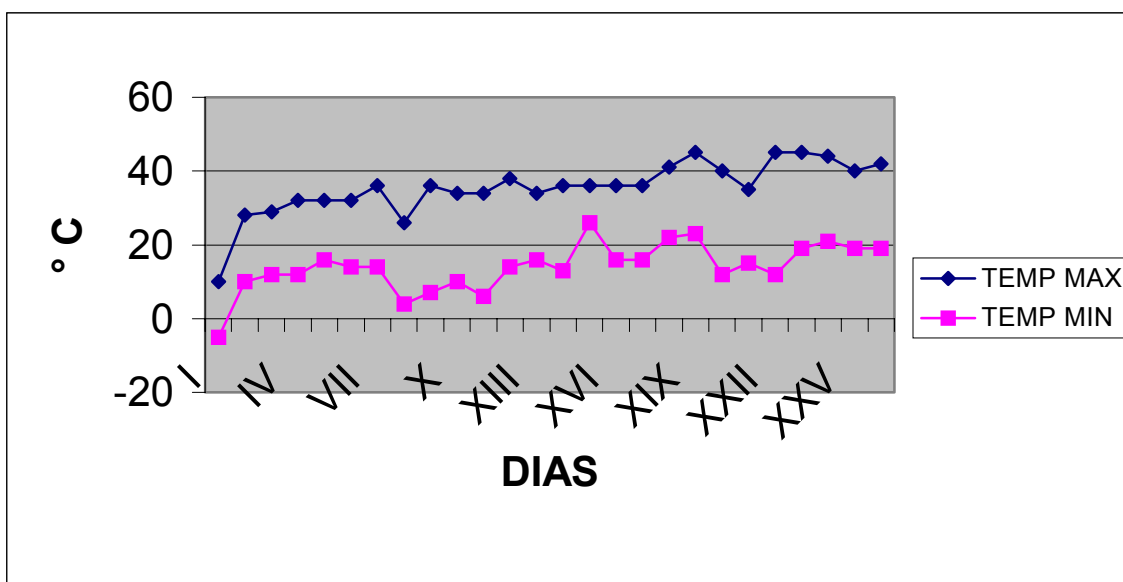


Figura 24. Registro de temperatura máxima y mínimas durante el desarrollo del cultivo de tomate bola

## CONCLUSIONES

1. El cultivo de tomate sin suelo presenta ventajas sanitarias, repele insectos como la mosquita blanca, gusano del fruto, gusano alfiler, trips y baja la incidencia de enfermedades, esto se debe a la influencia del color de los sacos y a las plantas activaron sistemas de defensa por su buena nutrición.
2. Fue posible evaluar la longitud y el peso seco de las raíces encontrándose medias de 24.8 cm en cuanto a longitud y 33.2 g para peso seco lo que implicó un buen desarrollo del sistema radical, sin embargo se presentaron situaciones incontrolables
3. La altura de las plantas fue mayor y más homogénea en cultivo sin suelo; el peso de los frutos y el diámetro ecuatorial y polar de los frutos fueron superiores en el sistema con suelo, pero con coeficientes de variación altos.
4. En cuanto a contenido de azúcares y resistencia a la penetración los tomates cosechados estuvieron dentro de los estándares de calidad.
5. Desde inicia el manejo del cultivo sin suelo es necesario supervisar lo para constantemente para que ningún factor afecte la nutrición de las plantas, como la energía eléctrica que mueve el sistema de riego ( motor eléctrico, timer), el monitoreo que indique acumulaciones de sales, etc.
6. se recomienda utilizar un sustrato que amortigüe una situación crítica de fallas técnicas del sistema de riego, que éste retenga humedad mientras que se solucionan estos problemas.

7. Es posible producir en invernadero con el sistema de cultivo en suelo, pero con fertirrigación, pues éste sí soporta los cambios ambientales que pueden presentarse en el transcurso del desarrollo del cultivo, además el suelo amortigua por mayor tiempo las demandas hídricas de las plantas, esto se debe a la retención de agua por los coloides del mismo, permitiendo así que el cultivo prospere. La desventaja de este sistema es que con el tiempo la presencia de plaga y enfermedades puede crecer.
  
8. los problemas técnicos vividos durante el desarrollo del cultivo como la baja humedad relativa, incremento de temperaturas etc, indican que el establecimiento del sistema de cultivo sin suelo requiere de un invernadero donde todos los factores ambientales se tenga bajo control para poder evaluar las bondades del sistema y no sufrir pérdidas irreparables en la producción del cultivo de tomate.



## 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, calidad de producto, manejando dos sistemas de cultivo: sin suelo y con suelo.

