

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**



**Evaluación de la Producción de Plántulas de Pimiento Morrón
(Capsicum annuum var. California Wonder 300) en Diferentes
Sustratos Orgánicos Bajo Condiciones de Invernadero**

Por:

JOSÉ ALEJANDRO ORTIZ BARROSO

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título
de: Ing. Agrícola y Ambiental**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2002

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE SUELOS

**Evaluación de la Producción de Plántulas de Pimiento Morrón
(Capsicum annuum var. California Wonder 300) en Diferentes
Sustratos Orgánicos Bajo Condiciones de Invernadero**

Por:

JOSÉ ALEJANDRO ORTIZ BARROSO

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

Ing. Agrícola y Ambiental

Presidente del jurado

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza.

Sinodal.

Sinodal.

Ing. Rene de la Cruz R.

Ing. Blas Ríos Burciaga

MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater por haberme brindado la oportunidad de formarme en sus aulas y sus campos experimentales.

Al M. C. Luis Miguel Lasso Mendoza por su amistad desinteresada y su apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

Al M. C. René de la Cruz R. e Ing. Blas Ríos B. por su apoyo y asesoría en esta investigación.

A todos y cada uno de los miembros que conforman el departamento de suelos que me apoyaron durante mi carrera.

A la M. C. Idalia Torres y a Lucy por su ayuda en la realización de los análisis de laboratorio.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes, a la Maestra María Elena Góngora y a Paty por facilitarme el uso de equipo para realizar algunas determinaciones.

A Memo y Gloria y a Chucho y Luisa por haberme acogido en sus hogares como un miembro más de su familia.

A mis compañero y amigos de la generación XCII de la especialidad de ingeniería agrícola y ambiental, Cutberto, Omar, Leonel, Cristino, Sergio, José Alfredo, Avelino, Edilberto y Daniel, por haber compartido parte de sus vidas en nuestros espacios universitarios.

A mis amigos Miguel, Gerardo, Fabiola, Cristian y Betzabeth, por su amistad y apoyo en todo momento.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado el don de la vida y permitirme concluir un capítulo más de mi andar por este mundo.

A mis padres:

José Alejandro Ortiz Carrillo

Rosa de Lima Barroso Sosa

Por su apoyo incondicional, sacrificios y desvelos para poder cumplir uno de mis grandes retos, mi formación universitaria.

A mis hermanas:

Rosa de Lima Ortiz Barroso

Ana Laura Ortiz Barroso

Por su cariño y apoyo en todo momento.

A mis sobrinos:

Karla Stephania Rodríguez Ortiz

José de Jesús Rodríguez Ortiz

Por haber llenado de alegría mi vida con su llegada.

A mis abuelos:

Raúl Barroso Huerta

Julia Sosa de Barroso (+)

Ranulfo Ortiz Jiménez

Aurelia Carrillo de Ortiz

Por sus consejos y enseñanzas llenos de sabiduría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Contenido.....	v
Índice de Cuadros.....	ix
Índice de Figuras.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen del Pimiento.....	4
Clasificación Taxonómica.....	4
Descripción Botánica.....	5
Requerimientos Edáficos.....	6
Requerimientos Climáticos.....	6
Temperatura.....	7
Humedad.....	8
Enfermedades y Plagas.....	8
Enfermedades Fungosas.....	8
Enfermedades Bacterianas.....	10
Enfermedades Virales.....	11
Insectos.....	12
Ácaros.....	13
Nemátodos.....	14
El Medio o Sustrato.....	15
Propiedades de los Sustratos.....	15
Propiedades Físicas.....	16
Propiedades Químicas.....	17

Propiedades Biológicas.....	18
Sustrato Ideal.....	19
Propiedades Físicas.....	20
Propiedades Físico-químicas y Químicas.....	20
Otras Propiedades.....	21
Sustratos Utilizados.....	21
Peat-Moss o Turba.....	21
Composta.....	22
Aserrín.....	22
Perlita.....	23
Métodos de Esterilización de los Sustratos.....	23
Solarización.....	24
Tratamiento de Calor.....	24
Fumigación con Sustancias Químicas.....	25
Bromuro de Metilo.....	25
Vapan.....	26
Evaluación de Plántulas.....	26
Plántula Normal.....	27
Plántula Anormal.....	28
Generalidades del Uso de Sustratos.....	29
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
Localización del Sitio Experimental.....	32
Características del Invernadero.....	32
Sustratos Utilizados.....	33
Material Biológico.....	33
Charolas Germinadoras.....	34
Preparación de los Sustratos.....	34
Esterilización.....	34
Tratamientos.....	35
Diseño Experimental.....	35

