

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ingeniería

Departamento de Riego y Drenaje



**Evaluación de fertirriego y sustratos en la producción de
plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y
respuesta postrasplante**

Por:

VICENTE SÁNCHEZ ALVEAR

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2005.

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

División de Ingeniería
Departamento de Riego y Drenaje

Evaluación de fertirriego y sustratos en la producción de plántula de tomate
(*Lycopersicon esculentum Mill.*) y respuesta postrasplante

Presentada por:

VICENTE SÁNCHEZ ALVEAR

Tesis

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador
Como requisito parcial para obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Presidente de Jurado

M.C. Ricardo Requejo López

Sinodal

M.C. Leticia Escobedo Bocardo

Sinodal

Dr. Sergio J. García Garza

Sinodal

Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2005.

Agradecimientos

A mi alma terra mater

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad “Autónoma Agraria Antonio Narro” por albergarme en sus instalaciones para mí formación académica

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila (COECYT) por darme al apoyo económico para realizar este trabajo

Al Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho por su apoyo en este trabajo

Al M.C. Ricardo Requejo López por su paciencia y apoyo que siempre dedico para que este trabajo se realizara

A la M.C. Leticia Escobedo Bocardo por su apoyo en este trabajo

Dr. Sergio J. García Garza por su apoyo en este trabajo

A todos los maestros por los conocimientos que me impartieron

DEDICATORIAS

A mis padres

J. Isabel Sánchez Maldonado

Virginia Alvear Villanueva

Por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y por el apoyo incondicional que siempre me dieron, sin esperar algo a cambio

A mis hermanos y hermanas

Eleazar, Pedro, Luis Rey, Reyes, Javier, Dolores, Alberto e Isabel

Por su apoyo que siempre me han brindado y por la familia unida que siempre hemos formado.

A todos mis compañeros y amigos de la universidad que siempre estuvieron conmigo en este paso mas de mi vida.

A todos los ya mencionados muchas gracias les agradezco de corazón.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Sustratos.....	4
2.1.1. Peat moss.....	5
2.1.2. Perlita.....	5
2.1.3. Fibra de coco.....	6
2.1.4. Caracterización y normalización de los sustratos.....	6
2.1.5. Propiedades físicas de los sustratos.....	7
2.2. Riego.....	8
2.3. Fertirrigación.....	8
2.4. Sistemas de riego.....	9
2.4.1. Sistema de riego por subirrigación.....	9
2.4.2. Sistema de riego por vía foliar.....	10
2.4.3. Sistema de riego por goteo.....	10
2.5. Recirculación de soluciones nutritivas en cultivos sin suelo.....	11
2.6. Producción de trasplantes.....	11
2.7. Calidad de plántula de tomate.....	13
2.8. Efecto del cepillado.....	13
2.9. Condiciones ambientales que requiere la producción de plántula.....	14

2.10. Variedades.....	14
2.10.1. Variedades indeterminadas.....	14
2.10.2. Variedades semi-determinadas.....	15
2.10.3. Variedades determinadas.....	15
2.10.4. Variedad Floradade.....	15
2.11. Cosecha y rendimiento.....	15
2.12. ¿Que es lo que prefieren sembrar los productores?.....	16
2.13. Costos.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Metodología para la prueba preliminar.....	18
3.2. Cálculo de la solución nutritiva.	18
3.3. Metodología para la primera etapa.....	22
3.3.1. Descripción de los tratamientos para la primera etapa.....	24
3.3.1.1. Tratamiento 1.....	24
3.3.1.2. Tratamiento 2.....	24
3.3.1.3. Tratamiento 3.....	24
3.4. Metodología para la segunda etapa.....	25
3.4.1. Descripción de los tratamientos de la segunda etapa.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Resultado de la etapa preliminar.....	28
4.2. Resultado de la primera etapa.....	28
4.2.1. Longitud de plántula (tallo y hojas).....	31
4.2.2. Longitud de raíz de plántula.....	32
4.2.3. Longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas).....	33
4.2.4. Peso fresco (tallo y hojas) de plántula.....	34

4.2.5. Peso fresco de la raíz.....	36
4.2.6. Peso fresco total (raíz, tallo y hojas).....	37
4.2.7. Peso seco de plántula (tallo y hojas).....	38
4.2.8. Peso seco de raíz de plántula	40
4.2.9. Peso seco total (raíz, tallo y hojas).....	40
4.3. Resultados de la segunda etapa.....	42
4.3.1. Número de tomate.....	42
4.3.2. Rendimiento de la planta de tomate.....	43
4.4. Correlación de las variables evaluadas con rendimiento de tomate...	45
4.5. Consumo agua con solución nutritiva y sin solución nutritiva consumida en la producción de tomate.....	46
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
6. BIBLIOGRAFÍA.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.13.1. Costos de los sustratos por AGROEXPO, S. A., Saltillo, Coahuila.....	16
Cuadro 2.13.2. Costos de los sustratos por AGRODELTA, S. A., Saltillo, Coahuila.....	16
Cuadro 3.2.1. Cálculo de la solución nutritiva.....	19
Cuadro 3.2.2. Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes.....	19
Cuadro 3.2.3. Cálculo de macronutrientes a aplicar en subirrigación.....	20
Cuadro 3.2.4. Micronutrientes a aplicar en subirrigación.....	20
Cuadro 3.2.5 Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes en riego por vía foliar.....	21
Cuadro 3.2.6 Cálculo de macronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.....	21
Cuadro 3.2.7 Cálculo de micronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.....	22
Cuadro 3.3.1.1 Descripción de los tratamientos de la segunda etapa.....	27
Cuadro 4.1.1. prueba de germinación de semillas de tomate variedad Floradade.....	28
Cuadro 4.1.2. Caracterización de sustratos en el laboratorio de Fertilidad de Suelos.....	29
Cuadro 4.1.3. Análisis granulométrico.....	30
Cuadro 4.2.1.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula (tallo y hojas) de tomate variedad Floradade a los 23 (dds).....	31
Cuadro 4.2.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula (tallo y hojas) correspondientes a los sistemas de riego a los 23 dds.....	32
Cuadro 4.2.2.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.	32

Cuadro 4.2.3.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	33
Cuadro 4.2.3.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 días.	34
Cuadro 4.2.4.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco (tallo y hojas) de plántula, de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	34
Cuadro 4.2.4.2 Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	35
Cuadro 4.2.4.3. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a mezcla de sustratos a los 23 dds.....	36
Cuadro 4.2.5.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco de raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	36
Cuadro 4.2.6.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds..	37
Cuadro 4.2.6.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.	38
Cuadro 4.2.7.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco (tallo y hojas de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	38
Cuadro 4.2.7.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso seco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	39
Cuadro 4.2.8.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco de	

raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	40
Cuadro 4.2.9.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds..	40
Cuadro 4.2.9.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso total (raíz, tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	41
Cuadro 4.3.1.1. Resultados del análisis de varianza para número de tomates promedio por tratamiento de tomate variedad Floradade, 103 ddt...	42
Cuadro 4.3.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para número de tomates promedio por tratamiento, 103 ddt.	43
Cuadro 4.3.2.1. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de plantas de tomate variedad Floradade, 103 ddt.	44
Cuadro 4.3.2.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para rendimiento de plantas de tomates variedad Floradade, 103 ddt.	45
Cuadro 4.4.1 Correlación de cada variable evaluada en las dos etapas con el rendimiento de planta de tomate variedad Floradade, 103 ddt.....	46
Cuadro 4.5.1 Kilogramos de tomate variedad Floradade producidos por litro de agua con solución nutritiva y agua de ajuste, a los 103 ddt.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.13.1. Costos de los sustratos por AGROEXPO, S. A., Saltillo, Coahuila.....	16
---	----

Cuadro 2.13.2. Costos de los sustratos por AGRODELTA, S. A., Saltillo, Coahuila.....	16
Cuadro 3.2.1. Cálculo de la solución nutritiva.....	19
Cuadro 3.2.2. Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes.....	19
Cuadro 3.2.3. Cálculo de macronutrientes a aplicar en subirrigación.....	20
Cuadro 3.2.4. Micronutrientes a aplicar en subirrigación.....	20
Cuadro 3.2.5 Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes en riego por vía foliar.....	21
Cuadro 3.2.6 Cálculo de macronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.....	21
Cuadro 3.2.7 Cálculo de micronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.....	22
Cuadro 3.3.1.1 Descripción de los tratamientos de la segunda etapa.....	27
Cuadro 4.1.1. prueba de germinación de semillas de tomate variedad Floradade.....	28
Cuadro 4.1.2. Caracterización de sustratos en el laboratorio de Fertilidad de Suelos.....	29
Cuadro 4.1.3. Análisis granulométrico.....	30
Cuadro 4.2.1.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula (tallo y hojas) de tomate variedad Floradade a los 23 (dds).....	31
Cuadro 4.2.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula (tallo y hojas) correspondientes a los sistemas de riego a los 23 dds.....	32
Cuadro 4.2.2.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.	32
Cuadro 4.2.3.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade	

a los 23 dds.....	33
Cuadro 4.2.3.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 días.	34
Cuadro 4.2.4.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco (tallo y hojas) de plántula, de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	34
Cuadro 4.2.4.2 Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	35
Cuadro 4.2.4.3. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a mezcla de sustratos a los 23 dds.....	36
Cuadro 4.2.5.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco de raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	36
Cuadro 4.2.6.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds..	37
Cuadro 4.2.6.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.	38
Cuadro 4.2.7.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco (tallo y hojas de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	38
Cuadro 4.2.7.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso seco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	39
Cuadro 4.2.8.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco de raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.....	40
Cuadro 4.2.9.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco total	

(raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds..	40
Cuadro 4.2.9.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso total (raíz, tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.....	41
Cuadro 4.3.1.1. Resultados del análisis de varianza para número de tomates promedio por tratamiento de tomate variedad Floradade, 103 ddt...	42
Cuadro 4.3.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para número de tomates promedio por tratamiento, 103 ddt.	43
Cuadro 4.3.2.1. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de plantas de tomate variedad Floradade, 103 ddt.	44
Cuadro 4.3.2.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para rendimiento de plantas de tomates variedad Floradade, 103 ddt.	45
Cuadro 4.4.1 Correlación de cada variable evaluada en las dos etapas con el rendimiento de planta de tomate variedad Floradade, 103 ddt.....	46
Cuadro 4.5.1 Kilogramos de tomate variedad Floradade producidos por litro de agua con solución nutritiva y agua de ajuste, a los 103 ddt.....	47

1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de un productor de plántulas de tomate es obtener calidad, donde se atiende casi exclusivamente al aspecto sanitario de la planta, buscando siempre que tenga un tamaño y vigor adecuado; es decir, que solo se atiende al aspecto externo de la planta o calidad percibida. Para definir la calidad de una manera mas objetiva, además del aspecto externo habría que tener muy en cuenta la respuesta que estas plántulas ofrecen tras ser transportadas. De esta

forma hay que decir que atributos de la planta son las favorables para obtener una mayor producción, de la mejor calidad posible y en un momento adecuado para conseguir los mejores precios en el mercado. Esto puede lograrse si se asignan valores a los órganos que la constituyen: raíz, tallo y hojas; relacionando parámetros fácilmente movibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en el cultivo una vez trasplantada (Domingo, 2000).

Widders y Garton (1992), establecen que para conseguir un crecimiento satisfactorio de las plántulas en los pequeños alvéolos de una bandeja de semillero, es necesario un suministro adecuado y constante de elementos nutritivos al medio de cultivo (cuyo contenido raramente es suficiente para satisfacer las necesidades totales durante el periodo de crecimiento). La composición y la frecuencia de aplicación de la solución nutritiva al medio de cultivo determinan el estado nutritivo, y por lo tanto el crecimiento de las plántulas. Desde este punto de vista resulta posible controlar la velocidad de crecimiento de las plántulas, controlando la concentración de elementos nutritivos en la solución de fertirriego aplicada al medio de crecimiento. Es importante señalar que las plantas jóvenes tiene una alta demanda nutricional, en parte debida a su rápida tasa de crecimiento comparada con plantas de edad avanzada, aunque excesiva fertilización en estados iniciales puede ocasionar crecimientos descontrolados de tallos, agravando el problema de altas temperaturas y niveles excesivos en irrigación.

Desde 1877 se demostró que sales y otras sustancias pueden ser absorbidas a través de las hojas aunque estas no sean órganos especializados para la absorción de los nutrientes como son las raíces. Estudios han demostrado que los nutrimentos en la solución son absorbidos, en áreas puntiformes las cuales

coinciden con la posición de los ectodesmos que se proyectan radialmente en la pared celular. Estas áreas puntiformes sirven para excretar soluciones acuosas de la hoja, por lo tanto, también son apropiadas para el proceso inverso, esto es, penetración de soluciones acuosas con nutrimentos hacia la hoja (Franke, 1986 citado por Trinidad y Aguilar, 2000).

Sin embargo es la raíz el órgano especializado en realizar la absorción del agua y nutrimentos, el tomate cuenta con una raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

Por otra parte, la tecnología desarrollada en cultivos de tomate bajo invernaderos puede incluir el uso de un sustrato complejo. En México al igual que en otros países los sustratos se obtienen tradicionalmente por el método del ensayo y error, que consiste en formular mezclas donde las proporciones de los materiales se establecen de manera arbitraria. Se selecciona aquella mezcla que mejore la respuesta del cultivo, sin ser necesariamente la óptima ya que no se exploran todas las combinaciones posibles de los diversos materiales.

El estrés mecánico, comúnmente referido como cepillado o “brushing”, se introdujo para sustituir el uso de reguladores de crecimiento prohibidos en hortalizas en U. S. A. Esta técnica se aplica pasando una barra de PVC o madera sobre la superficie foliar de los trasplantes con el propósito de incrementar el diámetro de tallos, mejorando el vigor y la calidad del trasplante. Experiencias en hortalizas indican una reducción de altura de hasta un 50%, con relación del área foliar, peso seco, y un aumento del vigor del tallo y pecíolo. En tomate se necesita mas información al respecto, en cuanto a la calidad de plántulas obtenida practicando cepillado y la respuesta postrasplante.

1.1. Objetivos

1. Evaluar el efecto de la fertilización foliar y en subirrigación (1% y 0.5% de pendiente en canaleta) sobre la calidad de plántula de tomate.
2. Analizar la respuesta de crecimiento y desarrollo de plántula de tomate en dos mezclas de sustrato.
3. Estudiar el efecto del cepillado (brushing) en plántula de tomate.
4. Medir la capacidad de rendimiento de las plántulas obtenidas y crecidas hasta su etapa adulta.

1.2. Hipótesis

1. Un sistema de riego por subirrigación dará mejores resultados en producción de plántula de tomate que utilizando un sistema de riego vía foliar.
2. El sustrato con mayor contenido de materia orgánica genera mejor plántula de tomate ya que posee características físico-químicas superiores.
3. El brushing o cepillado produce plántula más vigorosa.
4. Existe correlación entre la calidad de plántula obtenida y su capacidad de producción de fruto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sustratos

La elección de un material a emplear como sustrato es de gran importancia en cuanto a sus requerimientos físicos y químicos, ya que pueden influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas.

Las técnicas culturales utilizadas en la producción han experimentado cambios rápidos y notables durante las últimas dos décadas, unido a estos rápidos cambios tecnológicos, se ha producido una notable sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo en sustrato (Abad, 1991).

En un cultivo hidropónico se denomina sustrato a un medio material, normalmente sólido, en el cual se desarrollan las raíces del cultivo. Los sustratos suelen estar confinados en contenedores que pueden adoptar distintas formas (abiertas o cerradas), volúmenes (cubos, prismas, cilindros) y aspectos (a granel, bolsas, sacos). Por lo tanto, los sustratos deben proporcionar al cultivo todo lo que el cultivo requiere y que normalmente toma por la raíz: agua, nutrientes minerales y oxígeno.

Dada la estrecha relación que los sustratos guardan con la raíz, contribuyen a proporcionarle otras cuatro propiedades que normalmente se olvidan cuando se habla de sustratos:

- 1) Oscuridad absoluta para el buen desarrollo del sistema radicular
- 2) Temperatura óptima para que la raíz pueda llevar a cabo todas las funciones que tiene encomendadas (absorción de nutrientes minerales, transpiración y movimiento de la savia bruta por el xilema, respiración celular íntimamente

relacionada con la absorción y transporte de nutrientes, acumulación de sustancias de reserva en algunos cultivos y síntesis de fitohormonas, en otros);

3) Un ambiente propicio para el establecimiento de una microflora favorable para el cultivo (rizosfera) y

4) Un ambiente desfavorable para el desarrollo de microorganismos u otros agentes que puedan actuar como transmisores o reservorio de plagas y enfermedades.

2.1.1. Peat moss

El peat moss es un como resultado de los restos de vegetación acuática, pantanos o marismas que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial, en un proceso donde la falta de oxígeno se hace presente, considerando este factor como el principal causante de un resto periódico en el proceso de descomposición.

La germinación por medio de turba peat moss (turba) en semilleros es bueno, debido a que es bajo en sales solubles y no quema la raíz que emerge (radícula). Los alimentos que se le proporcione dependerán del tiempo de riego, es decir, la cantidad de agua que se le proporcione con solución.

El peat moss (turba) es un medio poroso y ligero, permite una penetración fácil de raíces y resistencia a la compactación, además, proporciona la relación óptima de aire y de agua para plantas del semillero.

2.1.2. Perlita

Es un mineral expandido para uso en las industrias de horticultura y jardinería. Dentro de su proceso industrial, una vez triturado el material original se calienta

rápidamente hasta 900 o 1000°C con los que se evapora rápidamente y la partícula estalla; obteniendo los gránulos volcánicos vitrificados con gran porosidad interna y por lo tanto muy ligera.