Para el cultivo sin suelo como sustrato se utilizó perlita y como contenedores sacos de polietileno negro protegidos con un plástico blanco, se utilizó un volumen por saco de 40 litros con una longitud de 1.40 m. El área en donde se colocaron los sacos se niveló y se instalaron 5 sacos con 6 plantas cada uno, estos se saturaron antes de iniciar la siembra para crear un sustrato con buena cantidad de nutrientes eficientes en iniciar el crecimiento de las plántulas de tomate. Para nutrir las plantas se utilizó una solución ideal para tomate que se fertirrigaba con una bomba controlando la sincronización de riegos con un timer. La eficiencia y tiempo de riego se realizó con los resultados de el análisis de la conductividad eléctrica, el pH y el volumen de solución nutritiva por cada saco y el drenaje.

En cuanto al cultivo en suelo se abrió una zanja de 7 metro, en la que se colocó suelo de los campos de la Universidad y donde se sembraron 21 plantas a 30 centímetros entre planta y planta a tres bolillo, con un sistema de riego por goteo con un tiempo de aplicación de riegos de 30 minutos 2 veces al día.

El sistema en suelo se fertilizó de acuerdo a los análisis realizados con los KITS DE CAMPO, en base a estos análisis se preparó una solución nutritiva que permitiera mantener un equilibrio con la demanda de nutrimentos de las plantas y la cantidad de elementos que el suelo poseía originalmente.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la evaluación de los sistemas probados fueron: altura de las plantas, peso del fruto, diámetro ecuatorial y polar del fruto. Ambos sistemas recibieron un manejo de poda a un tallo, colocación de rafias, aplicaciones de insecticidas, fungicidas y de monitoreo de factores ambientales dentro del invernadero.

La altura de las plantas fue mayor y más homogénea en cultivo sin suelo; el peso de los frutos y el diámetro ecuatorial y polar de los frutos fueron superiores en el sistema con suelo, pero con coeficientes de variación altos.

El cultivo de tomate en suelo presentó ventajas sanitarias al repeler el ataque de plagas y enfermedades.

Cuando se presentaron los primeros frutos maduros en el cultivo con suelo se determinaron: contenido de azúcares y resistencia a la penetración esto se hizo con el fin de ver si los frutos cosechados eran de calidad. En cuanto a contenido de azúcares y resistencia a la penetración los tomates cosechados estuvieron dentro de los estándares de calidad.

Respecto a la cosecha del cultivo sin suelo fue posible evaluar la longitud y el peso seco de las raíces encontrándose medias de 24.8 cm en cuanto a longitud y 33.2 g para peso seco lo que implicó un buen desarrollo del sistema radical, sin embargo se presentaron situaciones incontrolables como baja humedad relativa, cortos eléctricos e incrementos de temperaturas que provocaron la muerte de las plantas en pleno llenado de fruto. Por lo que se recomienda probar sustratos que retengan humedad suficiente para defender el sistema de cultivo sin suelo, mezclas de perlita con turba y fibras absorbentes, aserrín y fibra de coco que pueden ser una buena alternativa para futuros trabajos de experimentación.

## BIBLIOGRAFÍA

Abad, M., 1995. "Sustrato para cultivo sin suelo." En: El cultivo del Tomate. Ed. Mundi – Prensa, Madrid, pp. 131- 166.

Anaya, R. S.; Romero, N. J. Et. al., 1999. Hortalizas ( plagas y enfermedades). Ed. trillas  
Alpi, A.; Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 347 pp.

Ansorena, J., 1994. Sustrato. Propiedades y característica. Ed. Mundi – Presa, Madrid

Aullé. A. J. 1996. Origen y domesticación del tomate cultivado en el mundo.  
[http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/indi/tem/hor\\_3.htm#culss](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/indi/tem/hor_3.htm#culss).

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

Bravo. J. J. J., 1996. Manejo Integrado de las Principales Plagas del Jitomate. Monografía. UAAAN.

Cadahía. L. C. 1998. Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi- Presa, Madrid

Cervantes. F. M. A, 2003. Canal de cultivo continuo.  
[www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm)

Hanan, J. J., 1990. The influence of green house on internal climate with special reference to mediterranean regions. Acta hort.287: 23-34

Howard. M. R. 1997. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid

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

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

Nuez V. F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. Ed. Mundi – Prensa, Madrid

Papadakis, J. A., 1990. Los fertilizantes. Ed. Albatros, Argentina 1990

Resh, H. M. 1992. Cultivos hidropónicos. Ed. Mundi – Prensa, Madrid

SAGARPA. 2002. Análisis del jitomate. <http://www.slea.sagarpa.gob.mx>

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