Caracterización de los Sustratos.....	36
Propiedades Físicas.....	36
Densidad Real.....	36
Densidad Aparente.....	37
Mojabilidad.....	38
Propiedades Químicas.....	38
Determinación de pH.....	39
Determinación de Conductividad Eléctrica y Salinidad..	39
Materia Orgánica y Cenizas.....	40
Características de los Sustratos.....	40
Rendimiento.....	41
Biomasa.....	41
Evaluación de las Plántulas.....	41
Plántulas Normales.....	42
Plántulas Anormales.....	42
Análisis de Crecimiento.....	45
Evaluación de las Variables de Crecimiento.....	45
Altura de Plántula.....	45
Número de Hojas por Planta.....	45
Diámetro de Tallo.....	46
Longitud de Raíz.....	46
Cronología del Experimento.....	46
Siembra.....	46
Riegos.....	46
Plagas.....	47
Croquis de la Disposición de los Tratamientos.....	47
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
Altura de Plántulas.....	48
Número de Hojas.....	51
Diámetro de Tallo.....	53

Longitud de Raíz.....	55
Biomasa.....	57
Evaluación de Plántulas.....	59
VII. CONCLUSIONES.....	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	63
APÉNDICES.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Página	
Cuadro 4.1	Temperaturas críticas para el crecimiento del pimiento.....	7
Cuadro 4.2	Enfermedades virales del pimiento morrón.....	11
Cuadro 5.1	Materiales utilizados como sustratos.....	33
Cuadro 5.2	Sustratos y mezclas de los materiales utilizados.....	34
Cuadro 5.3	Características de los materiales evaluados.....	39
Cuadro 6.1	Cuadro General de ANVA las variables evaluadas.....	48
Cuadro 6.2	Prueba de Tukey para la altura media.....	49
Cuadro 6.3	Prueba de Tukey para el número de hojas.....	51
Cuadro 6.4	Prueba de Tukey para el diámetro medio de tallo.....	53
Cuadro 6.5	Prueba de Tukey para a longitud media de raíz.....	55
Cuadro 6.6	Prueba de Tukey para biomasa.....	57
Cuadro 6.7	Evaluación de calidad de plántula.....	59
Cuadro 6.8	Evaluación de calidad de plántula en por ciento.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 5.1 Mapa de localización del sitio experimental.....	32
Figura 6.1 Representación gráfica de la altura media.....	45
Figura 6.2 Representación gráfica del número de hojas.....	47
Figura 6.3 Representación gráfica del diámetro de tallo.....	49
Figura 6.4 Representación gráfica de la longitud de raíz.....	51
Figura 6.5 Representación gráfica de la biomasa.....	53

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado intensamente el desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas de invernadero. El medio de cultivo ha evolucionado desde la utilización de suelo mineral hasta las actuales mezclas, con proporción mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de pino, etc. Estos nuevos sustratos proporcionan resultados superiores a los basados en suelo, siempre que se conozcan y aprendan sus características y técnicas.

En la actualidad se presenta una gran diversidad de sustratos en el mercado, los cuales, pueden ser utilizados en la mayoría de los cultivos. Sin embargo, la respuesta del cultivo a cada uno de ellos es diferente, y por tanto es necesaria su evaluación para que de tal forma se pueda tener una idea de qué sustrato puede ser el mejor para cada tipo de cultivo.

Las tendencias actuales de creación, innovación y búsqueda de nuevas técnicas de cultivo van encaminadas a obtener un incremento en la calidad y el rendimiento, sin aumento de los costos.

Los conocimientos en el campo de la nutrición vegetal y las diversas maneras de suministro de nutrientes y fertilización ofrecen una alternativa de producción que se adecua satisfactoriamente a las necesidades del medio, tales como la hidroponía y el uso de invernaderos. Con estos elementos se crea y

conjuga toda una técnica de cultivos productivos dentro del cual sustratos y nutrientes adquieren importancia.

La producción de plántulas de hortalizas en invernaderos bajo estas modalidades, permiten al productor reducir costos y aumentar utilidades, porque presentan ventajas competitivas al aumentar la tasa de germinación, producir plántulas más uniformes, lograr cosechas más tempranas y en mayor número de veces al año, así como reducir el costo de mano de obra e insumos.

