

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA



DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE LODOS ACTIVADOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE
TOMATE BOLA (*Lycopersicon esculentum* MILL) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

Por:

CESÁREO PONCE HERNÁNDEZ

TESIS:

Presentada como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México.

Junio de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE LODOS ACTIVADOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE
TOMATE BOLA (*Lycopersicon esculentum* MILL.) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO

POR:

CESÁREO PONCE HERNÁNDEZ

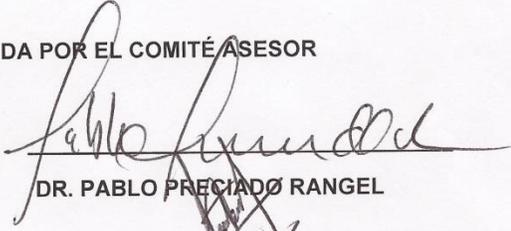
TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

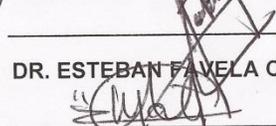
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

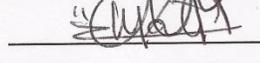
ASESOR PRINCIPAL:


DR. PABLO PRECIADO RANGEL

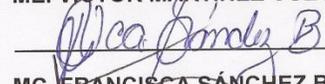
ASESOR:


DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

ASESOR:


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:


MC. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Junio de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

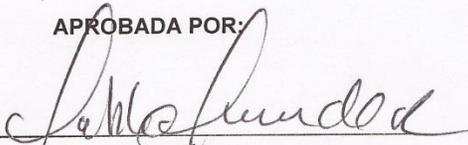
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. CESÁREO PONCE HERNÁNDEZ QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN
DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

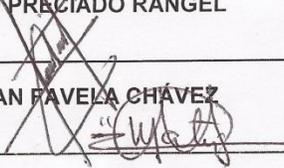
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


DR. PABLO PRECIADO RANGEL

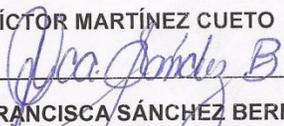
VOCAL:


DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

VOCAL:

ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL SUPLENTE:


MC. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme la vida y salud necesaria para poder lograr uno de mis sueños más anhelados, y por darme los padres más maravillosos del mundo, gracias DIOSITO.

A mi escuela la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro “Unidad Laguna”, a mi Alma Terra Mater por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y por ser parte de mi formación profesional.

Agradezco sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis. Especialmente agradezco a mis asesores el Dr. Pablo Preciado Rangel, Dr. Esteban Favela Chávez, ME. Víctor Martínez Cueto, MC. Francisca Sánchez Bernal, por su gran paciencia que me tuvieron y valiosa dirección en la realización de este trabajo.

A todos mis maestros: Por transmitirme sus grandes conocimientos los cuales forman parte de mi formación profesional.

A todos mis amigos y compañeros que me brindaron su amistad en la estancia en esta Universidad, gracias por todo y les deseo éxito en todo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma siempre me apoyaron en todo momento les digo GRACIAS.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Cesario Ponce Vázquez

Sra. Flavia Hernández Abarca

Por haberme dado la mejor herencia que se le puede dar a un hijo, mi formación profesional, por todo el amor y confianza que me han brindado en toda mi vida, por todos esos consejos llenos de sabiduría que me han ayudado a seguir el camino correcto, por ser el principal pilar que ha permitido mantenerme siempre de pie y por ser los mejores padres del mundo. Los quiero mucho, Dios me los bendiga siempre.

A MIS HERMANOS:

A quienes con mucho cariño y amor al igual que mis padres me brindaron su amor, y confianza y sus consejos en todo momento, les dedico esta meta alcanzada por ser las personas más importantes y con quienes he compartido momentos de alegría y tristeza en el trayecto de mi vida.

A TODA LA FAMILIA:

Que de alguna u otra forma contribuyeron en mi carrera profesional, gracias por todo su amor y apoyo que siempre me han brindado.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	página
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
INDICE.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Ventajas de la producción de plántulas en invernadero.....	4
2.2 La producción de plántulas y su impacto agrícola.....	6
2.2.1 Optimización de tiempo.....	6
2.2.2 Ahorro económico.....	7
2.2.3 Sanidad.....	7
2.2.4 Calidad.....	8
2.3 Desarrollo de la plántula.....	8
2.3.1 Tallo.....	9
2.3.2 Raíz.....	9
2.3.3 Hoja.....	9

2.4 Principales características de los sustratos utilizados en la producción de plántula.....	10
2.4.1 Propiedades físicas.....	10
2.4.2 Propiedades químicas.....	12
2.4.3 Otras características.....	13
2.5 Clasificación de los sustratos.....	14
2.5.1 Sustratos orgánicos.....	15
2.5.2 Sustratos inorgánicos e inertes.....	19
2.6 Tipos de invernadero.....	22
2.6.1 Invernaderos para producción de plántulas en México.....	22
2.7 Lodos activados.....	23
2.7.1 Compostaje.....	25
2.7.2 Vermicompost.....	26
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	27
3.2 Localización del experimento.....	27
3.3 Diseño experimental.....	28
3.4 Análisis del agua.....	29
3.5 Análisis químico del Peat Moss.....	30
3.6 Análisis químico de los Lodos Activados.....	31
3.7 Variables evaluadas.....	32
3.7.1 Altura de la planta.....	32

3.7.2	Número de hojas.....	32
3.7.3	Diámetro del tallo.....	32
3.7.4	Volumen radical.....	32
3.7.5	Unidades SPAD.....	33
3.7.6	Peso seco del vástago.....	33
3.7.7	Peso seco de la raíz.....	33
3.7.8	Área foliar.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	34
4.1	Altura.....	34
4.2	Número de hojas.....	35
4.3	Diámetro del tallo.....	36
4.4	Volumen radical.....	37
4.5	Unidades SPAD.....	38
4.6	Peso seco del vástago.....	39
4.7	Peso seco de la raíz.....	40
4.8	Área foliar.....	41
V.	CONCLUSIONES.....	42
VI.	LITERATURA CITADA.....	43
VII.	APÉNDICE.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos de estudio.....	27
Cuadro 2. Análisis de agua utilizado en el experimento.....	28
Cuadro 3. Análisis del sustrato Peat Moss utilizado en el experimento.....	29
Cuadro 4. Propiedades químicas de los Lodos Activados.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de plántulas.....	33
Figura 2. Número de hojas.....	34
Figura 3. Diámetro del tallo.....	35
Figura 4. Volumen radical.....	36
Figura 5. Unidades SPAD.....	37
Figura 6. Peso seco del vástago.....	38
Figura 7. Peso seco de la raíz.....	39
Figura 8. Área foliar.....	40

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue evaluar el crecimiento de plántulas de tomate, desarrolladas en diferentes proporciones de sustrato a base de: lodos activados y Peat moss. Los tratamientos consistieron en: 100% Peat moss (testigo), lodos activados/Peat moss (75:25, v:v), (50:50, v:v), (25:75, v:v) y 100% de lodos activados, estos tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar con ocho repeticiones.

Las variables respuestas de las plántulas consistieron en: altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, volumen radical, unidades SPAD, peso seco del vástago, peso seco de la raíz y área foliar. Los resultados mostraron diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas. El sustrato del 100% de peat moss obtuvo la mejor calidad de plántulas, seguido por el tratamiento lodos activados y Peat moss (25:75, v:v), mientras que el sustrato compuesto únicamente por lodos activados presentó un efecto inhibitorio en el crecimiento de las plántulas de tomate.

Palabras clave: *Sustratos, crecimiento, plántulas, orgánicos, tomate.*

I. INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas en invernadero requiere de la selección de un sustrato adecuado para su crecimiento y desarrollo, el cual permita optimizar su producción, además de disminuir el impacto ambiental sobre los recursos no renovables (Linares, 2004).

La propagación de plantas y plántulas para la producción agrícola es una actividad muy importante y a la vez muy delicada, ya que de ahí depende, en buen porcentaje, el aseguramiento de la producción de frutos sanos y de buena calidad (Maroto, 2000).

Para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que este contribuye en la calidad de la plántula ya que el sustrato proporciona las condiciones apropiadas al cultivo para el crecimiento de las raíces (Linares, 2004).

Sustrato es el medio sólido, constituido por diversos componentes, que cumple las funciones de servir como soporte, retener el agua y aire suficientes para la plántula, así como los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo. La tendencia actual en la producción de plántulas en invernadero, es la utilización de sustratos estándar a base de varios componentes de diferentes tipos de turba, complementados con fertilizantes minerales, arena, perlita, etc., que le proporcionan las características físicas y químicas deseadas (Ocampo *et al.*, 2005).

Hartmann y Kester (2002), mencionan que en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, época de siembra, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato.

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas a nivel mundial es la turba de musgo ya que sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su alto costo tanto económico como ambiental restringen su utilización, además que este sustrato no está al alcance de muchos productores del medio rural (Fernández *et al.*, 2006).

El efecto beneficioso del uso de los lodos activados en la agricultura no se limita sólo a las propiedades químicas de los suelos. Ha sido demostrado por numerosos autores que además de éstas, las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas de los suelos también se ven mejoradas con la adición de estos residuos (Aggelides y Londra, 2000). Sin embargo el contenido de metales pesados representa la principal limitante para el uso de los lodos activados en la agricultura (Delgado *et al.*, 2000).