La perlita tiene una estructura celular cerrada, superficie rugosa, lo que le confiere alta capacidad de retención de agua en la superficie de las partículas, siendo liberada a muy bajas tensiones, la elaboración de mezclas de perlita con otros materiales, permite tener suficiente espacio de aireación, (Bunt, 1998).

2.1.3. Fibra de coco

La fibra de coco es un sustrato con posibilidades de ser utilizado en cultivos sin suelo, como sustituto o componente de otros sustratos, sus propiedades se mantienen durante muchos años y es recomendable colocar un poco más de sustrato nuevo cada 3 años para renovarlo. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.3 a 6.5) y una densidad aparente de 200 Kg/m³, su porosidad es bastante buena y debe ser lavado antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (Cervantes, 2003).

2.1.4. Caracterización y normalización de los sustratos

Una cuestión que se plantea frecuentemente es: ¿Existe el sustrato ideal para la producción de planta en semillero, vivero y para cultivo sin suelo? La respuesta de los especialistas es "no", ya que el sustrato es un elemento más del complejo agroecosistema hortícola (Abad et al., 1993, 1995; Marfá, 1994).

Lo importante es que las propiedades de cada sustrato estén perfectamente especificadas, para permitir al usuario, en función de sus necesidades, la elección de los materiales idóneos.

Ante la problemática planteada por la utilización de diferentes métodos de caracterización de sustratos y enmiendas de suelo por parte de los laboratorios de los distintos estados de la Unión Europea, existen distintos grupos de trabajo, en el seno del Comité Europeo de Normalización, dedicados a establecer métodos de análisis unificados que permitan que sean comparables los resultados analíticos de los sustratos comercializados obtenidos por los diferentes laboratorios (Martínez y Burés, 1998). En líneas generales, las propiedades que en mayor medida caracterizan a un sustrato, en cuanto su aptitud para la germinación, enraizamiento y desarrollo de plantas, son las siguientes

2.1.5. Propiedades físicas de los sustratos

Ansorena (1994), señala las propiedades que deben tener los sustratos.

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que posibilite las dos condiciones precedentes.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable que impida la contracción o hinchazón.
- Baja o suficiente capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertilización se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.

- Suficiente nivel de nutrientes asimilables, a no ser que se desee contar con un sustrato inerte.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y mantenimiento constante del pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

Otras propiedades:

- Libres de semillas de malas hierbas, nemátodos, hongos, otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproducibilidad y disponibilidad.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estable frente a los procesos de desinfección.
- Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

2.2. Riego

El agua es uno de los recursos cada vez más caros y escasos, se deben buscar y aplicar estrategias para hacer un uso eficiente del mismo, como el uso de sistemas de riego localizados.

2.3. Fertirrigación

Se entiende por fertirrigación la aplicación de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etc.) necesarios para los vegetales en el agua de riego, aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química requerida por

las plantas según su etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que se logren a corto y largo plazo altos rendimientos con calidad y se mantenga adecuado nivel de fertilidad general en el suelo.

2.4. Sistemas de riego

2.4.1. Sistema de riego por subirrigación

El término de subirrigación se puede considerar como la provisión de agua a la zona radicular de las plantas por debajo de la superficie del suelo, con la finalidad de asegurar una combinación adecuada de agua y aire en la zona radical del suelo (Achnich, 1972).

Con el uso de la subirrigación se persigue cubrir la demanda nutricional del cultivo, al minimizar las pérdidas por lixiviación, el porcentaje absorbido de agua por las plántulas, y evitando en lo posible la contaminación de acuíferos, sobre todo por NO_3 , generado por el uso inadecuado y excesivo de fertilizantes químicos (Achnich, 1972).

Ventajas del sistema de riego por subirrigación

- El agua y los nutrientes, distribuidos directamente cerca del aparato radical favorecen el sano crecimiento de las plantas y reducen el estrés de las mismas.
- El follaje se mantiene seco reduciendo así las enfermedades fúngicas favorecidas especialmente por la irrigación en la superficie y se eliminan las manchas sobre frutos y hojas, causadas por la irrigación arriba de la copa.
- Los productos químicos llegan directamente al aparato radical de las plantas disminuyendo las cantidades utilizadas y reduciendo al mínimo la contaminación ambiental.

- Las partículas más pequeñas del sustrato no son deslavadas, disminuyendo por tanto la compactación del mismo y favoreciendo el crecimiento de las raíces.
- La distribución más fácil de los fertilizantes, el mejor control de las enfermedades y el menor mantenimiento implican reducción de mano de obra.

2.4.2. Sistema de riego por vía foliar.

Es un sistema que se caracteriza por aplicar el agua en un punto específico en forma de lluvia fina o de niebla, permite uniformidades de riego muy altas, es excelente para usarse en sistemas de fertirrigación, también es usado para combate de heladas. Con este tipo de riego se puede aplicar la fertilización foliar, otra forma en que se puede abastecer a las plantas con nutrientes y es una práctica agronómica de simple aplicación, la cual no ha sido plenamente aprovechada para los cultivos, ya que es eficiente para corregir desórdenes nutrimentales y para lograr un adecuado nivel nutricional en las plantas. La cantidad de nutrientes requeridos vía follaje es menor que cuando se aplica vía edáfica; así al utilizar menor cantidad de fertilizantes, se reduce el riesgo de contaminación ambiental por nitratos y otros agroquímicos (Gray, 1997).

2.4.3. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo puede incrementar significativamente la eficiencia de aplicación de agua de un 44 a 72 por ciento, comparando con un riego por aspersión debido a que el agua es conducida hasta la planta y liberada directamente al sistema radicular.

El riego por goteo es un método efectivo para la aplicación de agua y fertilizantes, es una nueva tecnología que crece día con día en la agricultura. Este incluye la eficiencia del uso de los fertilizantes, reduciendo las pérdidas por lixiviación, mejor control de la concentración de nutrimentos en la solución del sustrato, reducción de mano de obra, ahorro de energía y flexibilidad en la aplicación oportuna de nutrimentos (Decoteau y Friend.,1990).

2.5. Recirculación de soluciones nutritivas en cultivos sin suelo.

En los circuitos cerrados se recogen los excedentes del riego y tras someterlos a un proceso de desinfección y de restitución de nutrientes, vuelven al circuito de riego para suministrarlos de nuevo a las plantas.

Los sistemas abiertos tienen un manejo más sencillo que los sistemas cerrados, permiten reponer la solución nutritiva que inicialmente se ha calculado y evitan que se acumulen sales nocivas en el sustrato, pero el inevitable despilfarro de agua y nutrientes tienen dos consecuencias nocivas:

- La primera es de tipo económico, por la ineficiencia del uso de fertilizantes pues se pierden inevitablemente con la solución de drenaje.
- La segunda es medio ambiental, estas aguas cargadas de nitratos se pueden infiltrar en el suelo o pasar a los cauces naturales mezclándose con el agua potable. (Pierna I. y R. V. Díaz, 2001).

2.6. Producción de trasplantes.

Esta práctica es comúnmente usada en cultivos hortícolas de semillas pequeña, particularmente aquellas difíciles de germinar o que requieren condiciones especiales de germinación. Es común en áreas donde la estación de crecimiento

es corta y se requieren de cosechas tempranas. El trasplante o producción en almácigo maximiza el uso de los recursos de agua disponible; precisa el control de inclemencias ambientales, permite el uso intensivo del terreno, establece medidas para el control de malezas y fitosanitarias, regula la densidad de plantas y hace un uso eficiente de variedades o semillas caras, creando uniformidad del tamaño y desarrollo de la plántula dentro del cepellón (Laustalot, 1998).

En la actualidad muchos países han adoptado técnicas integrales para la producción de trasplantes que permiten desarrollar el máximo potencial de la semilla, asegurando la calidad de la germinación y recortando el período de producción (Minero, 1998).

En el cultivo de plántulas, es necesario producir plantas que resistan los rigores del manejo del trasplante, sobrevivan al estrés del movimiento de ambientes protegidos hacia ambientes de campo, queden establecidas y reinicien el crecimiento activo inmediatamente después del trasplante y produzcan rendimientos aceptables sin reducciones o retrasos comparados con métodos alternativos de establecimiento (Latimer y Beverly, 1993). El éxito del establecimiento en campo esta directamente relacionado al vigor de las plántulas al momento del trasplante. Los factores que pueden afectar negativamente el vigor durante la producción y mercadeo incluyen las técnicas de endurecimiento usadas, el daño mecánico en algunas fases de crecimiento de la planta, tamaño de la celdilla del recipiente, edad del trasplante, condiciones de producción, de mercadeo, condiciones ambientales durante el transporte, tiempo de almacenamiento y condiciones posteriores al trasplante (Cantliffe, 1993).