Es por eso, que el presente trabajo tiene como objetivo encontrar el sustrato más apropiado para el desarrollo óptimo de las plántulas de pimiento morrón variedad California Wonder 300. Además de determinar el efecto de algunos sustratos orgánicos en la producción de plántulas de pimiento morrón, se plantean los siguiente objetivos:

II. OBJETIVOS

- ❖ Evaluar el efecto de tres materiales orgánicos sobre el crecimiento y la calidad en la producción de plántulas de pimiento morrón var. California Wonder 300.

- ❖ Determinar el mejor sustrato que se debe utilizar para la producción de plántulas de pimiento morrón.

III. HIPÓTESIS

1. Es posible que exista diferencia en la producción de plántulas por la influencia de los diferentes materiales orgánicos.

2. Los sustratos orgánicos puros se consideran mejores que las combinaciones de sustratos orgánicos con otros materiales en la producción de plántulas de pimiento morrón.

3. La combinación de materiales orgánicos e inorgánicos en la preparación de sustratos ofrecen mejores condiciones para la producción de plántulas de pimiento morrón que cuando se utiliza un solo material.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

ORIGEN

Se señala que los orígenes del pimiento es en el continente americano. Lo atestiguan los restos encontrados del mismo en yacimientos arqueológicos. Han sido halladas cáscaras de pimiento con más de dos mil años de antigüedad en tumbas del Perú. Por el contrario, no existe referencia alguna sobre esta planta en las lenguas antiguas de Europa. De ahí la tesis incontestable de que el pimiento procede del continente americano (*Alemán et al*, 1982).

Otras especies de pimiento en forma silvestre o cultivadas, tienen difusión a lo largo de amplias zonas tropicales y subtropicales de América.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Clasificación Taxonómica

División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonae</i>
Subclase	<i>Metachlmydeae</i>
Orden	<i>Tubiflorae</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>annuum</i>
Nombre Científico	<u><i>Capsicum annum</i></u>

Descripción Botánica

Según sus propiedades biológicas, el pimiento es una planta perenne, pero se cultiva como si fuese anual (*Pérez et al*, 1997).

Zapata et al, 1992, hacen la siguiente descripción botánica de la planta de pimiento morrón:

Raíz.- El sistema radical de esta planta es pivotante y profundo que puede llegar de 70 hasta 120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias.

Tallo.- Es de crecimiento limitado y erecto, con una parte que en termino puede variar entre 0.5 y 1.5 m. Cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente.

Hoja.- Son lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas, con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo o poco aparente.

Fruto.- Es una baya semicartilaginosa y deprimida de color rojo o amarillo cuando está maduro que se puede insertar, pendular o enhiestamente, de forma y tamaño muy variable.

Semilla.- Redondeada y ligeramente reniforme, suele tener 3-5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálido.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

El pimiento morrón requiere suelos profundos y livianos, con buen drenaje y fertilidad media. Las plantas muestran un crecimiento normal cuando el pH del suelo está entre 5.5 y 6.8, con un contenido en materia orgánica del 3-4%.

No es recomendable sembrar pimiento en terrenos donde anteriormente se han sembrado otras solanáceas. Lo ideal sería rotar la siembra de pimiento, con dos ciclos de siembra de plantas gramíneas.

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate (*Bolaños, 1998*).

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

Temperatura

Es una planta exigente en temperatura (más que el tomate y menos que la berenjena).

Cuadro 4.1. Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo.

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

La oscilación térmica (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasiona desequilibrios vegetativos.

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10 °C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos.

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

ENFERMEDADES Y PLAGAS

Enfermedades Fungosas

Existen diversos hongos fitopatógenos que causan daño a la planta de pimiento. Para algunas de ellas se cuenta con variedades tolerantes, por lo que han pasado a ser enfermedades de menor importancia. Algunas de las enfermedades más comunes en el cultivo del pimiento son las siguientes:

- ◆ Pudrición Basal del Tallo. Es producida por *Phytophthora capsici*. En los tallos de las plantas infectadas se producen lesiones acuosas de color café, que se extienden formando un anillo. Los síntomas se pueden originar en los puntos de crecimiento de la planta. En este caso las manchas avanzan hacia la base de la planta, causando su deterioro general.

- ◆ Marchitez Fungosa. Es causada por el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc y aunque ha sido reportada en las plantaciones de pimiento, su incidencia es muy baja, por lo que no se considera como una enfermedad de importancia local.

- ◆ Antracnosis. Es causada por varias especies de los géneros *Colletotrichum* y *Gloesporium* y por la especie *Glomerella cingulata*. Aparece en los frutos como pequeñas manchas ligeramente hundidas, circulares y acuosas. En la lesión se observan bandas concéntricas sobre las que crecen las esporas de color rosado.