Entre estos metales existen algunos como el Cu, Zn, Ni, Fe y Mn que son elementos esenciales para las plantas y su deficiencia puede provocar problemas en los cultivos, mientras que si se encuentran en exceso implican riesgos de fitotoxicidad (Passos *et al.*, 2004).

1.1. Objetivo

- Evaluar la calidad de plántula de tomate utilizando diferentes proporciones de sustrato lodos activados/Peat moss bajo condiciones de invernadero.

1.2. Hipótesis

- alguna de las combinaciones de lodos activados y Peat moss, presenta efectos similares a las que se obtienen con la utilización de Peat moss.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ventajas de la producción de plántulas en invernadero

Optimización de tiempo: En la forma tradicional se germinaba la semilla en el suelo y debido a la baja temperatura del suelo se retrasaba la germinación, además debido a la profundidad en la que se colocaba la semilla su emergencia tardaba más días, otro factor que también influye es el clima ya que a cielo abierto está totalmente expuesta a los cambios climáticos y es mas larga su etapa de desarrollo (Ocampo *et al.*, 2005).

Ahorro económico: Debido al alto costo de las semillas híbridas principalmente de los cultivos hortícolas, uno de los mayores ahorros lo encontramos al asegurar la germinación, en la forma tradicional el porcentaje de planta útil que se obtiene al final del ciclo de plántula es de aproximadamente 40%, sin embargo en invernaderos el porcentaje de planta útil que se obtiene al final es de alrededor del 90% (Abad y Noguera, 2000).

La sanidad: Este es uno de los principales beneficios que ofrece la producción de plántula en invernadero ya que al tener un ambiente controlado es más fácil y eficiente el tener un buen control de las enfermedades, así como un mejor control de las plagas que atacan al cultivo; trasplantar plántula de calidad de un invernadero garantiza la sanidad de la plántula y mejor inicio de cultivo, así como una buena asimilación de elementos nutritivos debido que es una plántula vigorosa y sana (Torre, 2003).

Calidad de plántulas: El principal objetivo de cualquier semillero es el de producir plántulas de calidad. En la actualidad, se da una importancia casi exclusiva al aspecto sanitario de la planta siempre que tenga un tamaño y un vigor adecuado; es decir que solo se atiende al aspecto externo de la planta lo que se conoce como calidad percibida. Para definir la calidad de una manera más objetiva, además del aspecto externo es necesario tomar en cuenta la respuesta que estas plántulas al ser trasplantadas. De esta forma decidir los atributos de la plántula que son los más favorables para obtener una mayor producción, de la mejor calidad posible y en un momento adecuado para conseguir los mejores precios en el mercado. Esta puede realizarse asignando valores a los órganos que la constituyen: raíz, tallo y hojas; relacionando finalmente parámetros fácilmente medibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en cultivo una vez trasplantada (Moreno y Ramírez, 2007).

En la actualidad no se evalúan estos parámetros en las plántulas sino que los agricultores atienden a otros aspectos tales como: precio unitario, homogeneidad de la plántula, aprovechamiento máximo de las semillas, estado y fitosanitario, puntualidad, rapidez y eficiencia en la entrega que permitan minimizar el deterioro durante el transporte. Sin embargo, este no recibe garantías del comportamiento de las plántulas una vez trasplantada (Domingo, 2000).

Una planta de calidad se distingue por tener tamaño de 7 a 12 cm en plántulas de tomate, dependiendo de la especie, vigorosa, de una altura, ausencia de clorosis, buen desarrollo radical y libre de plagas y enfermedades (Abad y Noguera, 2000).

La respuesta al trasplante depende de varios factores, principalmente de la especie y del estado de desarrollo de la planta y específicamente de la relación entre el área foliar y la longitud y grado de suberización de las raíces y de las condiciones ambientales tras la plantación (Rosa, 2001).

Las plántulas de especies hortícolas que crecen en condiciones de invernadero, con altos niveles de humedad relativa, escaso movimiento del aire, temperaturas elevadas, y por consiguiente con escaso déficit de presión de vapor, se encuentran en condiciones de una altísima densidad de población y suministros hídricos y nutritivos adecuados. En estas condiciones el patrón de crecimiento predominante se realiza en altura y como consecuencia las plántulas resultan etioladas (Salgado *et al.*, 2008).

2.2. La producción de plántulas y su impacto agrícola

2.2.1. Optimización de tiempo

La producción de plántulas en invernadero, permite obtener plantas homogéneas, de mayor calidad en menor tiempo; optimizando todos los recursos en una agricultura sustentable. Lo que es de gran importancia, en virtud de que permite programar su plantación, para evitar las condiciones climáticas adversas, al momento de su establecimiento definitivo en campo, aunado a que puede posibilitar el periodo de producción, cuando el precio en el mercado, pueda generar mejores ganancias (Guzmán, 2003).

2.2.2. Ahorro económico

Se detecta en varias etapas del proceso productivo: primeramente en la semilla, ya que la cantidad que se usa en la producción en invernadero, es considerablemente menor en relación con la destinada para almácigos a cielo abierto en el suelo; o bien, la que se emplea a siembra directa.

En esta última actividad se colocan de 8 a 10 semillas por cada punto de siembra, para asegurar su nacencia, lo que representa un exagerado gasto del recurso y su consecuente repercusión económica, debido al alto costo de las variedades de semilla híbrida. Por lo que respecta a la producción de plántula en invernadero, solamente se deposita una semilla por cada celda de 25 ml, en cada una de las charolas; obteniendo un porcentaje de germinación muy superior y teniendo alrededor de un 90 % de planta útil (Terán, 2001).

2.2.3. Sanidad

Con la producción de plántulas en invernadero, es posible reducir considerablemente el ataque de las plagas y enfermedades que inciden en ellas; debido a que se cuenta con un ambiente controlado, uniforme y homogéneo; ante todo con las diferentes aspersiones de los diversos productos químicos para su control; así mismo, la mallas anti-áfidos, solares, etc., juegan un papel esencial; permitiendo la obtención de productos con una mayor calidad y sanidad (Ocampo, 2005).

Por lo contrario, con el establecimiento de almácigos tradicionales y la siembra directa, se tiene un contacto estrecho con la flora microbiana del suelo; en donde se encuentran diferentes patógenos, tales como: hongos, bacterias y nematodos.

Además, al estar en un ambiente abierto, desde etapas muy tempranas, existe una exposición a las plagas específicas del cultivo, llegando a sufrir daños irreversibles por defoliadores y trozadores; o bien, presentar malformaciones en la superficie foliar, a causa de la transmisión de virosis por diversos vectores; manifestando severos daños e incluso ocasionarle la muerte (Abad y Noguera, 2000).

2.2.4. Calidad

El control óptimo de nutrición del tomate en invernadero, garantiza un desarrollo uniforme y homogéneo de las plántulas; lo que permite que tengan un buen sistema radical; que en el futuro será el responsable de la absorción y de una buena asimilación de los macro y micro elementos nutritivos (Domingo, 2000).

Por lo anterior, la superficie foliar también presentara características idóneas, de lo que resultarán, plántulas con buen porte, vigorosas y sanas. Lo que permitirá tener una buena adaptación y resistencia en el terreno definitivo, después de su trasplante (Gómez, 2001).

2.3. Desarrollo de la plántula

Una vez que la plántula ha emergido del suelo es capaz de continuar ininterrumpidamente su crecimiento, ya que se han establecido las funciones específicas de la raíz, tallo y hoja (Sánchez, 2000).

2.3.1. Tallo

Es la parte aérea de las plantas, generalmente erecta y constituida por un eje central que sostiene órganos laterales. En pleno desarrollo, la base del tallo tiene un diámetro de aproximadamente cuatro mm. Esto en la mayoría de las hortalizas, como el tomate. La corteza del tallo está cubierta de vellosidades. La función principal del tallo es el transporte de nutrientes desde la raíz a las hojas y viceversa, de acuerdo a las necesidades que la planta tenga para lograr una buena cosecha (Terán, 2001).

2.3.2. Raíz

La función principal de la raíz es la captación y aprovechamiento de agua y nutrientes, transportándolos a través de tejidos al tallo y hojas. Los requerimientos ambientales para el buen funcionamiento de la raíz según (Valadez, 1998) son:

- La temperatura del suelo
- La atmósfera del suelo (oxígeno, bióxido de carbono)
- La concentración y disponibilidad de nutrientes
- La actividad iónica
- El drenaje del suelo.

2.3.3. Hoja

La función principal de la hoja es absorber, por medio de sus células, la energía luminosa del sol y el bióxido de carbono del aire, que con el agua extraída del suelo, se transforman en energía.

En algunas regiones del país se sugiere realizar podas cuando la plántula del tomate y chile tienen al menos cuatro pares de hojas, dejando solamente un par de hojas cercanas a la punta de la plántula, con la finalidad de fortalecer tallos y raíces, teniendo la debida precaución de realizar aplicaciones de fungicidas y bactericidas para prevenir alguna enfermedad en los cortes realizados en la poda (Sánchez, 2000).

2.4. Principales características de los sustratos utilizados en la producción de plántula.

2.4.1. Propiedades físicas

a) Capacidad de retención de agua

El sustrato debe tener una elevada capacidad de retención de agua, en forma asimilable o fácilmente disponible.