2.7. Calidad de plántula de tomate.

El éxito en la producción de plántulas radica en la utilización de insumos de calidad (sustrato, fertilizante, semillas, plaguicidas) y en su manejo. El empleo de semilla certificada, de sustrato a base de peat moss, manejo integrado de plagas y enfermedades, control ambiental y sistemas de riego y fertirriego permiten al final del ciclo obtener plántula de la mas alta calidad (Gómez, 1998; Minero, 1998), con altura uniforme y con tallo fuerte que resista el manejo y el estrés al momento del trasplante (Leskovar y Stoffella, 1995).

Dentro del criterio para evaluar el vigor de la plántulas de tomate, Navarrete *et. al.* (1997) mencionaron variables agronómicas tales como área foliar, peso seco de la planta, diámetro de tallo, salud radical y color del follaje, así mismo indica que el número de hojas y área foliar son los parámetros de calidad mas apropiados en melón, apio y materia seca en brotes de apio. En tomate, Dumas (1990), encontró fuerte correlación entre peso seco de los brotes y área foliar. Mientras que Leskovar *et al.*, 1990 menciona que el reparto de materia seca entre brotes y raíces indica la capacidad competitiva de regiones de demanda y el estado fisiológico de la planta.

2.8. Efecto del cepillado

El cepillado es un estímulo mecánico que induce lo que se conoce como "choque oxidativo inducido", esto es, la producción constitutiva de cantidades significativas de especies reactivas de oxígeno (ROS), principalmente H_2O_2 (peróxido de hidrógeno). Esta producción se asocia predominantemente con la matriz exocelular (o pared celular) y es producido en forma intensiva en células sujetas a

daño mecánico (como el granizo) o estrés mecánico (como el viento o el cepillado).

La presencia de un estímulo oxidativo inducido por algún factor ambiental, sea este natural o artificial da lugar a la dismunición en la longitud de los entrenudos así como al engrosamiento del tallo y el reforzamiento de las paredes celulares. Este efecto puede conseguirse en las plántulas al aplicar un estímulo mecánico como el cepillado o un estímulo químico como la aplicación exógena de peróxido de hidrógeno o ácido salicílico (Benavides, 2002).

2.9. Condiciones ambientales que requiere la producción de plántula.

En la producción de plántula se requiere una temperatura promedio de 18 a 26°C para la germinación, 17 a 24°C para el segundo estado y 14 a 21°C previo al trasplante, con una humedad relativa de 90 a 95% y un grado de iluminación de 220 a 360 micromoles por segundo y un pH del agua de 5.0 a 6.5.

Las condiciones ambientales deben controlarse de la siguiente manera:

Temperatura: debe ser de alta a baja en la etapa de plántula.

Humedad Relativa: debe ser de alta a baja.

Luminosidad: debe ser de baja a alta.

Nutrición: debe ser de baja a alta.

2.10. Variedades

2.10.1. Variedades indeterminadas

Este crecimiento se identifica con la relación 1:3; consiste en un racimo floral y tres foliolos consecuentes. En esta clasificación los materiales pueden durar varios meses según el tipo de manejo como lo son: podas, nutrición y

saneamiento. Es común el manejo a un tallos. Las variedades más conocidas son la Cencara, Romana, Tylka, Palino, Cascada, Bamby, Bambino, TC-495, TC-491, TC-496, etc.

2.10.2. Variedades semi-determinadas

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

2.10.3. Variedades determinadas

Se identifica con la relación 1:2: es decir consta de un racimo floral por dos foliolos consecuentes. El período de producción es más reducido y compacto, el manejo a dos tallos es común en esta clasificación. Las variedades populares son Floradade y Amaretto,

2.10.4. Variedad Floradade.

Su hábito es de crecimiento determinado resistente a R1R2 Fusarium y Verticilium, produce frutos redondos, de medianos a grandes, lisos y muy firmes, de color rojo intenso y uniforme, con hombros verdes y pedúnculo sin coyuntura (Maroto., 2004,).

2.11. Cosecha y rendimiento.

En condiciones normales, el primer corte se realiza a los 105 días si es sembrado directamente y de los 75 a 80 días después del trasplante. Con esta variedad pueden alcanzarse rendimientos de 40 a 60 toneladas por hectárea.

2.12. ¿Que es lo que prefieren sembrar los productores?

Los productores prefieren sembrar variedades que sean resistentes a los problemas más comunes de la zona y la más apropiada para la región, utilizan materiales de propagación certificados procedentes de cultivos sanos y con el debido tratamiento, además la mayor parte de los productores prefieren sembrar tomate de variedad determinada debido a que la producción es a cielo abierto y menos mantenimiento que las variedades indeterminadas.

2.13. Costos

En el cuadro 2.13.1 se muestran costos de algunos sustratos utilizados en esta prueba y en el cuadro 2.13.2 se muestran costos de los fertilizantes utilizados para preparar las soluciones nutritivas para aplicar vía foliar y para aplicar en el sistema de riego por subirrigación.

Cuadro 2.13.1. Costos de los sustratos por AGROEXPO, S. A., Saltillo, Coahuila.

Sustrato	Precio	Volumen
Peat moss	\$ 268.05	108 litros.
Perlita	\$ 92.00	100 litros.
Fibra de coco	\$ 35.00	36 litros.

Cuadro 2.13.2. Costos de los sustratos por AGRODELTA, S. A., Saltillo, Coahuila

Fertilizante	pesos/kg
NH ₄ NO ₃	6
KNO ₃	6
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	6

Fertilizante	pesos/kg
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	10
KH_2PO_4	5
K_2SO_4	8
EDDHAFe	168
MnSO_4	5
CuSO	16
$\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	8.30
H_2BO_3	10
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_2\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	12

Nota: paridad peso / dólar igual a \$11.20

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

El experimento se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra ubicada bajo las siguientes coordenadas geográficas: 25° 02' 00" latitud norte y 101° 01' 00" longitud oeste, con una altitud de 1743msnm.

3.1. Metodología para la prueba preeliminar.

Se estableció una prueba preeliminar el día 24 de febrero del 2005 en invernadero de 50 metros cuadrados con cubierta plástica, pared húmeda, extracción de aire y malla aluminizada, con la finalidad de obtener la mezcla a utilizar. En base a la prueba establecida con los diferentes sustratos y con la caracterización de los mismos como se muestra en el Cuadro 4.1.2. y un análisis granulométrico que se presenta en el Cuadro 4.1.3. se eligieron dos mezclas:

1).- $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita y 2).- $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita.

Posteriormente se trabajaron bajo el sistema de riego por subirrigación y por vía foliar. Así mismo, se llevó a cabo una prueba de germinación de la semilla de tomate variedad Floradade que fue la empleada en este experimento (Cuadro 4.1.1.)

3.2. Cálculo de la solución nutritiva

La solución nutritiva se formuló considerando el agua de riego y el requerimiento del cultivo, para aplicar en riego por subirrigación.

En los cuadros 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 se presentan los cálculos de la solución nutritiva que se utilizó en la primera etapa en riego por subirrigación y en la segunda en el sistema de riego por goteo.

Cuadro 3.2.1 Cálculo de la solución nutritiva.

Concepto	NO3	H2PO4	SO4	NH4	Ca	K	Mg	HCO3
Aporte del agua de riego			2,0		1.0		4.9	4.0
Requerimiento de la planta	13.0	2.0	6.0	0.5	7.0	9.5	3.0	
Total de aplicar	13.0	2.0	4.0	0.5	6.0	9.5	X	3,5

Cuadro 3.2.2. Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes

	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	
NH ₄		0.5		0.5
K	3.5	2.0	4.0	9.5
Ca	6.0			6.0
Mg				
H	3.5			3.5
	13.0	2.5*	4.0	19.5

* Se aumentaron = 0.5 meq/l de ortofosfato

Macronutrientes

Cuadro 3.2.3. Cálculo de macronutrientes a aplicar en subirrigación.

Fertilizante	Factor	Necesita	g/litro	En 200 lts de agua en g.
KNO ₃	0.10	3.5	0.35	70
Ca ₂ (NO ₃)	0.08	6.0	0.48	96
HNO ₃	0.08	3.5	0.28	56ml
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.12	0.5	0.06	12
KH ₂ PO ₄	0.14	2.0	0.28	56
K ₂ SO ₄	0.09	4.0	0.36	72

Micronutrientes

Cuadro 3.2.4. Micronutrientes a aplicar en subirrigación

Fertilizante	En 200 l de agua en g
Fe	0.4
Mn	0.32
Zn	0.26
Cu	0.08
B	0.46
Mo	0.18

La solución nutritiva empleada en la primera etapa para aplicar por vía foliar se muestra en los cuadros 3.2.5, 3.2.6 y 3.2.7 que se fabricó siguiendo la formulación del producto comercial Bayfolán.

Cuadro 3.2.5 Total a aplicar de la solución nutritiva de iones y cationes en riego por vía foliar

	NO3	H2PO4	SO4
NH4		0.3	0.3
K	1.5		1.5
Ca	0.5		0.5
Mg			
H	2	0.5	2.5
	4.0	0.8	4.8

Macronutrientes

Cuadro 3.2.6 Cálculo de macronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.