- ◆ Cercosporo o Mancha de la Hoja. Es producida por el hongo *Cercospora capsici*. El hongo produce lesiones café oscuro que con el tiempo se tornan blancas. Generalmente estas manchas tienen un halo verde oscuro y otro clorótico.

Enfermedades Bacterianas

Existen varias bacterias que atacan las plantas de pimiento. Algunas de ellas pueden sobrevivir en el suelo por períodos largos en ausencia del cultivo, por que representan un serio problema para los agricultores.

- ◆ Mancha Bacterial. Es causada por *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*, es una bacteria del grupo de los bacilos gram negativo. Esta enfermedad se presenta como manchas circulares oscuras que, conforme avanzan se tornan angulares y de color café. En las lesiones más viejas, el tejido central se desprende dejando un agujero.

- ◆ Maya o Marchites Bacterial. Es causada por *Pseudomonas solanacearum*, es también un habitante del suelo. Debido a lo anterior, una vez que los campos se han contaminado con este patógeno, no es conveniente volver a sembrar pimiento o cualquier otra solanácea.

- ◆ Pudrición Blanda del Fruto. La pudrición del fruto, podredumbre húmeda o bolsa de agua, es causada por varias especies de las bacterias *Erwinia* y *Pseudomonas* y, por lo general, se encuentra asociada con la presencia de daños causados por insectos. Al inicio se observa una mancha húmeda y opaca en la superficie del fruto; luego la pudrición

avanza en su interior desintegrándolo. Los frutos podridos permanecen prendidos a la planta.

Enfermedades Virales

Cuadro 4.2. Enfermedades Virales del Pimiento Morrón.

VIRUS	SÍNTOMAS EN HOJAS	SÍNTOMAS EN FRUTOS	TRANSMISIÓN
Virus del Mosaico del Pepino	<ul style="list-style-type: none"> - Mosaico verde claro-amarillento en hojas apicales - Clorosis difusa - Filimorfismo. - Rizamiento de los nervios 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del tamaño - Anillos concéntricos y líneas irregulares con la piel hundida 	<ul style="list-style-type: none"> - Pulgones
Virus del Bronceado del Tomate	<ul style="list-style-type: none"> - Anillos clorótico/necróticos - Fuertes líneas sinuosas de color más claro sobre le fondo verde. - A veces necrosis apical del tallo 	<ul style="list-style-type: none"> - Manchas irregulares - Necrosis - Manchas redondas de color amarillo y necrosis. - En ocasiones anillos concéntricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Trips (F. occidentalis)
Virus del Mosaico del Tomate	<ul style="list-style-type: none"> - Mosaico verde claro-amarillo - Reducción del crecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Deformación con abollonaduras - Necrosis 	<ul style="list-style-type: none"> - Semillas - Mecánica

Continuación Cuadro 4.2

Pepper Mild Mottle Virus	Mosaico foliar (manchas verde oscuro), a veces muy suaves	- Deformaciones - Abollonaduras - Necrosis	Semillas Mecánica Suelo (raíces)
Virus Y de la Papa	- Necrosis de los nervios - Defoliaciones - Manchas verde oscuro junto a los nervios (a veces)	- Manchas - Necrosis - Deformaciones	Pulgones
Virus del Enanismo Ramificado del Tomate	- Clorosis fuerte en hojas apicales	Manchas cloróticas difusas.	- Suelo (raíces) - Semilla

Insectos

Las plagas insectiles son muy importantes en el sistema de producción de pimiento. Los adultos de algunas plagas se alimentan de las hojas, tallos y raíces causando reducciones en los rendimientos. En la mayoría de los casos, son las larvas de los lepidópteros y coleópteros las que causan los estragos mayores en las plantaciones.

- ♦ La mosca blanca, *Bemisia tabaci* Genn, se observa en cantidades importantes en las plantaciones de pimiento. El daño que causa esta plaga es indirecto, pues la mosca es vector de varios geminivirus que atacan al pimiento.

- ◆ Pulgón, *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara.
- ◆ Trips, *Frankliniella occidentalis*, los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan. El daño indirecto es el que causa mayor importancia y se debe a la transmisión del virus del bronceado del tomate que afecta al pimiento.

Ácaros

Los ácaros se presentan, normalmente, en áreas pequeñas. La severidad de su ataque puede llevar a la pérdida de plantaciones completas si no se ataca el problema a tiempo. Se deben realizar inspecciones frecuentes en la siembra, para detectar la presencia de la plaga y tomar las decisiones necesarias para su manejo.