También, es importante que contenga un buen volumen de agua de reserva. Debe contener buena disponibilidad de agua y aire debido al pequeño volumen de alvéolo, la elevada concentración de raíces con una alta demanda de oxígeno y eliminación de anhídrido carbónico, para mantener las necesidades requeridas por la planta (Noguera, 1999).

b) Suministro de aire

Las raíces no absorben bien el agua ni crecen si no tienen una oxigenación adecuada.

Debemos contar con un sustrato de suficiente suministro de aire, que vendrá dado por una elevada porosidad (medido a través de las densidades real y aparente).

El espacio poroso total debe de ser mayor del 85 %, mientras que la capacidad de aireación, que está relacionada con la cantidad de macroporos, ha de estar entre el 20-30 % (nunca menos del 20 %) (Guzmán, 2003).

c) Textura

Presentar una textura fina, homogénea, manejable y que se pueda mezclar con facilidad.

No se deben usar sustratos gruesos, en los que la semilla tenga dificultades de germinación y crecimiento (Noguera, 1999).

d) Densidad aparente

Debe tener una baja densidad aparente (aquella en la que se cuenta con los micro y macroporos), debido a que de esta forma será más ligero, facilitando el transporte y manejo de las bandejas o macetas, aunque tampoco interesa que para plantas de mayor porte puedan volcar con facilidad (Guzmán, 2003).

e) Estabilidad

El sustrato debe ser estable físicamente, para no tener problemas de contracciones, hinchazones, o apelmazamiento (Pastor, 2000).

f) Humedad

Es la capacidad de restablecer o asimilar el agua una vez que se ha desecado el sustrato. Debe ser capaz de volver a recuperar el agua con facilidad.

El tiempo máximo en restablecerse estará por debajo de los cinco minutos (Morel *et al.*, 2000).

2.4.2. Propiedades químicas

a) Capacidad de retención de nutrientes

Es la capacidad que tiene el sustrato de absorber los nutrientes en su complejo de cambio, midiéndose por la capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada en meq/100g. Valores entre 15 y 50 meq/100g son idóneos para un sustrato (Cabrera, 2000).

b) Fertilidad del sustrato

Tendrá suficiente nivel de nutrientes asimilables, el nitrógeno debe estar en forma nítrica preferentemente, debido a que la forma amoniacal podría causar fitotoxicidad, valores de 51-130 mg L⁻¹ son idóneos en el sustrato. El fósforo ha de estar entre 19-55 mg L⁻¹, el potasio entre 51-250 mg L⁻¹ y el magnesio entre 16-85 mg L⁻¹ (Pastor, 2000).

c) Salinidad

Es otro de los puntos importantes, dada la fitotoxicidad del sustrato y al tener las raíces un espacio reducido en el cual desarrollaran. Las cenizas deberán tener un valor inferior al 20 % en m.s. en aquellos sustratos que sean orgánicos (Goykovic, 2007).

d) pH

El sustrato debe tener un pH neutro o ligeramente ácido; de modo que no bloquee elementos, y neutralice el agua (que suele ser dura) (Alarcón, 1998).

e) Velocidad de descomposición

Debe tener una pequeña velocidad de descomposición, de modo que no varíen las propiedades del sustrato mientras está en el vivero (Muñoz, 2003).

2.4.3. Otras características

Otras propiedades importantes según Fernández *et al.*, (2006) pueden ser:

- Estar exento de semillas ajenas al cultivo que se maneje y patógenos, se tiene cuando uno de los componentes de la mezcla es el compost, en el que ha habido una pasteurización (elimina así semillas y muchos patógenos), pero contiene aún esporas de microorganismos útiles y otros seres vivos.
- No tener sustancias fitotóxicas, como los fenoles en ciertos residuos forestales (provenientes de coníferas), o algunos restos de plantas que puedan producir alelopatías.
- Producción y disponibilidad. Es importante contar con un material homogéneo, que no falle el suministro, o cambie de propiedades.
- Bajo costo. Que comparativamente a otros productos similares en el mercado, sean competitivos y dentro del contexto de capital limitado.

- Ha de ser fácil de preparar y manejar, ligero de peso y perfectamente visible con otros materiales.
- También debe tener buena resistencia a cambios externos (temperaturas, humedades, etc).

2.5. Clasificación de los sustratos

Los sustratos pueden ser clasificados por su composición según Muñoz, (2003) en:

- **Orgánicos:** turba, compost, fibra de coco, residuos forestales, aserrín, cascarilla de arroz, orujos.
- **Inorgánicos:** arena, rocas volcánicas, arcillas, minerales naturales.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para ésta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Pastor, 2000).

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 solución nutritiva para proporcionar a la raíz el oxígeno y los elementos nutritivos necesarios, además los sustratos sólidos ofrecen a las plantas anclaje (Fernández *et al.*, 2006).

2.5.1. Sustratos orgánicos

Son la base de las mezclas que se pueden hacer, dada la importancia ya comentada de la riqueza y la capacidad de retención de nutrientes.

Es posible encontrar subproductos y materiales útiles en las actividades agrícolas y ganaderas (compost, tierra de bosque, residuos forestales compostados, cenizas.), en la industria agroalimentaria (cascarilla de arroz, fibra de coco, residuos de café, cacao) (Del Pino, 2003).

a) Turbas (Peat moss)

Se forman por descomposición parcial de la vegetación de zonas húmedas o pantanosas, en medios anaeróbicos y, generalmente, ácidos.

Existen distintos tipos de turbas y por su grado de descomposición podemos encontrar: las rubias, que están ligeramente descompuestas, de color más claro y de un mayor contenido en materia orgánica.

Presentan excelentes propiedades físicas y químicas, con una estructura mullida, alta porosidad, alta capacidad de retención de agua, aceptable contenido de aire, baja densidad aparente, alta capacidad de intercambio catiónico y baja salinidad. La turba negra es de color oscura y está fuertemente descompuesta. Es de calidad inferior a la turba rubia (Cabrera, 2000).

En las turbas se encuentran otros componentes benéficos, como son los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, etc (Abad y Noguera, 2000).

Fernández *et al.*, (2006) menciona que los motivos por los que la turba es un componente interesante en los sustratos son los siguientes.

- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- Aumenta la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje.
- Aumenta la densidad aparente, facilitando el desarrollo radical.
- Aumenta el efecto amortiguador, que permite equilibrar el pH y las sales solubles.
- Es una fuente de liberación lenta de N.
- Mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Las turbas comerciales pueden presentar problemas, ya que algunas de ellas no se rehidratan con facilidad y esto puede ser peligroso para un semillero, requiriendo una vigilancia muy atenta del riego para evitar una deshidratación excesiva (Abad y Noguera, 2000).

b) Residuos forestales: tierra de bosque

La tierra de bosque también es conocida como mantillo forestal. Está constituida por restos orgánicos de diversos tamaños. Se puede emplear directamente o sometiénola a un proceso de compostaje, lo cual es más recomendable.

Tiene una densidad aparente baja de 0.3 g/cc (ligera); porosidad cercana al 90%; con una buena aireación y retención de agua, fácilmente asimilable.

El contenido en materia orgánica es del 60%. Con pH ligeramente ácido (6.5); la conductividad media ($250-500 \text{ Ms cm}^{-1}$), y su CIC suele estar entre 40-100 meq/100g.

Dependiendo de su origen sus características pueden variar mucho, encontramos sustancias fitotóxicas, elevada salinidad, pH bajo y con pobreza en nutrientes (Fernández *et al.*, 1998).

c) Residuos agrícolas o ganaderos: compost

A través del proceso de compostaje, todos aquellos restos de cosecha, de poda, estiércoles, pelos, etc., pueden ser convertidos en un sustrato útil también para los viveros. Por lo general se habrá de tamizar para conseguir el tamaño de partículas que nos interese (Beltrán *et al.*, 2005).

Tienen un alto contenido de nutrientes, lo cual lo convierte en uno de los candidatos con mayores posibilidades en las mezclas de vivero.

Su CIC suele estar entre 50-100 meq/100g; su contenido de M.O. entre 40-60 % s.m.s.; y con una relación C/N entre 10-20. Su densidad aparente es de 0,29 g/cc; con buena aireación y retención de agua asimilable.

El problema puede venir por la falta de homogeneidad, no siempre son idénticos, pueden variar, incluso encontrar exceso de nutrientes o sales; desarrollando plantas con mucho vigor en la parte aérea, y escaso desarrollo radical (Cabrera, 2000).

d) Fibra de coco

Deshecho de la industria alimentaria de procesamiento de coco, se obtiene principalmente en zonas tropicales. Son las fibras entrelazadas que se rascan en la cascara de coco cuando se limpia.

Sus ventajas son la estabilidad física (mayor que la turba), porosidad elevada (95%), baja densidad aparente menor que la turba (0.05-0.07 g/cc, muy ligero), alta aireación (40%), y buena CIC (100-150 meq/100g), su pH es de 6.

Por el contrario, su salinidad es alta si es fresca. Es conveniente someterla a un lavado y/o compostado (para rebajar su fitotoxicidad) (Noguera, 1999).

e) Orujos de uva o aceituna

Desecados y triturados, compostados o no; estos materiales pueden ser utilizados para plantas y contenedores pequeños, se han de triturar suficientemente.