Fertilizante	Factor	Necesita	Para disolver en 1	En 200 lts de agua en
			litro	gr.
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.12	0.3	0.036	7.2
KNO ₃	0.10	1.5	0.15	30
Ca ₂ (NO ₃)	0.08	0.5	0.04	8
HNO ₃	0.08	2.0	0.16	32ml
H ₃ PO ₄	0.07	0.5	0.035	7ml

Micronutrientes

Cuadro 3.2.7 Cálculo de micronutrientes a aplicar en riego por vía foliar.

Fertilizante	Necesita	Para disolver en 2000 litro	En 200 lts de agua en gr.
Fe	0.6	24	2.4
Mn	0.2	1.08	0.108
B	0.2	1.76	0.18
Cu	0.03	0.24	0.024
Mo	0.03	1.1	0.11
Zn	0.25	2.2	0.22

El trabajo se dividió en dos etapas, las que se describen a continuación:

3.3. Metodología para la primera etapa

Etapa de formación de plántulas, desde su siembra hasta que las plantas alcanzaron de 15 a 20 cm de altura.

1. Se instalaron sistemas de riego por subirrigación con pendiente del 1% y con la solución nutritiva recirculando, otro igual por subirrigación con pendiente del 0.5% con solución nutritiva recirculando y un sistema vía foliar (microaspersión) con solución nutritiva.
2. Desinfección de charolas: se metieron las charolas en agua caliente (hirviendo) y luego en agua fría para desinfectar mediante cambios bruscos de temperatura.
3. Mezcla de sustratos: Se prepararon mezclas entre perlita y peat moss, la primera $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita y la segunda $\frac{3}{4}$ de perlita con $\frac{1}{4}$ de peat moss.

4. Se llenaron las charolas con las mezclas de sustratos previamente preparadas, se sembraron el 4 de Abril de 2005 con semilla de tomate de la variedad Floradade. Las charolas ya sembradas se introdujeron en bolsas de plástico negras para acelerar el proceso de germinación.
5. Se preparó la solución nutritiva para aplicar por subirrigación como se muestra en los cuadros 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, y 3.2.4.
6. Se preparó la solución nutritiva para aplicar vía foliar como se muestra en los cuadros 3.2.5, 3.2.6 y 3.2.7. La cual fue preparada en base a un producto comercial llamado Bayfolan
7. Una vez germinadas (9 de Abril de 2005) se colocaron en su tratamiento y lugar correspondiente.
8. Se consideró el cepillado en esta etapa, que consistió en pasar la mano por la superficie del follaje de las plántulas, con lo cual se buscaba generar planta de menor altura y mayor vigor.
9. Se colectó información de temperatura, radiación y humedad relativa.
10. Se monitoreó la solución nutritiva recirculante, midiendo pH, CE y K. durante todo el período de crecimiento de la plántula.
11. Por último, cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio de 15 a 20cm (27 de Abril de 2005), se evaluaron: longitud de plántula (tallo y hojas), longitud de raíz, longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas), peso fresco de plántula (tallo y hojas), peso fresco de raíz, peso fresco de plántula total (raíz, tallo y hojas), peso seco de plántula (tallo y hojas), peso seco de raíz, peso seco de plántula total (raíz, tallo y hojas).

3.3.1. Descripción de los tratamientos para la primera etapa.

3.3.1.1. Tratamiento 1

El tratamiento uno se basó en un sistema de riego por subirrigación con una pendiente del 1% y con solución nutritiva recirculada, se colocaron seis charolas de 200 cavidades, con mezcla de sustratos entre perlita y peat moss, sembrando con semilla de tomate Floradade, se cubrieron con plástico negro los espacios en donde los rayos del sol podían llegar al agua y generar algas.

3.3.1.2 Tratamiento 2

El tratamiento dos se basó en un sistema de riego por subirrigación, con una pendiente del 0.5% y con solución nutritiva recirculada; se colocaron seis charolas de 200 cavidades, con mezcla de sustratos entre perlita y peat moss, sembrando con semilla de tomate Floradade, se cubrió con plástico negro los espacios en donde los rayos del sol podían llegar al agua y generar algas.

3.3.1.3. Tratamiento 3

El tratamiento tres consistió en colocar un sistema de riego por vía foliar (microaspersión) con solución nutritiva, con pendiente al 0%, se colocaran seis charolas de 200 cavidades, con una mezcla de sustratos entre perlita y peat-moss, sembrando con semilla de tomate Floradade.

Dentro de estos tres tratamientos se colocaron otros niveles que se describen a continuación.

Mezcla de sustratos

Se tomaron tres charolas de las seis de cada sistema de riego y se llenaron con las mezclas de sustratos siguientes:

Tratamiento 1: $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita.

Tratamiento 2: $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita.

Cepillado y no cepillado

En cada sistema de riego se dividían las seis charolas a la mitad, por lo que se tomaron 100 plantas para cepillar y 100 plantas no cepilladas.

Tratamiento 1: Cepillar las plantas, con el fin de aminorar altura y aumentar su diámetro basal.

Tratamiento 2: No cepillado de plántula con el fin de que la creciera sin gasto de energía.

Se consideró un diseño experimental de parcelas subdivididas, en donde la parcela grande la constituyó el sistema de fertirriego, la intermedia consideró a las mezclas de sustrato y la parcela chica fue el cepillado y no cepillado de las plántulas.

3.4. Metodología para la segunda etapa.

Esta etapa se realizó para determinar el comportamiento de las plántulas obtenidas en la etapa 1 al llevarlas hasta producción de frutos.

1. En canaletas con pendiente del 1.0% se colocaron sacos de fibra de coco de 30 litros de capacidad, se saturaron con agua pura para lavar dicho sustrato, se saturó con solución nutritiva por 24 horas y finalmente se drenó

la solución nutritiva y se procedió al trasplante el día cuatro de mayo del 2005.

2. Después del trasplante se tomaron datos de volúmen drenado del saco del cultivo así como el volúmen de entrada en el tiempo preestablecido en temporizador. La toma de volúmenes es con el fin de que el drenado cumpla con el 30% que es lo normal no más ni menos, para dar el tiempo necesario de riego.
3. Se entutoró para sostener la planta.
4. Se monitoreó constantemente el pH y la conductividad eléctrica, ajustando primero con ácidos fosfórico y nítrico respectivamente. La conductividad eléctrica se mantuvo abajo de tres deciSiemens/metro.
5. Se cosechó y se analizaron estadísticamente los datos correspondientes, los parámetros evaluados fueron: el número de tomates producidos por las plantas y el rendimiento de las plantas de tomate variedad Floradade.

3.4.1 Descripción de los tratamientos para la segunda etapa.

En está etapa se escogieron 12 plántulas de las que se produjeron anteriormente, con el fin de ver la respuesta en la producción de la misma. Estos tratamientos se muestran en el cuadro 3.3.1.1.

Se trasplantaron el día cuatro de mayo en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones

Cuadro 3.3.1.1 Descripción de los tratamientos de la segunda etapa.

Tratamiento	Descripción del tratamiento
1	subirrigación al 1%, $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, no cepillado
2	subirrigación al 1%, $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, cepillado
3	subirrigación al 1%, $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, no cepillado
4	subirrigación al 1%, $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, cepillado
5	subirrigación 0.5% $\frac{3}{4}$ peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, no cepillado
6	subirrigación 0.5% $\frac{3}{4}$ peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, cepillado
7	subirrigación 0.5% $\frac{1}{4}$ peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, no cepillado
8	subirrigación 0.5% $\frac{1}{4}$ peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, cepillado
9	vía foliar, $\frac{3}{4}$ peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, no cepillado
10	vía foliar, $\frac{3}{4}$ peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, cepillado
11	vía foliar, $\frac{1}{4}$ peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, no cepillado
12	vía foliar, $\frac{1}{4}$ peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, cepillado

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados de la etapa preliminar

Los resultados de la prueba de germinación llevada a cabo a la semilla de tomate se muestran en el cuadro 4.1.1. Así mismo, los resultados de la prueba preliminar indican que la mejor mezcla de sustrato fue $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita, su caracterización se muestra en el cuadro 4.1.2., y su análisis granulométrico en el cuadro 4.1.3.

Cuadro 4.1.1. prueba de germinación de semillas de tomate variedad

Cultivo	Floradade		
	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas sin Germinar
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	94.5%	4%	1.5%

Laboratorio de Calidad de Semillas. UAAAN

4.2 Resultados de la primera etapa.

Los análisis de varianza (ANVA) se realizaron con el fin evaluar los parámetros longitud de plántula (tallo y hojas), longitud de raíz, longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas), peso fresco de plántula (tallo y hojas), peso fresco de raíz, peso fresco de plántula total (raíz, tallo y hojas), peso seco de plántula (tallo y hojas), peso seco de raíz, peso seco de plántula total (raíz, tallo y hojas), obtenidos de la primera etapa de producción de plántula de tomate de variedad Floradade; además, con la finalidad de llevar a cabo la comparación de medias se manejó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05.