- ◆ Ácaro blanco, *Polyphgotarsonemus latus* se presenta en plantaciones jóvenes. También se han encontrado en plantaciones que están iniciando la producción, en cuyo caso provocan la deformación de los frutos y la caída de las flores. Se localiza generalmente en el envés de las hojas jóvenes, donde raspan la epidermis de la planta para alimentarse. La nervadura central de las hojas afectadas se distorsionan y corruga y sobre ellas se forma un tejido corchoso. En ataques severos las hojas se deforman totalmente, las láminas y los peciolo no se desarrollan y llegan a formar una masa de hojas retorcidas.

- ◆ Araña roja, *Tetranychus urticae* Koch, es el ácaro más comúnmente asociado al cultivo del pimiento, principalmente durante la época seca. El ácaro se localiza en el envés de las hojas más jóvenes. Al inicio de la infestación se observan puntos amarillos en la lámina de la hoja. Conforme aumenta el nivel de daño, las hojas se tornan amarillentas y el tejido lesionado se necrosa. El ácaro también se alimenta de las flores y frutos, causando la caída de las flores y la distorsión de los frutos.

Nemátodos

Entre los nemátodos que atacan el cultivo de pimiento, se encuentran varias especies de los géneros *Meloidogyne* y *Rothylenchulus*. Estos nemátodos,

además de provocar daños directos sobre la planta, facilitan el ingreso de otros patógenos.

EL MEDIO O SUSTRATO

El término sustrato se aplica a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de nutrición mineral de la planta (*Abad et al.*, 1996).

Calderón (1989), señala que en la producción de plántulas con charolas germinadoras, se puede suministrar el oxígeno, agua, nutrimentos y soporte para las raíces de las plantas, como lo hace el mismo suelo. Agrega que la solución nutritiva aportará agua, nutrimentos e incluso oxígeno suplementario.

PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS

La primera etapa de la aplicación de un sustrato en el cultivo sin suelo es la caracterización del mismo, con objeto de conocer sus propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas. Las propiedades de los materiales son factores

dominantes que determinan el manejo posterior del sustrato (contenedor, riego y fertilización) (*Cadahia et al, 1998*).

❖ **Propiedades Físicas**

La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial. Los métodos de determinaciones de las relaciones aire-agua de los sustratos difieren de los métodos utilizados en los suelos con idéntico fin.

Espacio Poroso. Es el volumen total del sustrato no ocupado por partículas orgánicas ni minerales. Su nivel óptimo se sitúa por encima del 85% del volumen del sustrato (*Abad et al, 1993*).

Densidad Aparente. Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, es decir incluyendo el espacio poroso entre las partículas. En los invernaderos, donde el viento no es un factor limitante, la densidad aparente del sustrato puede ser tan baja como 0.15 g/cm^3 .

Mojabilidad. Se expresa como el tiempo (en minutos) necesario para que se absorban 10 ml de agua destilada, a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40°C . El nivel óptimo es igual o inferior a 5 minutos (*Abad et al, 1996*).

Contracción de Volumen. Se refiere al porcentaje de pérdida de volumen cuando el sustrato se seca, referido al volumen aparente inicial en unas determinadas condiciones de humedad. Informa sobre el grado de variación de volumen del sustrato bajo condiciones de cultivo, en ciclos de humectación-desecación (Cadahia et al, 1998).

❖ *Propiedades Químicas*

Las propiedades químicas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato; reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacciones de intercambio de iones (físico-química) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Se define como la suma de los cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están disponibles para la planta. El valor óptimo de la CIC de los sustratos depende estrechamente de la frecuencia de fertilización.

Disponibilidad de los Nutrientes La mayoría de los sustratos minerales no se descomponen química ni biológicamente y, desde un punto de vista práctico, se pueden considerar desprovistos de nutrientes. Por el contrario, los sustratos orgánicos se difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrientes asimilables. Así, algunos poseen un nivel reducido de éstos, mientras que otros

presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del compost y del proceso de compostaje (*Cadahia et al*, 1998).

Salinidad. Se refiere a la cantidad de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Las causas que originan un incremento en la salinidad pueden ser: 1) La presencia de fertilizantes insolubles; 2) Cuando la cantidad de aportadas con el agua de riego o la solución de fertilizantes es superior a las cantidades absorbidas por la planta; y 3) Cuando el sustrato presenta una elevada CIC.

Relación Carbono: Nitrógeno (C/N). Es un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y su estabilidad. Una relación C/N entre 20 y 40 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, y es un índice de un material orgánico maduro y estable (*Abad et al*, 1993).