El de uva, subproducto de la industria del vino, proporciona buena aireación y capacidad de retención de agua asimilable; aunque conviene compostarlo. Su M.O. es del 90 % s.m.s., con baja densidad aparente (0.15 g/cc).

El de aceitunas puede tener problemas de compostaje y de hidrofobia por su elevado contenido en grasa, por lo que normalmente no se usa en vivero (Beltrán *et al.*, 2005).

f) Cascarilla de arroz

Subproducto de la industria arrocera, se puede utilizar directamente o compostado, una vez que se ha extraído la semilla del cereal.

Su densidad aparente es de las más bajas (0.1 g/cc), mientras que tiene una porosidad total muy alta (92.6 %). Así, su volumen de materia seca será bajo, teniendo una gran capacidad de aireación (Fernández *et al.*, 2006).

Su inconveniente reside en su nula capacidad de retención de agua. Así, su uso debe ser de mero acompañante, como los materiales inorgánicos. Se llegan a presentar problemas si se queda en exceso por encima del alveolo (no dejara pasar al agua y no mojará; esto ocurre cuando se mezcla con arena, debido a la mayor densidad de ésta, la arena cae hacia abajo, mientras que la cascarilla “flota” quedándose en la superficie) (Florián, 1998).

2.5.2. Sustratos inorgánicos e inertes

Proviene de fuentes naturales del suelo de donde han sido extraídos, como la arena, lana de roca, tezontle, vermiculita y perlita. También de algunos tipos de polímeros se han procesado materiales inertes como, hidrogeles y espumas, los cuales tienen una alta capacidad de retención y almacenamiento de agua (Cabrera, 2000).

a) Perlita

Obtenida a partir de rocas volcánicas vítreas con yacimientos principales en Estados Unidos de Norteamérica y Nueva Zelanda, sometidas a un calentamiento rápido (870-1000 °C) hasta producir su expansión.

El agua que contiene la roca origina burbujas, siendo muy porosa y ligera, grisácea-blanquecina, de fácil triturado, pH neutro, poco activa químicamente (CIC inapreciable).

Posee una ligera capacidad de almacenar agua, por lo que es utilizada para airear sustratos y dar mayor permeabilidad (Ocampo, 2005).

b) Vermiculita

Tiene una estructura apta para acumular y liberar grandes cantidades de agua, por lo que refuerza estas propiedades en la turba cuando se mezclan. El inconveniente principal de este material es su elevado costo y también su frágil estructura.

Es ligero (0.1 g/cc). Tiene una buena CIC (100-150) y efecto tampón, siendo su pH ligeramente básico. Aportan buenas cantidades de magnesio y potasio.

La vermiculita puede ser estándar, con una capacidad de retención de agua buena, o vermiculita hidrófoba (Florián, 1998).

c) Arcilla expandida

De modo similar a la vermiculita, se expande la arcilla a temperaturas del orden de los 1200 °C, se originan formas esféricas, con micro celdillas de aire en su interior. Son duras y estables.

Son de pH neutro, sin actividad química. Se mezclan con materiales orgánicos para aumentar la densidad, facilitar el drenaje, elevar su volumen de aire y reducir el de agua útil (Abad y Noguera, 2000).

d) Arena

Reduce la porosidad del medio de cultivo. La porosidad de la arena es de alrededor del 40 % del volumen aparente. Las partículas deben ser de 0,5 a 2 mm de diámetro. No contiene nutrientes y no tiene capacidad amortiguadora.

Conviene utilizar arena cristalina, exenta de cal o sales, ya que la piedra caliza (de obra o rio de zona calcáreas) puede aumentar en exceso el pH y causar problemas de bloqueo de nutrientes y carencias (Muñoz, 2003).

La arena de playa no es recomendable por su elevado contenido en sales, la más recomendable es la del lavado del caolín.

Es un material de alta densidad (1.5 g/cc), y por tanto pesado, por lo que no se recomienda para bandejas ni macetas que se hayan de trasladar largos periodos o espacios. Da una aireación aceptable y buena retención de agua, pero endurece el sustrato por la baja porosidad (Ocampo, 2005).

e) Cenizas

Obtenidas a partir de la combustión de materiales orgánicos, se puede hacer uso de ellas como un complemento mineral.

Tendrán un elevado contenido en sales, sobre todo potásicas, alta higroscopicidad, y baja aireación. No deben ser mezcladas en grandes cantidades para no salinizar el sustrato (Favaro *et al.*, 2002).

2.6. Tipos de invernadero

- Invernaderos rústicos: Este tipo de invernadero está hecho a base de palos y alambre, algunas veces se sustituye el alambre por postes de metal. Tienen gran resistencia a los vientos, pero una deficiente ventilación, ya que es muy raro que posean ventanas. Estos invernaderos es muy común encontrarlos en zonas rurales o traspatios y son de uso comunitario.
- Invernaderos de túnel: La estructura principal de estos invernaderos semi-tecnificados es de acero. Estos tienen alta transmisión de luz, y resistencia a los vientos; aunque cuentan con baja ventilación (Linares, 2004).

Este tipo de invernaderos es el más utilizado para la producción de plántula en invernaderos. Se les puede adicionar ventanas cenitales; extractores de aire; cortinas laterales; y calefacción; conforme a las condiciones ambientales, lugar y altura del sitio donde se encuentran (Ocampo, 2005).

2.6.1. Invernaderos para producción de plántula en México

En México existen algunos tipos de invernaderos de producción de plántula que varían en su localización, orientación, estructura, instalaciones y equipamiento.

De los innumerables invernaderos de producción de plántula en nuestro país son muy pocos los que ofrecen servicio público. La mayoría de éstos, pertenecen a grandes empresas productoras y son de uso particular para agricultores que tienen contratos de producción con dichas empresas.

Otro grupo de invernaderos los tienen productores de hortalizas. Lo cual obliga a muchos productores a establecer su propio invernadero, para formar plántulas con condiciones aceptables para sus producciones (Linares, 2004).

2.7. Lodos activados

Los lodos activados son productos orgánicos del tratamiento de aguas residuales. Los biosólidos son ricos en nutrientes esenciales para las plantas y materia orgánica (M.O.) y son reciclados como fertilizantes y mejoradores de suelo.

Éstos se producen durante etapas en donde ciertos microorganismos descomponen y transforman los lodos residuales, seguido por un proceso de estabilización biológica, física o química.

Outwater (1994) mencionó que la aplicación de lodos activados al suelo está siendo considerado como uno de los métodos más atractivos como fertilizantes o mejoradores de suelo, debido a su costo relativamente bajo y a su aportación de nutrientes esenciales para las plantas. Sin embargo, existe inseguridad acerca de las consecuencias ambientales de su aplicación; este método está limitado fuertemente por la presencia de tres componentes: metales pesados, contaminantes orgánicos y organismos patógenos. Por lo que el tratamiento y confinamiento de lodos se ha convertido en uno de los mayores retos para la conservación del medio ambiente.

Los lodos activados pueden ser usados en viveros, jardines, productores de mezclas de suelo, parques, producción de hortalizas, frutas y plantas ornamentales (Reynolds, 2002). Los biosólidos son materiales semisólidos, de color oscuro, con alto contenido de materia orgánica y de elementos nutritivos. Sin embargo, también pueden contener altos niveles de microorganismos patógenos y/o metales pesados (como plomo, cadmio, cromo etc.) que pueden causar problemas de salud, por lo que en consecuencia son considerados como residuos biológicos infecciosos (Jurado *et al.*, 2004).

Los biosólidos pueden ser de tipo doméstico o industrial, dependiendo de la procedencia de las aguas residuales: los primeros contienen menos contaminantes. También pueden ser de tipo aeróbico cuando se realiza un tratamiento de digestión con bacterias, o de tipo anaeróbico, que aunque costoso, es más eficaz para disminuir la cantidad de patógenos.

Los biosólidos también pueden ser líquidos, deshidratados o secos, de acuerdo a su contenido de humedad y como resultado de los procesos en las plantas de tratamiento (Reynolds, 2002). Los biosólidos tienen un pH alcalino cercano al neutro, una relación de carbono: nitrógeno (C/N) menor de 10 y un contenido de 1 a 5% de N y fosfato (P_2O_5).

La combinación de biosólidos y fertilizantes inorgánicos generalmente ha sido más efectiva para producir una respuesta positiva en el cultivo que la aplicación de fertilizante y biosólidos por separado (Ozores-Hampton *et al.*, 2000).

Existen varios beneficios para los productores a través del uso de biosólidos como la mejora física (capacidad de retención de agua), química (reducción de la aplicación de fertilizante) y propiedades biológicas del suelo las cuales incrementan la población microbiana (Gallardo Lara *et al.*, 2000).

2.7.1 Compostaje

Los lodos frecuentemente presentan un elevado contenido de humedad para poder ser utilizados en forma directa en el compostaje, por lo cual se suele agregar paja (productos agrícolas o forestales secos) que con su volumen disminuyan la humedad y además aumenten la relación C/N, previniendo la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco (Premuzic *et al.*, 2002). El compostaje consiste en la descomposición aerobia por parte de bacterias y hongos de la materia orgánica existente en el fango deshidratado, con formación de un nuevo producto. Para ello se lleva a cabo la mezcla del lodo deshidratado con un agente de textura o material soporte, que sirve para proporcionar porosidad y permitir la circulación de aire en el interior de la masa.