Cuadro 4.1.2. Caracterización de sustratos en el laboratorio de Fertilidad de Suelos

Sustrato	pH	CE dSm ⁻¹	MO %	Cenizas (%)	Humedad (%)	Materia seca(g)	Da gcc- 1	Dr gcc- 1	CA %	EPT %
PERLITA	7.6	0.9	-----	100	0.8	99.2	0.17	0.87	33.62	80.7
FIBRA DE COCO	6.6	3.6	86.6	13.34	25.5	74.5	0.10	1.38	19.96	93
PEAT (PREMIUM)	---	-----	48.48	51.52	11.6	88.40	0.13	-----	7.88	-----
¾ PEAT (PREMIUM) + ¼ PERLITA	---	-----	40.90	59.10	8.80	91.20	0.14	-----	-----	-----
¾ PERLITA + ¼ PEAT (PREMIUM)	6.9	0.7	9.52	90.48	2.80	97.20	0.16	0.85	19.43	81

Cuadro 4.1.3. Análisis granulométrico

Sustrato: Perlita

Mezcla 100 g

No. Tamiz	(g)	(%)
Mas de 2 mm	77.2	77.2
2 mm	11.5	11.5
1 mm	3.8	3.8
0.5 mm	1.3	1.3
0.1 mm	5.5	5.5
Total		99.3

Sustrato: Peat moss

Mezcla 100 g

No. Tamiz	(g)	(%)
Mas de 2 mm	12.2	12.2
2 mm	42.8	42.8
1 mm	32.8	32.8
0.5 mm	7.7	7.7
0.1 mm	4	4
Total		99.2

Sustrato: $\frac{3}{4}$ Peat moss + $\frac{1}{4}$ Perlita

Perlita

Mezcla 100 g

No. Tamiz	(g)	(%)
Mas de 2 mm	23.3	23.3
2 mm	28.8	28.8
1 mm	32.8	32.8
0.5 mm	9.8	9.8
0.1 mm	5.2	5.2
Total		99.9

Sustrato: $\frac{1}{4}$ Peat moss + $\frac{3}{4}$

Mezcla 100 g

No. Tamiz	(g)	(%)
Mas de 2 mm	40.7	40.7
2 mm	34.3	34.3
1 mm	14.2	14.2
0.5 mm	5.0	5.0
0.1 mm	5.1	5.1
Total		99.3

4.2.1. Longitud de plántula (tallo y hojas)

En el Cuadro 4.2.1.1. se presentan resultados del análisis de varianza para longitud de plántula en tallo y hojas, 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.1.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula (tallo y hojas) de tomate variedad Floradade a los 23 (dds).

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>Fc
Sistema de riego	10	17.4214	1.7421	62.21**	0.000
Mezcla de sustratos	15	25.8130	1.7209	2.80 NS	0.091
Cepillado	30	76.0220	2.5341	0.23 NS	0.795

Coefficiente de variación = 18.2887%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 1, riego por subirrigación al 1%, con una media de 10.437 cm de longitud de plántula (tallo y hojas), y el tratamiento 2 riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 9.341 cm fueron los mejores e iguales estadísticamente, pero si hubo diferencia entre los sistemas de riego por subirrigación con el sistema de riego por vía foliar que presentó una media de longitud de plántula (tallo y hojas) de 6.333 cm. (Cuadro 4.2.1.2.).

Cuadro 4.2.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula (tallo y hojas) correspondientes a los sistemas de riego a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
1	10.473 A
2	9.341 A
3	6.333 B

Los resultados anteriores concuerdan con lo encontrado por Achtnich (1972), e Hidalgo, *et al* (1998) ya que en el sistema de riego por subirrigación se aplican los nutrimentos directamente a la zona radical y se tiene un mejor desarrollo que en el sistema por vía foliar. Cadahia, *et al* (2000) encontró resultados favorables en la producción de plántulas de *pinus halepensis L* cuando aplica soluciones diluidas via foliar.

4.2.2. Longitud de raíz de plántula

En el Cuadro 4.2.2.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para longitud de raíz de plántula, 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego, mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.2.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	392.6367	39.2637	3.15 NS	0.086

Mezcla de sustratos	15	291.9805	19.4654	1.94 NS	0.317
Cepillado	30	837.7207	27.9240	2.18 NS	0.128

Coefficiente de variación = 27.4728%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

4.2.3. Longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas)

En el Cuadro 4.2.3.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas), 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.3.1. Resultados del Análisis de varianza para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	309.6680	30.9668	3.16 **	0.001
Mezcla de sustratos	15	233.8633	15.5909	1.24 NS	0.232
Cepillado	30	900.1836	30.0061	2.18 NS	0.100

Coefficiente de variación = 18.2887%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 1, riego por subirrigación al 1%, con una media de 31.021 cm de longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas), y el tratamiento 2 riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 29.825 cm de longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) fueron los mejores e iguales

estadísticamente, pero si hubo diferencia entre los sistemas de riego por subirrigación con el sistema de riego por vía foliar que presentó una media de longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) de 22,944 cm. (Cuadro 4.2.3.2.).

Cuadro 4.2.3.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para longitud de plántula total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 días.

Tratamiento	Media (cm)
1	31.021 A
2	29.825 A
3	22.944 B

Los resultados son afines a lo encontrado por Achtnich (1972), y por Hidalgo (1998), quienes marcan al sistema por subirrigación como mas favorable para la producción de plántula de tomate, así mismo, Cadahia (2000), menciona que sistema foliar permite producir plántulas de pino sin dificultad, siempre y cuando se maneje la concentración adecuada en las soluciones nutritivas.

4.2.4. Peso fresco (tallo y hojas) de plántula

En el Cuadro 4.2.4.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso fresco (tallo y hojas) de plántula, 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.4.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco (tallo y hojas) de plántula, de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	1.669540	0.166954	20.36**	0.001
Mezcla de sustratos	15	1.574890	0.104993	1.75**	0.212
Cepillado	30	2.783188	0.092773	1.75 NS	0.189

Coefficiente de variación = 20.9757%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 2, riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 1.647 gr de peso fresco (tallo y hojas) de plántula, y el tratamiento 1 riego por subirrigación al 1%, con una media de 1.589 gr de peso fresco (tallo y hojas) de plántula, fueron los mejores e iguales estadísticamente, pero si hubo diferencia entre sistema de riego por subirrigación y el sistema de riego por vía foliar que presentó una media de peso fresco (tallo y hojas) de plántula 0.968 gr (Cuadro 4.2.4.2.).

En la comparación de medias (DMS, 0.05) para mezclas de sustratos, el tratamiento 1, $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita con una media de 2.282 gr tuvo diferencia de peso fresco (tallo y hojas) de plántula con el tratamiento 2 mezcla de sustrato $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita, con una media de 1.799 gr de peso fresco (tallo y hojas) de plántula. (Cuadro 4.2.4.3)

Cuadro 4.2.4.2 Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
2	1.647 A
1	1.589 A
3	0.968 B

Cuadro 4.2.4.3. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a mezcla de sustratos a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
1	2.282 A
2	1.799 B

Los resultados anteriores concuerdan con lo encontrado por Achtnich (1972), e Hidalgo, *et al* (1998) ya que en el sistema de riego por subirrigación se aplican los nutrimentos directamente a la zona radical y se tiene un mejor desarrollo que en el sistema por vía foliar. Cadahia, *et al* (2000) encontró resultados favorables en la producción de plántulas de *pinus halepensis L* cuando aplica soluciones diluidas via foliar.

4.2.5. Peso fresco de la raíz

En el Cuadro 4.2.5.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso fresco de la raíz, 23 días después de la siembra (dds); las variables sistemas de riego, mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.5.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco de raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	2.0454	0.2045	3.35 NS	0.076
Mezcla de sustratos	15	0.8959	0.0597	0.23 NS	0.803
Cepillado	30	1.6144	0.0538	4.94 NS	0.014

Coefficiente de variación = 34.8326%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

4.2.6. Peso fresco total (raíz, tallo y hojas)

En el Cuadro 4.2.6.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso fresco total (raíz, tallo y hojas), 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.6.1. Resultados del análisis de varianza para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	5.6207	0.5621	10.44**	0.004

Mezcla de sustratos	15	2.9198	0.1947	1.21 NS	0.325
Cepillado	30	5.4945	0.1832	4.98 NS	0.013

Coefficiente de variación = 20.9757%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 2, riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 2.508 gr de peso fresco total (raíz, tallo y hojas), y el tratamiento 1 riego por subirrigación al 1%, con una media de 2.090 gr de peso fresco total (raíz, tallo y hojas), fueron los mejores e iguales estadísticamente, pero si hubo diferencia entre los sistemas de riego por subirrigación con el sistema de riego por vía foliar que presentó una media peso fresco total (raíz, tallo y hojas) de 1.523 gr (Cuadro 4.2.6.2.).