❖ *Propiedades Biológicas*

Velocidad de Descomposición. Todos los sustratos orgánicos son susceptibles de degradación biológica, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de fitotoxinas y contracción del sustrato.

Efecto de los Productos de Descomposición. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación de la lignina y la hemicelulosa. Las sustancias húmicas actúan como transportadoras de los micronutrientes para las plantas.

Actividad Reguladora del Crecimiento. Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo de las plantas.

Actividad Enzimática. Se libera después de la descomposición de la materia orgánica. Se han identificado diferentes actividades enzimáticas (celulasas, proteasas, ureasas, etc.) en los sustratos orgánicos con efectos muy positivos sobre la nutrición vegetal.

Propiedades Supresivas. Inhiben el desarrollo de determinados agentes fitopatógenos, especialmente hongos.

SUSTRATO “IDEAL”

El mejor sustrato varía de acuerdo con numerosos factores: tipo de material vegetal (semilla, estaca, planta, etc.), especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma del contenedor.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características (Abad, 1995).

❖ **Propiedades Físicas**

- a) Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible;
- b) Suficiente suministro de aire;
- c) Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas;
- d) Baja densidad aparente;
- e) Elevada porosidad total; y
- f) Estructura estable, que impida la contracción del sustrato.

❖ **Propiedades Físico-químicas y Químicas**

- a) Baja o apreciable CIC;
- b) Suficiente nivel de nutrimentos asimilables;
- c) Salinidad reducida;
- d) pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón; y
- e) Mínima velocidad de descomposición.

❖ **Otras Propiedades**

- a) Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos, y sustancias fitotóxicas;
- b) Reproducibilidad y disponibilidad;
- c) Bajo costo;
- d) Facilidad en la preparación y el manejo;
- e) Facilidad en la desinfección y estabilidad frente a ésta; y
- f) Resistencia a los cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

MATERIALES UTILIZADOS

Peat Moss o Turba

Abad (1993), ha definido a las turbas como la forma disgregada de la vegetación de un pantano que no se ha descompuesto completamente por el exceso de agua y falta de oxígeno; estos materiales con el tiempo se van depositando formando estratos más o menos densos de materia orgánica, en los que se pueden identificar los restos de las diferentes especies vegetales que los forman.

El peat-moss o turba es un producto ampliamente utilizado en los invernaderos de México en la producción de plántulas de hortalizas y plantas de

ornato. Además, es un acondicionador orgánico del suelo, ayuda a regular la humedad y aireación del suelo; creando condiciones adecuadas de crecimiento.

Composta

Deffis (1989), indica que la composta es un producto negro, homogéneo, de forma granulada, sin restos gruesos. A la vez es un producto húmico y cálcico; un fertilizante orgánico que por su aportación de microelementos al suelo es muy apreciado; se le conoce como humus, compuesto de partículas coloidales esterilizadas, que tienen la propiedad de atraer iones a la superficie del suelo, regula el pH, es rico en fosfato, la composición de la composta depende fundamentalmente del contenido de basura fresca.

Aserrín

El aserrín es un sustrato muy abundante y barato en México. Su capacidad de retención de agua así como su espacio poroso se pueden hacer variar de acuerdo al tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con viruta.

Resh (1992), menciona que el aserrín fue adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de viruta, suele ser más adecuado, a causa de que la humedad se difunde lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso.

Dado que el aserrín es un sustrato orgánico rico en carbono y pobre en nitrógeno se debe considerar que cuando se le irriga con la solución nutritiva, se presenta frecuentemente un proceso de descomposición parcial de esta por bacterias que utilizan principalmente el nitrógeno de la solución para su crecimiento y reproducción, fijándolo temporalmente, lo que puede dar lugar a una deficiencia de este elemento en las plantas cultivadas en el aserrín. Por ello se considera conveniente realizar un composteo de este sustrato previo a su uso como medio de cultivo.

Perlita

Resh (1992), indica que la perlita es un material silíceo que se calienta a 760°C, proceso que nos da un material estéril. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, sin amortiguamiento químico; no tiene capacidad de intercambio iónico y no tiene nutrimentos minerales- es más útil para incrementar la aireación de la mezcla, ya que tiene un estructura muy rígida. Da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme éstas se parten con el uso.

MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Los residuos de cosecha utilizados como sustratos orgánicos para la producción de plántulas, tienden a estar contaminados con microorganismos

patógenos, elevando la posibilidad de aparición de enfermedades; para obtener los mejores resultados, se hace necesario aplicar una esterilización para minimizar los riesgos de daños ocasionados por patógenos. Los tratamientos más frecuentes de esterilización son: la solarización, por vapor y la utilización de compuestos químicos.