Este material de soporte también suele actuar como fuente suplementaria de carbono para las reacciones biológicas. El biosólido compostado de forma técnicamente correcta, genera un humus higiénico, libre de olores y de sustancias patógenas, por lo cual se puede utilizar como mejorador de suelos (Grajales *et al.*, 2006). El compostaje de biosólidos garantiza un producto con pH entre 6.5 y 8.0 que favorece el crecimiento de las plantas, reduce la movilidad de metales pesados, por lo que después del composteo estos materiales pueden ser usados, benéficamente, como acondicionadores de los suelos (Torres *et al.*, 2007).

2.7.2 Vermicompost

El vermicompostaje de residuos orgánicos, a través de la actividad de las lombrices (*Eisenia fétida*), ha resultado ser un método exitoso para el tratamiento de lodos y aguas residuales, para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo mejorando la disponibilidad de diferentes elementos nutritivos (Premuzic *et al.*, 2002).

El vermicompost, un producto obtenido de la acción conjunta de microorganismos y lombrices constituye una “enmienda orgánica” bioreguladora y correctora del suelo que produce una liberación lenta de elementos nutritivos y no presenta problemas de dosificación, aún en el caso de aplicarse puro en la producción de plantones (Premuzic *et al.*, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera está situada en la parte suroeste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango. Tiene una extensión territorial de 500,000 ha, se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos, ubicada entre los meridianos 102°22' y 104°47' W de Greenwich longitud Oeste y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m., cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas (Ramírez, 2003).

3.2 Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero del departamento de Horticultura ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México (101°40' y 104°45' long. Oeste, y 25°05' y 26°54' lat. Norte): esta región tiene una precipitación media anual de 235 mm, con una altitud 1.139 msnm y temperatura media anual es de 18 °C (Schmidt, 2000).

Este trabajo se llevó a cabo en el periodo de tiempo comprendido entre el 12 de octubre al 10 de noviembre de 2010.

3.3 Diseño experimental

En virtud de que el experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero, donde las condiciones son homogéneas uniformes y controladas; se estableció un diseño completamente al azar; con cinco tratamientos y ocho repeticiones. El experimento se desarrolló en charolas de polietileno cada una de ellas con 200 cavidades, con una capacidad de 25 mL para cada celda. En cada contenedor se prepararon para la siembra únicamente 100 cavidades, con el fin de tener una separación entre tratamientos. Los tratamientos del estudio se indican en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Tratamientos de estudio.

Tratamiento	Lodos activados %	Peat moss%
1	0	100
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	100	0

3.4 Análisis del agua

Se realizó el análisis de agua correspondiente para conocer la cantidad de elementos que contenía y así poder realizar los riegos. Los resultados del análisis de agua se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Análisis de agua utilizado en el experimento.

PARAMETROS	VALOR
pH	7.80
C.E (dS/m)	1.15
CATIONES SOLUBLES	
Ca (me L ⁻¹)	7.01
Mg (me L ⁻¹)	0.95
Na (me L ⁻¹)	2.71
K (me L ⁻¹)	0.22
Σ cationes	10.89
ANIONES SOLUBLES	
CO ₃ (me L ⁻¹)	0.00
HCO ₃ (me L ⁻¹)	3.12
Cl (me L ⁻¹)	2.30
SO ₄ (me L ⁻¹)	5.23
Σ aniones	10.65
SAL PREDOMINANTE	
RAS	1.36
Boro (mg L ⁻¹)	0.30
Nitratos (NO ₃ , mg L ⁻¹)	7.64
Clasificación	C ₃ S ₁

El 12 de octubre del 2010 se prepararon las mezclas de sustrato lodos activados/Peat moss (v:v) mismas que se utilizaron en el experimento, después se llenaron cuatro charolas de polietileno cada una de ellas con 200 cavidades, con una capacidad de 25 mL para cada celda. Ese mismo día se procedió a sembrar la semilla de tomate tipo bola, variedad Caimán, procedente de la empresa productora de semillas Enza Zaden.

3.5 Análisis químico del Peat moss

Se realizó el análisis correspondiente del de Peat moss para conocer la cantidad de elementos que contenía y así poder utilizarlo en el experimento. Los resultados de los análisis físico químicos de este material se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis del sustrato Peat moss utilizado en el experimento.

(SOEMIX PGM)													
pH	C.E	NO3	NH4	PO4	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	B
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	mg-	L ⁻¹ --	-----	-----	-----	-----	-----
5.5- 6.5	0.7- 1.1	56	8	11	55	100	30	13	1.1	0.1	0.5	0.2	0.2
Densidad en peso Seco	Contenido humedad	Porosidad % V/V	Retención de Agua W/W	Densidad húmedo	Humeda d W/W	Materia Orgánica							
-- g/l	30-50 %	15-20 %	700-900 %	130-160 kg/m3	30-50 %	-----%							
V/V = Volumen/Volumen en maceta de 6" W/W = Peso/Peso													

3.6 Análisis químico de los lodos activados

Se realizó el análisis de los lodos activados correspondiente para conocer la cantidad de elementos que contenía y así poder utilizarlo en el experimento. Los resultados del análisis de estos materiales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Propiedades químicas de los lodos activados.

Textura	MO (%)	CIC (meq.100g⁻¹)	pH	Na	Ca	Mg	Cu
-----	-----	-----mg. kg ⁻¹ -----	-----	-----	-----	-----	-----
A	7.63	16.00	6.58	71.3	71.75	40.75	82.4
Fe	Zn	Mn	K	Pb	N	P	CE (mS.cm⁻¹)
18.8	880.00	170.00	1855.00	353.30	19.04	1028.00	10.04

3.7 Variables evaluadas

Para las variables evaluadas se tomaron cuatro plantas por repetición al azar, las variables a evaluar fueron: altura de la plántula, número de hojas, diámetro del tallo, volumen radical, unidades SPAD (instrumento que mide la cantidad indirecta de clorofila), peso seco del vástago, peso seco de la raíz y área foliar. Las mediciones se efectuaron a los 30 dds.

3.7.1 Altura de la planta

Para esta variable se uso una regla graduada y reportada en centímetros, tomando la altura desde la base del tallo principal hasta la yema apical.

3.7.2 Número de hojas

Para esta variable se contaron todas las hojas presentes en cada plántula (solo hojas verdaderas).

3.7.3 Diámetro del tallo

Para esta variable se uso un vernier electrónico, midiendo el diámetro del tallo de las plántulas a una misma altura (aproximadamente 1 cm arriba del cuello de la raíz).

3.7.4 Volumen radical

Para determinar el volumen de la raíz, se empleo el método de la probeta. Se utilizó una probeta de 10 mL, después se llevo a un volumen de agua dado, seguidamente se introdujeron, el sistema radical de la plántula, y finalmente se registraron los datos en cm^3 .

3.7.5 Unidades SPAD

Esta variable se determinó al colocar hojas en la ventana receptora del instrumento llamado SPAD-502 que sirvió para medir la cantidad indirecta de clorofila.

3.7.6 Peso seco del vástago

Para determinar el peso seco se procedió a secar las hojas, tallo y planta, para esto se utilizó una estufa de laboratorio. El material vegetativo fue puesto en bolsas de papel y en una estufa de secado con temperatura de 72 °C por 24 horas, después se retiraron las plántulas de la estufa y fueron pesadas en la balanza analítica y el resultado fue expresado en miligramos por plántula (promedio de las cuatro plantas).

3.7.7 Peso seco de la raíz

Para determinar esta variable se utilizó el mismo método que el del peso seco del tallo, se metieron las raíces a la estufa dejándolas por 24 horas a una temperatura de 72 °C posteriormente se registró el peso con una balanza analítica.

3.7.8 Área foliar

Para esta variable se utilizaron solamente tres plantas por repetición, para sacar el área foliar se utilizó un determinador electrónico CI – 202 Leaf área meter, el resultado fue expresado en cm² por plántula (promedio de las tres plantas).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y para la separación de medios se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Altura

El análisis de varianza para la altura de la planta presentó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). Las plántulas con mayor altura se obtuvieron en el tratamiento 100% de Peat moss con 10.37 cm, seguido por el tratamiento 25/75 con 6.60 cm; mientras que el tratamiento con la menor altura fue el 100 % de lodos activados con 4.81 cm (Figura 1). La mayor altura de la plántula es debido que el peat moss posee los nutrientes suficientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Pastor, 2000). Resultados similares obtuvieron Sandó *et al.*, (2006) al evaluar el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate. La importancia fisiológica de la altura de plántula es que trae consigo mejor posibilidad de contar con mayor cantidad de hojas y por lo tanto incrementar el área foliar y mayor producción de fotoasimilados (Azcón-Bieto, 2001).