Cuadro 4.2.6.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso fresco total (raíz, tallo y hojas) correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
2	2.508 A
1	2.090 AB
3	1.523 B

Los resultados son similares a lo encontrado por Achtnich (1972), y por Hidalgo (1998), quienes marcan al sistema por subirrigación como mas favorable para la producción de plántula de tomate, así mismo, Cadahia (2000), menciona que sistema foliar permite producir plántulas de pino sin dificultad, siempre y cuando se maneje la concentración adecuada en las soluciones nutritivas.

4.2.7. Peso seco de plántula (tallo y hojas)

En el Cuadro 4.2.7.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso seco (tallo y hojas) de plántula, 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.7.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco (tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	0.040184	0.004018	7.21**	0.012
Mezcla de sustratos	15	0.096944	0.006463	0.62 NS	0.940
Cepillado	30	0.143113	0.004770	4.13 NS	0.025

Coefficiente de variación = 20.3990%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 2, riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 0.156 gr de peso seco (tallo y hojas) de plántula, y el tratamiento 1 riego por subirrigación al 1%, con una media de 0.146 gr de peso seco (tallo y

hojas) de plántula, fueron los mejores e iguales estadísticamente, pero si hubo diferencia entre los sistemas de riego por subirrigación con el sistema de riego por vía foliar que presentó una media de peso seco (tallo y hojas) de plántula de 0.091 gr (Cuadro 4.2.7.2.).

Cuadro 4.2.7.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso seco (tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
2	0.156 A
1	0.146 A
3	0.091 B

Los resultados anteriores concuerdan con lo encontrado por Achtnich (1972), e Hidalgo, *et al* (1998) ya que en el sistema de riego por subirrigación se aplican los nutrimentos directamente a la zona radical y se tiene un mejor desarrollo que en el sistema por vía foliar. Cadahia, *et al* (2000) encontró resultados favorables en la producción de plántulas de *pinus halepensis L* cuando aplica soluciones diluidas via foliar.

4.2.8. Peso seco de raíz de plántula

En el Cuadro 4.2.8.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso seco de raíz de plántula, 23 días después de la siembra (dds);

las variables sistemas de riego, mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.8.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco de raíz de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	0.004089	0.000409	1.99 NS	0.186
Mezcla de sustratos	15	0.008345	0.000556	0.42 NS	0.665
Cepillado	30	0.01961	0.000654	0.29 NS	0.756

Coefficiente de variación = 20.3990%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

4.2.9. Peso seco total (raíz, tallo y hojas)

En el Cuadro 4.2.9.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para peso seco total (raíz tallo y hojas), 23 días después de la siembra (dds); la variable sistemas de riego fue altamente significativa, mientras que mezcla de sustratos y cepillado no presentaron significancia.

Cuadro 4.2.9.1. Resultados del análisis de varianza para peso seco total (raíz, tallo y hojas) de plántula de tomate variedad Floradade a los 23 dds.

Fuentes de Variación	GLE	SCE	CME	Fc	P>F
Sistema de riego	10	21802.3750	2180.2375	9.04**	0.005
Mezcla de sustratos	15	20901.8750	1393.4584	0.85 NS	0.532
Cepillado	30	32406.6250	1080.2208	5.80 NS	0.012

Coefficiente de variación = 20.3990%

** Valor altamente significativo; NS, Valor no significativo.

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para sistemas de riego, el tratamiento 2, riego por subirrigación al 0.5%, con una media de 0.183 gr de peso seco total (raíz, tallo y hojas) de plántula, y el tratamiento 1 riego por subirrigación al 1%, con una media de 0.165 gr de peso seco total (raíz, tallo y hojas) de plántula, fueron los mejores e iguales estadísticamente, pero si hubo diferencia entre los sistemas de riego por subirrigación con el sistema de riego por vía foliar que presentó una media de peso seco de tallo y hojas de plántula de 0.124 gr (Cuadro 4.2.9.2.).

Cuadro 4.2.9.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para peso total (raíz, tallo y hojas) de plántula correspondientes a sistemas de riego a los 23 dds.

Tratamiento	Media (cm)
2	0.183 A
1	0.165 A
3	0.124 B

Los resultados son afines a lo encontrado por Achtnich (1972), y por Hidalgo (1998), quienes marcan al sistema por subirrigación como mas favorable para la producción de plántula de tomate, así mismo, Cadahia (2000), menciona que el sistema foliar permite producir plántulas de pino sin dificultad, siempre y cuando se maneje la concentración adecuada en las soluciones nutritivas.

4.3 Resultados de la segunda etapa

Los análisis de varianza (ANVA) como bloques al azar se realizaron con el fin de evaluar los parámetros: número de tomates y rendimiento de la planta variedad Floradade; además con la finalidad de llevar a cabo la comparación de medias se maneja la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05.

4.3.1 Número de tomates promedio por tratamiento

En el Cuadro 4.3.1.1. se presenta el análisis de varianza para número de tomates promedio por tratamiento, 103 días después del trasplante (ddt), con cuatro cortes de frutos; la variable número de tomates promedio entre tratamientos no presentó diferencia altamente significativa.

Cuadro 4.3.1.1. Resultados del análisis de varianza para número de tomates promedio por tratamiento de tomate variedad Floradade, 103 ddt.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	102.9165	9.3560	1.6607	0.127
Bloques	3	29.0835	9.6945	1.7208	0.181
Error	33	185.9165	5.6338		
Total	47	317.9165			

Coefficiente de variación = 22.70%

En cuanto a la comparación de medias, dado que la prueba de medias DMS es poco estricta, logra detectar significancia entre tratamientos. El

tratamiento fue número siete que consistió en obtener la plántula mediante subirrigación al 0.5%, mezcla de un cuarto de peat moss mas un cuarto de perlita y no cepillando, produjo en promedio 12.25 tomates y resultó ser el mas alto, mientras que el doce que consideró la obtención de plántula con riego foliar y un cuarto de peat moss mas tres cuartos de perlita y cepillado, generó el peor promedio de frutos con 7.75. lo anterior puede verse en el cuadro 4.3.1.2.

Cuadro 4.3.1.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para número de tomates promedio por tratamiento, 103 ddt.

Tratamiento	Media de No. De tomate
7	12.25 A
2	11.75 A
5	11.75 A
1	11.75 A
9	11.50 A
8	11.25 AB
4	10.75 ABC
3	9.75 ABC
6	9.50 ABC
11	9.50 ABC
10	8.00 BC
12	7.75 C

4.3.2 Rendimiento de tomate promedio de cada tratamiento

En el Cuadro 4.3.2.1. Se presentan resultados del análisis de varianza para rendimiento de las plantas de tomate variedad Floradade, 103 días después del trasplante (ddt), con cuatro cortes de fruto; la variable rendimiento de las plantas de tomate variedad Floradade presentó entre tratamientos diferencia altamente significativa.

Cuadro 4.3.2.1. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de plantas de tomate variedad Floradade, 103 ddt.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	1967840.00	178894.5468	2.2100	0.039
Bloques	3	545320.00	181773.3281	2.2455	0.100
Error	33	2671308.00	801773.7265		
Total	47	5184468.00			

Coefficiente de variación = 25.48%

En cuanto a la comparación de medias (DMS, 0.05) para rendimiento de plantas de tomate variedad Floradade, el tratamiento 1 que se relaciona con la plántula obtenida con subirrigación al uno por ciento y mezcla de tres cuartos de peat moss mas un cuarto de perlita y no cepillando produjo el mayor valor. En cambio el tratamiento 12 que viene de una plántula obtenida por riego foliar, mezcla de un cuarto de peat moss mas tres cuartos de perlita y cepillado generó el menor valor. Lo anterior se visualiza en el (Cuadro 4.3.2.2.).

Cuadro 4.3.2.2. Comparación de medias (DMS, 0.05) para rendimiento de plantas de tomates variedad Floradade, 103 ddt.

Tratamiento	Rendimiento (g)
1	1477.4724 A
7	1331.5250 AB
9	1291.9750 AB
8	1264.4751 AB
2	1183.1250 ABC
4	1171.3250 ABC
5	1144.8500 ABC
6	1020.4250 BC
3	998.2500 BC
11	854.5250 C
10	833.8000 C
12	828.8750 C

4.4 Correlación de las variables evaluadas con el rendimiento de tomate

En el Cuadro 4.4.1 Se presenta una correlación de las variables evaluadas en las dos etapas contra el rendimiento de plantas de tomate

variedad Floradade, 103 días después del trasplante (ddt) con cuatro cortes de frutos.

Cuadro 4.4.1 Correlación de cada variable evaluada en las dos etapas con el rendimiento de planta de tomate variedad Floradade, 103 ddt.

Rendimiento Vs	Correlación	Correlación %
Altura (raíz, tallo y hojas)	0.5133	51.33
Altura (tallo y hojas)	0.4459	44.59
Peso fresco (raíz, tallo y hojas)	0.3492	34.92
Peso fresco (tallo y hojas)	0.4419	44.19
Peso seco (raíz, tallo y hojas)	0.0551	05.51
Peso seco (tallo y hojas)	0.5403	54.03
Longitud de raíz	0.5051	50.51
Peso fresco de raíz	0.0608	06.08
Peso seco de raíz	0.3520	35.20
Numero de tomate	0.8969	89.69

4.5 Consumo de agua con solución nutritiva y con agua de ajuste en la producción de tomate

En el cuadro 4.5.1 se puede observar que el agua consumida por la planta para producir un kilogramo de tomate es menor en el sistema cerrado (recirculando la solución nutritiva) que en un sistema abierto (a

solución perdida). El líquido con solución nutritiva fue de 1,870 litros y agua para ajustar la solución a un pH y CE adecuadas fue de 525 lt.