Solarización

Al utilizar el calor del sol, se procede de la siguiente manera: se coloca el sustrato en un lugar, de preferencia que no posea permeabilidad, luego se riega observando que quede bien mojado, después se pone una capa de plástico negro encima del sustrato sellando los bordes para evitar el escape del calor. Se instalan unos arcos de bambú sobre los cuales se ubica una segunda capa de plástico a la cual también se le sellan los bordes; posteriormente se expone la cajonera al sol durante 25 días y luego de este tiempo se quita todo el plástico, se rastrilla el sustrato, se esperan 24 horas y se realiza la siembra.

Tratamiento de calor

Aunque comúnmente se ha usado el término “esterilización” del suelo, un término más correcto es “pasteurización”, ya que los procesos de calentamiento recomendados no matan a todos los organismos.

Hartmann (1995), menciona que el calor húmedo es ventajoso, ya que se puede inyectar directamente al suelo de depósito cubierto en bancos con tubos perforados colocados de 15 a 20 cm debajo de la superficie. Al calentar el suelo, que debe estar húmedo pero no mojado, la recomendación es usar una temperatura de 60°C durante 30 minutos, debido a que mata a organismos patógenos, pero deja muchos organismos que impiden el crecimiento explosivo de patógenos si ocurre una recontaminación.

Fumigación con sustancias químicas

La fumigación química mata organismos en las mezclas de propagación sin alterar sus características físicas y químicas, al grado que ocurre similar a los tratamientos con calor.

Bromuro de Metilo

Elimina la mayoría de nemátodos, insectos, semillas de malas hierbas y algunos hongos, pero no tienen ningún efecto contra *Verticillium*. Se inyectan a razón de 0.45 a 1.82 kg por 9.3 m², aplicándolo a través de una capa que se coloca sobre el medio a ser tratado, y que a su vez está cubierta por plástico, de esta forma, deberá mantenerse al menos durante dos días. Los sistemas de inyección que se utilizan son bombas de alta presión, de las que salen tubos que dispersan bajo la cubierta de plástico, el gas a lo largo de toda la bancada. La

penetración de este gas es muy buena, extendiéndose normalmente a una profundidad de 30 a 35 cm.

Vapan

Hartmann (1995), menciona que el VAPAN (dihidrato n- metiltiocarbamato sódico), es un fumigante del suelo, soluble en agua, que extermina malezas, semillas de malezas en germinación, la mayoría de los hongos del suelo y en condiciones apropiadas, nemátodos. Sufre una descomposición rápida y produce un gas muy penetrante. El VAPAN se aplica esparciéndole en la superficie del suelo, mediante los sistemas de riego o con equipo estándar de inyección. Después de la aplicación, se sella con agua adicional o con un rodillo, el sustrato puede utilizarse tres semanas después de la aplicación, aunque el producto tiene una toxicidad relativamente baja para los humanos, se debe evitar el inhalar los vapores o que la solución salpique la piel.

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LAS PLÁNTULAS

Es evidente que se ha ido incrementando la importancia del examen detallado de las plántulas para distinguir las que potencialmente pueden producir plantas normales bajo condiciones favorables en campo (plántulas normales) de aquellas otras que no tienen valor para siembra (plántulas anormales). Basándose en observaciones de plantas individuales y en ensayos comparativos,

se ha determinado la importancia de los defectos de las plántulas. Se han detallado los defectos en las Reglas del International Seed Testing Association (ISTA), con el fin de reducir al mínimo la interpretación individual, obtener la mayor uniformidad en la evaluación de plántulas y conseguir resultados de germinación más significativos (INSPV, 1978).

Mediante este sistema de evaluación se han agrupado en dos grandes grupos las plántulas: plántulas normales y plántulas anormales.

Plántula Normal

Plántula normal es aquella que presenta capacidad para continuar su desarrollo en planta normal cuando se le cultiva en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura e iluminación.

Se ha demostrado que no sólo las plántulas intactas, en las cuales las partes esenciales están sanas, completas y bien equilibradas, son capaces de producir una planta normal bajo condiciones favorables, sino que ciertos ligeros defectos no impiden que una plántula se desarrolle en planta normal.

Por tanto, se clasifican como normales tres categorías de plántulas:

- Plántulas intactas. Presentan una combinación específica de las estructuras esenciales.

- Plántulas con ligeros defectos. Presentan ligeros defectos en sus estructuras esenciales, se clasifican como normales siempre que presenten un desarrollo normal y equilibrado comparándolas con las plántulas intactas.
- Plántulas con infección secundaria. Se clasifican como normales siempre que sus estructuras esenciales sean por lo demás normales.