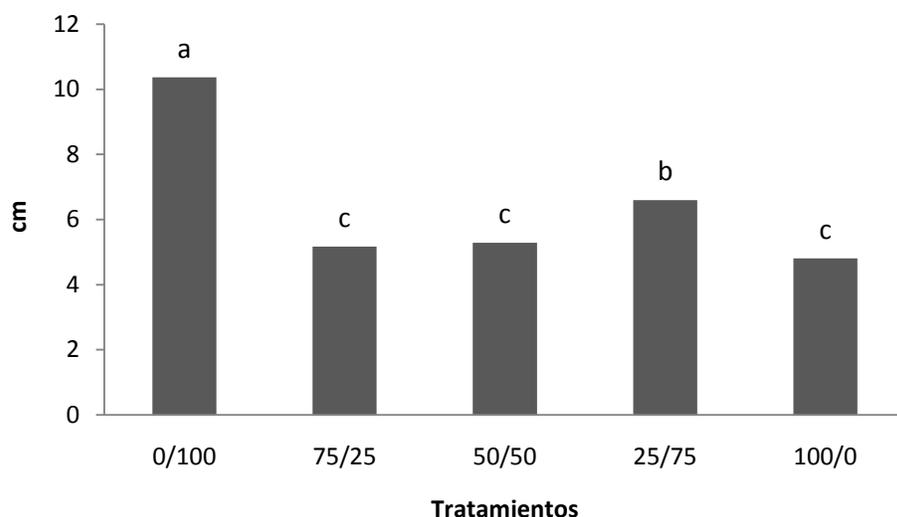


Figura 1. Altura de plántulas de tomate en diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.2 Número de hojas

Respecto al número de hojas, el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa, ($P \leq 0.01$). El mayor número de hojas correspondió al tratamiento 100% de Peat moss con cinco hojas por plántula, las plántulas que presentaron un menor número de hojas fueron los tratamientos 75/25 y 100% lodos activados con 4.21 y 4.0 hojas respectivamente (Figura 2). Resultados parecidos fueron reportados por Verde (2000) al evaluar el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate; el número de hojas permite conocer si la plántula tiene la edad suficiente para ser trasplantada (Lozada, 2002). La producción de hojas trae consigo una mayor área foliar y esta permite incrementar la superficie para realizar la fotosíntesis Sánchez (2000).

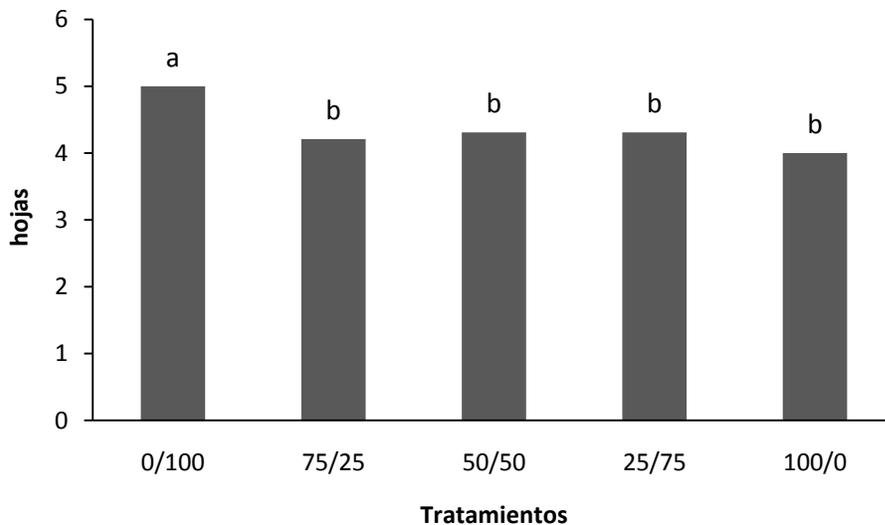


Figura 2. Número de hojas verdaderas de las plántulas de tomate por el efecto de diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3 Diámetro del tallo

Esta variable es de gran importancia ya que es responsable del soporte de la parte aérea planta y sirve como reserva de nutrientes, se prefieren tallos gruesos y sanos Hernández (2004). En diámetro de tallo se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.01$). Los tratamientos que obtuvieron mayor diámetro del tallo fueron 100% Peat moss y lodos activados 100% con 2.55 y 2.15 mm respectivamente; seguido del tratamiento 50/50 con 2.14 mm, y los tratamientos que presentaron menor diámetro fueron 75/25 y 25/75 ambos con 2.12 mm (Figura 3). Resultados similares fueron obtenidos por Armenta, (2001) al tener tallos de (3.48 y 3.37mm) en producción de plántulas de tomate a base de solución nutritiva.

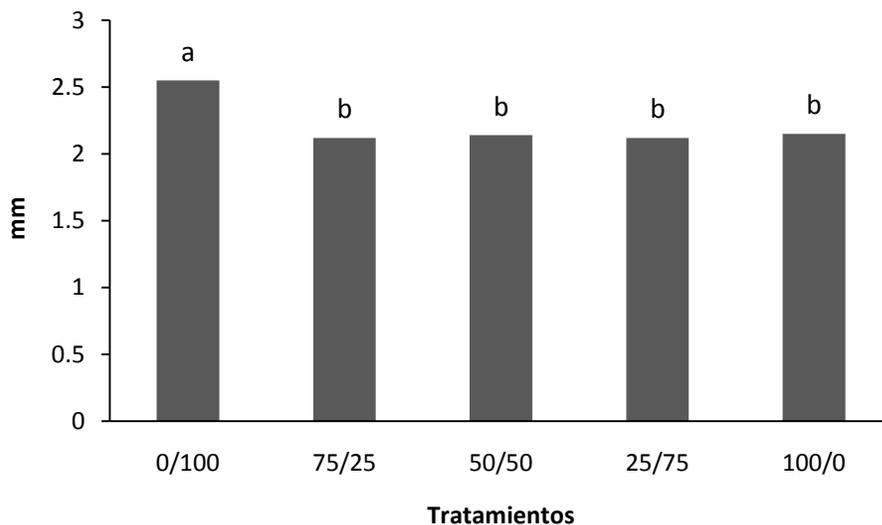


Figura 3. Diámetro de tallo de las plántulas de tomate en diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.4 Volumen radical

Variable de gran importancia, ya que la raíz es la encargada del anclaje y sostén del vástago, además de proveer a la planta de nutrientes esenciales en su desarrollo (Terán, 2001). El análisis de varianza para esta variable, mostró que existe diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), el tratamiento 100% de peat moss fue el que obtuvo el mejor resultado con 0.95 cm^3 , seguido por el 25/75 con 0.36 cm^3 , mientras que el tratamiento 100% de lodos activados tuvo 0.25 cm^3 , y los tratamientos que presentaron los resultados más bajos fueron 75/25 y 50/50 con 0.23 cm^3 (Figura 4). Resultados similares fueron obtenidos por Santana *et al.*, (2006) quien obtuvo mayor volumen radical en Peat moss al utilizar diferentes sustratos en la producción de plántulas de tomate. Estos resultados se deben a que el peat moss posee los nutrientes suficientes y las condiciones físico-químicas adecuadas que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

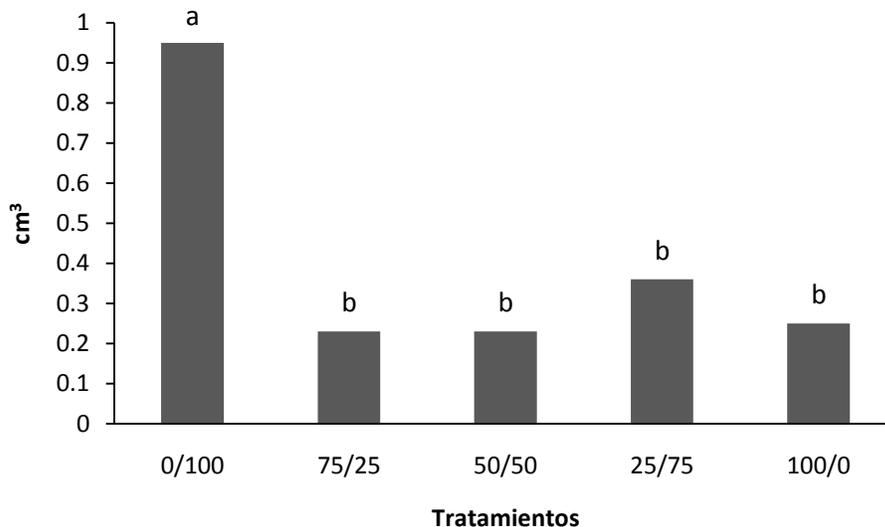


Figura 4. Volumen radical de las plántulas de tomate. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.5 Unidades SPAD

El análisis de varianza para la determinación indirecta de clorofila se encontró que hay diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). El mayor contenido indirecta de clorofila se obtuvo en el tratamiento 100% de peat moss con 43.28, seguido por el 100% de lodos activados con 31.92, y teniendo al tratamiento 75/25 con el contenido más bajo de clorofila (Figura 5). Este resultado es debido a que el Peat moss posee un mayor contenido de N (Cuadro 3).