Cuadro 4.5.1 Kilogramos de tomate variedad Floradade producidos por litro de agua con solución nutritiva y agua de ajuste, a los 103 ddt.

Trat.	Peso de tomate (Kg)	Kg por 48 plantas	l/kg sin ajuste	l/kg con ajuste
1	1.48	70.92	26.37	33.77
7	1.33	63.91	29.26	37.47
9	1.29	62.01	30.15	38.62
8	1.26	60.69	30.81	39.46
2	1.18	56.79	32.93	42.17
4	1.17	56.22	33.26	42.60
5	1.14	54.95	34.03	43.58
6	1.02	48.98	38.18	48.90
3	1.00	47.92	39.03	49.98
11	0.85	41.02	45.59	58.39
10	0.83	40.02	46.72	59.84
12	0.83	39.79	47.00	60.20

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos planteados, se concluye lo siguiente:

Tipo de sustrato

Es muy importante producir plántulas en sustratos con características ideales para la producción de plántula, los resultados obtenidos fueron: que entre la mezcla $\frac{3}{4}$ de peat moss + $\frac{1}{4}$ de perlita y una mezcla de $\frac{1}{4}$ de peat moss + $\frac{3}{4}$ de perlita no hubo diferencia estadísticamente entre las variables evaluadas de la plántula de tomate variedad Floradade y se concluye en esta investigación que cualquiera de las mezclas mencionadas anteriormente es recomendable.

Sistema de riego con solución nutritiva

Se comprobó que el sistema de riego por subirrigación es mejor para la producción de plántula de tomate que el sistema de riego por vía foliar ya que produjo mejores resultados en todas las variables evaluadas en plántula a los 23 días de la siembra.

Efecto del cepillado

El cepillado no tuvo un efecto considerable en la plántula, ya que produjo los mismos resultados que la plántula que no se cepilló, además, se dobló y el productor prefiere plántulas con tallo recto, por estos resultados es mejor dejar a la plántula sin cepillar para que no gaste energía en otras actividades que no sean las de crecimiento y desarrollo.

Producción de tomate

Se puede concluir que las plántulas que generaron mayor rendimiento en su etapa adulta fueron las producidas con: $\frac{3}{4}$ de peat moss + $\frac{1}{4}$ de perlita, no cepillado y con un sistema de riego por subirrigación al 1% de pendiente, dando como producción en 4 cortes un promedio de 1.48 kg.

Además, dando un buen manejo para la producción de tomate en higiene, revisando la solución recirculante: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y potasio (K), se afirma que la solución nutritiva se puede recircular sin causar problema alguno.

Utilizando la solución nutritiva recirculante, con un buen manejo, se da a la planta lo que necesita y se ahorra agua que es un tema muy importante en la actualidad, para todo el mundo. Los litros consumidos por kilogramo producido fueron 33.77 litros/kg para el mejor tratamiento, el uno, (subirrigación al 1% con mezcla de $\frac{3}{4}$ de peat moss y $\frac{1}{4}$ de perlita y no cepillado) y 60.20 litros/kg para el peor tratamiento que fue el 12 (sistema de riego vía foliar con una mezcla de $\frac{1}{4}$ de peat moss y $\frac{3}{4}$ de perlita y cepillado).

Recomendaciones

Se recomienda que para los próximos trabajos en cuanto a mezclas de sustratos, se tome en cuenta que la técnica de prueba y error en la selección de tratamientos conduce a avances muy lentos en la materia, por lo que se sugiere investigar en torno a la programación lineal para formular mezclas.

Para los sistemas de riego por subirrigación con solución nutritiva, establecer concentraciones de solución auxiliándose con el método propuesto por Steiner (1984), para preparar una solución nutritiva universal.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad M. 1991. Los sustratos horticolas: características y manejo. II Congreso nacional de fertirrigación. Edita FIAPA. P.p. 1-15. España.
- Achtnich, W. 1972 Recent developments in water distribution and application with special reference and drainage, paper No. 13 Water Use Seminar Damascus, Syria. 7-13 dec. 1971. pp 196-210.
- Ansorena, M.J.; y Gojeonola 1994 sustratos, propiedades y caracterización. 1ª Edición. Editorial Mundi; Presa, Barcelona, España
- Benavides M. A., 2002. Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, México. 220 p. ISBN 968-844-042-6

- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman. London, Great Britain.
<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/3/art249-258.pdf>
- Cadahia *et al*, 2000, Control de la fertirrigación en viveros de producción de coníferas con sustrato orgánico
http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/investigacion/articulosinv/experto1.html
- Cantliffe, D. J. *et al* 1993. Pre-and post harvest practices for improved vegetable transplant quality. HortTech.,3(4):415-417.
- Cervantes F. M., 2003. Canal del cultivo continuo,
http://www.infoagro.com/hortalizas/cultivo_continuo.htm
- Decoteau, D. R. And H. H. Friend. 1990 Seasonal mulch color transition. Proc 22nd Natl. Agr. Plast. Congr.. pp 13-18
- Domingo, R.J. (2000) Panorama actual de los semilleros en España En: Planteles, Semilleros y Viveros, Compendios de Horticultura 13-155-167 Vilarnau, A. Y González, J. (coord.) Ed de Hortucultura, S. L. Revs, España.
- Dumas, Y. 1990. Interrelation of linear measurements and total leaf area or dry matter production in young tomato plants. Advances in Horticultural science. 4 (3): 172-176.
- Gómez, B. JG. 1998. Insumos de calidad: plántulas de calidad. Rev. Hortalizas, Frutos y Flores. Publicación periódica. Abril 1998. pp. 22-44
- Gray, R. 1977. Foliar fertilization with primary nutrients during the productive stage of plant growth. Proc. Fert. Soc.

- Hidalgo G. J.C., *et al*, 1998, efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y ph del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad en tomate
- Latimer, J.G., and R. B. Beverly. 1993. Mechanical conditioning of greenhouse grown transplants. HortTech.. 3(4): 412-414
- Laustalot, L. M. E. 1998 Producción de plántula con alta tecnología en invernadero. Rev. Hortalizas, Frutos y Flores. Publicación periódica. Abril de 1998. pp. 16-20
- Leskovar *et al.*, 1990. Early transplant growth in relation to fruit yield in tomato. HortSci..25: 140.
- Leskovar and P. J. Stofella 1995. Vegetable seedling root systems: morphology development, and importance. HortSci. 30 (6): 1153-1159.
- Maroto, J. V. 2004, Tomates Producción y Comercio, Compendios de Horticultura 15, Namesnky, A. (coord.). Ed de Horticultura, S.L. Revs, España
- Mojarro B. 1997. Precocidad y alto rendimiento. Revista Productores de Hortalizas mayo. pp 26-28. México.
- Minero, A. A.. 1998. Producción y manejo de trasplantes. II. Sustratos, fertilización y riego. Rev. Productores de Hortalizas. Publicación periódica. Abril 1998. pp. 22-24
- Navarrete, M., B. Jeannequin and M. Sebillote. 1997. Vigour of greenhouse tomato plants (*licopersicon esculentum* Mill.): analysis of the criteria used by growers and search for objective criteria. J. Hort Sci.. 72 (5): 821-829.

- Orgaz R. F. 1991. El agua: Necesidad de los cultivos y manejo del riego localizado. 1er. Curso internacional sobre agrotecnia del cultivo en invernaderos. Almería. España
- Pierna I. y R. V. Díaz, 2001. Recirculación de soluciones nutritivas en cultivos sin suelo.
http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/fert_irrigacion/RecirculacionSolucionNutritiva_cultivosSin%20Suelo.html
- Steiner, A. A. 1984 The universal nutrient solution. pp. 633-650 In: Proceedings 6th International congress on soilles culture wageniengen, The wetherlands.
- Trinidad, S.A. y Aguilar, M.S. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos.
<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art247-255.pdf>
- Wageningen T. 1994. Por aquí empieza una buena semilla. Revista Horticultura No 99. España
- Wien, H. C. 1997 Transplanting. In: The Physiology of vegetable Crops. Cap. 2. Editor H. C. Wien. Editorial CAB International. P.p. 37-69.
- Wildder, I.E. and Garton, R.W. (1992) Effect of preplant nutrient conditioning an elemental accumulation in tomato seedling Scientia Hortuculturae 52, 9-17
- Zamora, M.B.P., Sánchez, G.P.,Volke, H. V. H. , Espinoza, V. D. y Galvis, S. A. 2005. Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. INCI v. 30n. 6. Caracas jun.2005.