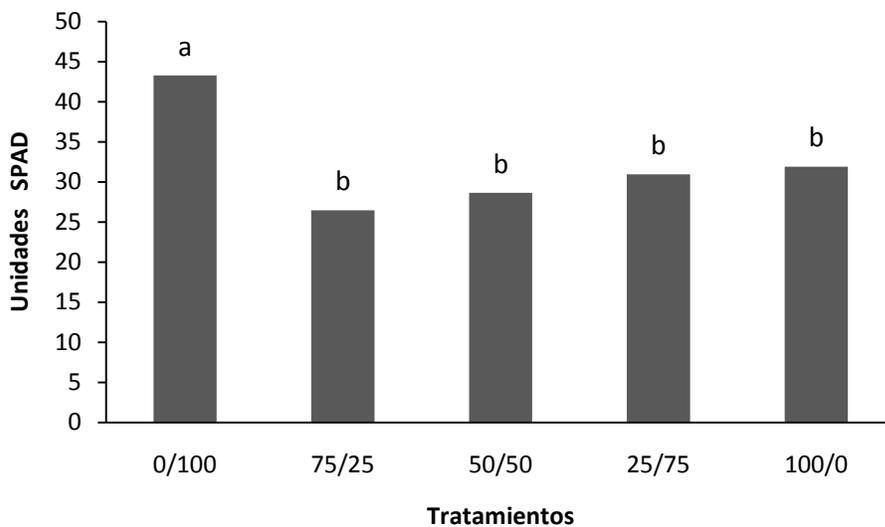


Figura 5. Contenido de clorofila de las plántulas de tomate en las diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.6 Peso seco del vástago

El análisis de varianza para esta variable detecto diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). El mayor peso seco del vástago se obtuvo en el tratamiento 100% de Peat moss, seguido por el 25/75, y el tratamiento 75/25 obtuvo los valores más bajos (Figura 6). Resultados similares fueron reportados por Etzel *et al.*, (2000) al evaluar el efecto de tres sustratos en el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara, donde obtuvo mayor peso seco del vástago en peat moss. Este resultado se obtuvo como consecuencia de que el Peat moss al 100% presento mayor altura de plántula, diámetro de tallo y número de hojas, lo que fue evidente al mostrar correlación altamente significativa con dichas variables.

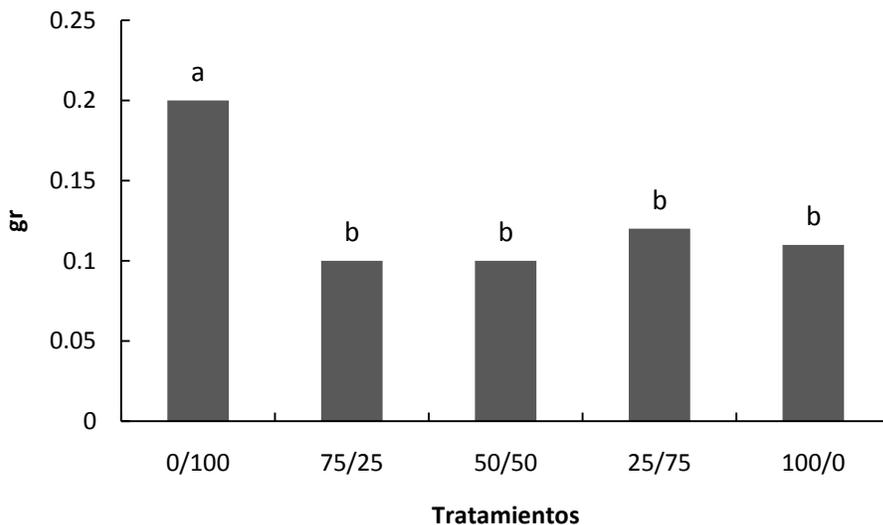


Figura 6. Peso seco del vástago de las plántulas de tomate en las diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.7 Peso seco de la raíz

Al realizar el análisis de varianza se detectó diferencia altamente significativa para esta variable ($P \leq 0.01$). El mayor peso seco de la raíz lo obtuvo el 100% de peat moss con 0.08 gr, seguido por los tratamientos 25/75 y 100% lodos activados, y los tratamientos mas bajos fueron 75/25 y 50/50 (Figura 7). Resultados similares fueron obtenidos por López *et al.*, (2002). Quienes obtuvieron mayor peso seco de la raíz en plántulas de tomate al evaluar el efecto de tres diferentes sustratos. Este resultado se obtuvo debido a que el tratamiento 100% de Peat moss obtuvo los mejores resultados en el volumen radical y por lo tanto el mayor peso seco de la raíz.

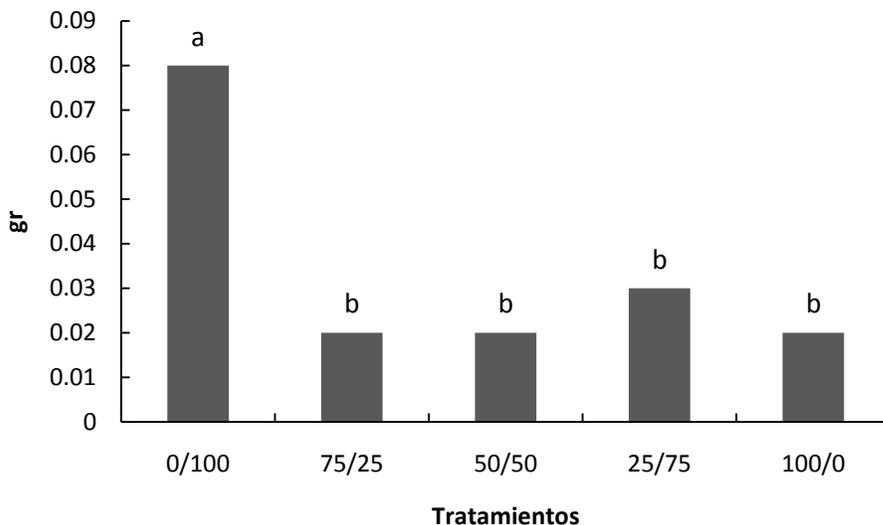


Figura 7. Peso seco de la raíz de las plántulas de tomate en las diferentes combinaciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.8 Área foliar

Algunos criterios de calidad de plántula que pueden considerarse son el área foliar, porque determina el potencial de la actividad fotosintética y la producción de biomasa, como un indicador del crecimiento vegetal (Urrestarazu *et al.*, 2000). El análisis de varianza para el área foliar reporto diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). El tratamiento 100% de Peat moss obtuvo los mejores resultados, seguido por el 25/75 y el tratamiento 100% de lodos activados teniendo los resultados más bajos (Figura 8). Este resultado se obtuvo debido a que el Peat moss al 100% fue el que obtuvo el mayor número de hojas, mayor peso seco del vástago, altura, SPAD, debido al mayor contenido nutrimental del sustrato.

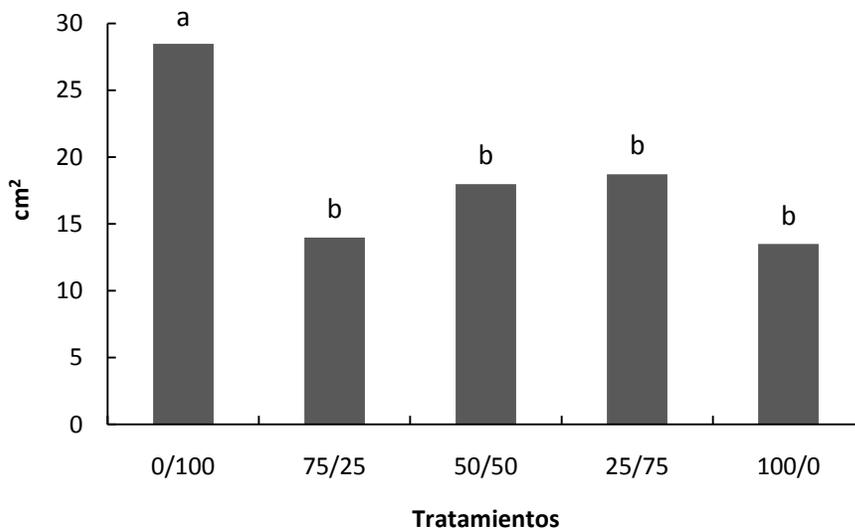


Figura 8. Área foliar de las plántulas de tomate en las diferentes proporciones de sustrato. Letras distintas en cada columna representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

- Los sustratos evaluados afectaron el crecimiento y la calidad de las plántulas de tomate.
- El tratamiento 100% de peat moss fue el que obtuvo los mejores resultados en todas las variables evaluadas (altura de plántula, número de hojas, diámetro de tallo, volumen radical, unidades SPAD, peso seco de vástago, peso seco de la raíz, área foliar).
- Los lodos activados al 100% afectaron negativamente el crecimiento y la calidad de las plántulas de tomate, por lo que no debe de ser utilizado solo y tiene que ser mezclado con algún sustrato ya sea orgánico e inorgánico en proporciones bajas. De acuerdo a la revisión de literatura es conveniente mezclarlo con fertilizantes inorgánicos.
- La combinación de lodos activados y peat moss al 25/75 tiene efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de la calidad de plántulas de tomate, por lo que es una alternativa a utilizar como sustrato en la producción de plántulas bajo condición de invernadero.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En Manual del cultivo sin suelo. Universidad de Almería- Mundi-Prensa, Madrid, 137-183 p.
- Aggelides, S. M.; Londra, P. A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. *Bioresource Technolog.* 71(3): 253-259.
- Alarcón, A.1998. "Concepto de pH e importancia en fertirrigación". *Horticultura.* 132.
- Armenta, B., A.D. 2001. Relaciones óptimas de aniones y cationes en la solución nutritiva en riego por goteo para la producción de tomate. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2001 *Fundamentos de Fisiología Vegetal.* 2da reimpresión. Barcelona : Ed Univ., . 515 p.
- Beltrán, F.A., García, H. J.L., Valdez R., Murillo B., Troyo E., Larrinaga J., Ruiz F., Fenech L. y García F. 2005. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde en la recuperación de un yermosol haplico. *Terra Latinoamericana* 23: 381 – 387.
- Cabrera R I. 2000. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo Serie. Horticultura* 5:5 – 11.
- Delgado, M.; Porcel, M. A.; Miralles, R.; Beltrán, E.; García, J.; Bellido, N.; Bigeriego, M. 2000. Empleo de compost de depuradora como fertilizante en cultivo de maíz. *Vida Rural* 109: 24-26.

- Del Pino, Denia. 2003. Estudio de las propiedades físicas de diferentes mezclas de sustratos empleados en la producción de postura de tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill) en condiciones semicontroladas y propuesta del manejo de riego. Tesis Ing. Agro. Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad Pinar del Río.
- 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 Horticultura, S.L Reus, España.
- Etzel, R. Z.; Gul, A.; Tuzel, Y. 2000. Effects of various growing media on eggplant and pepper seedling quality. *Acta Horticulture* 366: 257-264.
- Favaro, J. Buyatti, M. y Acosta, M. 2002. Evaluación de sustratos a base de serrín de Salicáceas ("*Salix* sp.") compostados para la producción de plantones Investigación agraria. Producción y protección vegetales, ISSN 0213-5000, 17:367-37.
- Fernández, B. C, Urdanet, N. y Silva, W. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Cv Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Rev. Fac. Agron.*, jun. 2006, 23.188-196.
- Fernández, M.M.; Aguilar, M I., Carrique J.R.; Tortosa, J.; García, C.; López., M.; Pérez., J.M. 1998. Suelo y medio ambiente invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla. Publicaciones Universidad de Almería. Almería.
- Florián, P. 1998. "Sustratos: propiedades, ventajas y desventajas". Hidroponía comercial. Una buena opción en agronegocios. Conferencia Internacional 6-8 Agosto 1998. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de hidroponía y nutrición mineral. Hydroponic Society of America. Ed. Alfredo Rodríguez Delfín.

Gallardo Lara, F. and R. Nogales. 2000. Effect of the application of town refuse compost on the soil plant system: A review. *Biol. Wastes* 10:35-62.

Gómez, B.J. 2001. Insumos de calidad: plántulas de calidad. *Revista hortalizas. Frutas y flores*. Publicación periódica, Pp. 22-24.

Goycovic, V.C., Saavedra del R. 2007. Algunos aspectos de la salinidad en el cultivo de tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*. 25:47 – 58.

Grajales, J. S., A. J. Monsalve y J. M. Castaño 2006. "Programa de manejo integral de los lodos generados en la planta de tratamientos de aguas residuales de la universidad tecnologica de Pereira." *Red de revistas Cientificas de América Latina y el Caribe y Portugal*. 12: 285-290.

Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. In: *Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos*. UCRCYTED. San José, Costa Rica. 25 p.

Hartmann, H. y Kester, D. 2002. *Plant Propagation. Principles and practices*. Prentice Hall. New Jersey. 880 p.

Hernández, H. 2004. Producción de plántulas de cuatro especies hortícolas utilizando el sistema de flotación en soluciones hidropónicas.

Jurado, G. P., L. M. Luna y H. R. Barreto 2004. "Aprovechamiento de biosólidos como abonos organicos en pastizales áridos y semiáridos." *Técnica Pecuaria en México* 42: 379-395.

Linares, O.H. 2004. *Manejo de invernaderos. Manual del principiante*.

Lozada, R. A., 2002. El uso de espumas hidrofílicas y otros sustratos en dos soluciones nutritivas para la producción de plántulas de brócoli. Tesis profesional. Licenciatura. Departamento de horticultura. UAAAN.

Maroto, J.V.; 2000 "Elementos de Horticultura General". Ed. Mundi-Prensa.

Morel P, Poncet L, Riviere L. 2000. Les Supports de Culture Horticoles. Les Matériaux Complémentaires et Alternatifs a la Tourbe INRA. Paris 87 p.

Moreno Ramírez y P Ramírez Vallejo. 2007. Morfología de plántulas de jitomate nativo (*L. esculentum*) de seis regiones de México. In Memoria de Resúmenes, Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. Distrito Federal. México. 6 a 9 de mayo de 2007. Universidad Autónoma Chapingo y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. pp.269.

Muñoz, R J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero. P. 226 – 262. En: J.J Muñoz Ramos y J.Z Castellanos (Eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.

Noguera, P.; Noguera, V.; Abad, M.; Puchades, R.; Maquieira, A.; 1999 "Variación de la presentación de las propiedades físicas y químicas de residuos de fibra de coco comercializados como sustratos o componentes de sustratos de cultivo en el estado español". Actas de Horticultura 26. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Murcia.

Ocampo, M. J., Caballero, M. R., y Tornero, C. M. A. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. En: Agricultura, Ganadería, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Tornero C. M. A., Silva G. S. E., Pérez A. R. Y Bonilla F.N. (Eds.). 2005. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 55-73. ISBN: 968 863 913 3.

Outwater, B. A. 1994. Reuse of sludge and minor wastewater residuals, Editorial Lewis.

Ozores-Hampton, M., P.A. Stansly, T.A. Obreza. 2000. Biosolids and soil solarization effects on bell pepper (*Capsicum annuum*) production and soil fertility in a sustainable production system. *HortScience* 35:443.

Passos, O. J.; Silva, C. A.; Wagner Bettlol, W.; Gulmaraes, L. R.; Dynia, J. F. 2004. Acúmulo de Cu, Mn, Ni, Pb E Zn em latossolo vermelho adubado com fontes de lodo de esgoto e cultivado com milho. *Ciênc. Agrotec. Lavras* 28(1): 15- 23.

Pastor, S. J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17: 213 – 235.

Premuzic, Z., J. P. Brichta, A. E. Rendina y A. F. Lorio 2002. "Parámetros de fertilidad y toxicidad para la comercialización como enmienda usando lodos del Río Matanza en Argentina." *Información Tecnológica* 13.

Ramírez, C.J. 2003. Características generales de las series de suelos en la región Lagunera Coahuila y Durango. *Sec. Rec. Hidr.* 17:62.

Reynolds, K. A. 2002. "Tratamientos de Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema." *Agua Latinoamericana*: 1-4.

Rosa, E. 2001. Evolución de los Sistemas de producción de plántales. *Horticultura Internacional*. 12: 24-26.

- Salgado Meráz L, P Ramírez Vallejo, J Canul Ku y M N Rodríguez García. 2008. Diversidad genética de plántulas de poblaciones nativas de jitomate. In: Memoria Congreso XXII Congreso Nacional y Segundo Internacional de Fitogenética. Chapingo, Estado de México. México. 21 a 26 de septiembre de 2008. SOMEFI. pp.272.
- Sánchez, L. A. 2000. Apuntes de la materia producción de hortalizas de clima cálido. Maestro Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Sandó, N. D. Soto, R. y Casanova, A. 2006. Tesis de Maestría “Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido en plántulas de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill) en la provincia de Cienfuegos”. Universidad Agraria de La Habana “Fructoso Rodríguez”. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Schmidt, R.H. 2000. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Env.* 16:241-256.
- Santana, Y; Aguiar, I; Leon, L; Del Busto, A y Cruz, R. 2006. Comportamiento de las plántulas de tomate en sustratos elaborados a partir de humus, turba y cascarilla de arroz. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”. Martí # 270 Final, Esq. 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba.
- Terán, S. G.E., 2001. Propagación de plántulas, reporte interno, C.I.Q.A. Saltillo Coahuila, México.
- Torre, Guil., COAG. 2003. Seminario sobre producción local de semillas. Sangonera La Verde, Murcia.

Torres, P., A. Pérez, J. C. Escobar, I. E. Uribe y R. Imery 2007. "Compostaje de biosólidos de plantas de tratamientos de aguas residuales." Eng. Agric. Jaboricabal 27: 267-275.

Urrestarazu, M., M. Guzmán, A. Sánchez, M.C. Salas y F.A. Lorente. 2000. Effect of evolution in the increase the nutrient solution electrical conduction on quality parameters of tomato seedlings. Acta Hort. 487: 213-218.

Verde, G. y Álvarez M. 2000. Fenología en el cultivar C-28 y la forma silvestre Nagcarlan en siembras fuera de épocas. BNC. IDIT. La Habana.

VII. APÉNDICE

Cuadro 5. Valores medios de las variables evaluadas en plántulas de tomate.

TRAT	ALT (cm)	NH	DT (mm)	VR (cm ³)	SPAD	PSV gr	PSR gr	AF (cm ²)
0/100	10.37a	5.00a	2.55a	0.95a	43.28a	0.20a	0.08a	28.47a
75/25	5.17c	4.21b	2.12b	0.23b	26.46b	0.10b	0.02b	13.97b
50/50	5.29c	4.31b	2.14b	0.23b	28.65b	0.10b	0.02b	17.97b
25/75	6.60b	4.31b	2.12b	0.36b	30.96b	0.12b	0.03b	18.71b
100/0	4.81c	4.00b	2.15b	0.25b	31.92b	0.11b	0.02b	13.49b

ALT= Altura NH= Núm. de hojas DT= Diámetro del Tallo VR= Volumen Radical, SPAD (Lecturas del aparato SPAD-502), PSV= Peso Seco del Vástago PSR= Peso Seco de la Raíz AF= Área Foliar. Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente similares Tukey ($P \leq 0.05$).