Plántula Anormal

Plántula anormal es aquella que no presenta capacidad para desarrollarse en una planta normal cuando crece en el suelo bajo condiciones favorables, debido a que tiene una o más de las estructuras esenciales irreparablemente defectuosas. Se pueden distinguir tres grandes grupos de plántulas anormales:

- Plántulas dañadas. Son aquellas que carecen de alguna de las estructuras esenciales o que están tan seriamente dañadas que impiden un desarrollo equilibrado.
- Plántulas deformes o desequilibradas. Son aquellas con un desarrollo débil o desequilibrado debido a alteraciones internas de carácter fisiológico-bioquímico.
- Plántulas podridas y/o enfermas. Plántulas con alguna de las estructuras esenciales de tal forma enferma o podrida, como consecuencia de una infección primaria, que impide el normal desarrollo.

GENERALIDADES DEL USO DE SUSTRATOS

En una investigación en la que se utilizó girasol *Helianthus annuus* L. Var. Sunbright, evaluando tres diferentes sustratos: suelo de bosque 100%, suelo natural 50% + perlita 50% y suelo natural 100%, bajo condiciones de invernadero. Se encontró que para las variables diámetro de tallo, longitud de tallo, precocidad y vaciado de cama, el sustrato lo afecta significativamente, por lo que hay diferencias. Además que para las variables: número de hojas, largo y ancho de la hoja, no se encontró diferencia significativa. Por lo que de acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda utilizar en lo posible suelo orgánico (Rangel, 1993).

Investigación realizada con violeta africana *Saintpaulia ionantha* W., en la que se utilizó 26 mezclas de medios de crecimiento. Se encontró que para los diferentes parámetro evaluados, el mejor resultó se el que está compuesto por hoja de encino 50% + vermiculita 50%. Mientras que para las variables de velocidad de crecimiento, diámetro de planta, longitud de pecíolo y peso fresco, el mejor fue hoja de encino 50% + vermiculita 50% y en donde se utilizó hoja de encino al 100%; se obtuvo buenos resultados para el número de hojas y diámetro de pecíolo. Agrega además, que para mayor crecimiento en menor tiempo posible recomienda utilizar hoja de encino 50% + vermiculita 50% (García, 1990).

Al evaluarse la composta de basuras urbanas sobre la germinación de maíz, trigo, triticale, cebada, sorgo y frijol. Se encontró que la composta afectó negativamente la germinación de sorgo, trigo y cebada, mientras que para el frijol y maíz presentaron la mejor respuesta a la germinación y vigor al comparar todas las especies. La diferencia entre los tratamientos indica que las diferentes concentraciones de composta afectaron la germinación, por un posible efecto perjudicial ocasionado por la adición de dosis elevadas de composta (*Briz, 1991*).

Ibarra (1997), realizó una investigación sobre el efecto de tres sustratos orgánicos en la producción de plántulas de tomate obteniendo los siguientes resultados: en la capacidad de germinación los mayores porcentajes se obtuvieron en los sustratos de composta de cáscara de cacao más suelo y deyecciones de lombriz de pulpa de café. En lo que respecta a la altura de plántula se observó un mejor comportamiento en el sustrato de composta de cáscara de cacao más suelo y en lo que respecta a biomasa se obtuvo la mayor acumulación en el sustrato de deyecciones de lombriz de pulpa de café. Se hace notar con estos resultados que existe variación dependiendo los sustratos utilizados en la investigación.

Montes (1997), en una investigación realizada con tres sustratos en la producción de plántulas de tabaco obtuvo que en el sustrato compuesto por celulosa se tuvieron plantas de mayor altura pero con menor desarrollo de la raíz y una lenta germinación. En cambio con el sustrato de guiche se presentaron plantas de menor tamaño que en la celulosa, pero con una rápida germinación; y el suelo obtuvo plántulas mucho más pequeñas que los otros dos sustratos.

En un trabajo donde se utilizaron compostas de paja de trigo, bagazo de caña, celulosa, residuos de cocina, lirio acuático y como testigo peat-moss, se encontró que el tratamiento en el que se presentó mejor respuesta para la generación de plántulas de brócoli fue el de la composta de bagazo de caña, que superó a los demás tratamientos en las características evaluadas (*Villa, 1999*).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en un invernadero de alta tecnología que se encuentra en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' latitud Norte y 101° 00' longitud Este y con una altura media sobre el nivel del mar de 1743 metros.

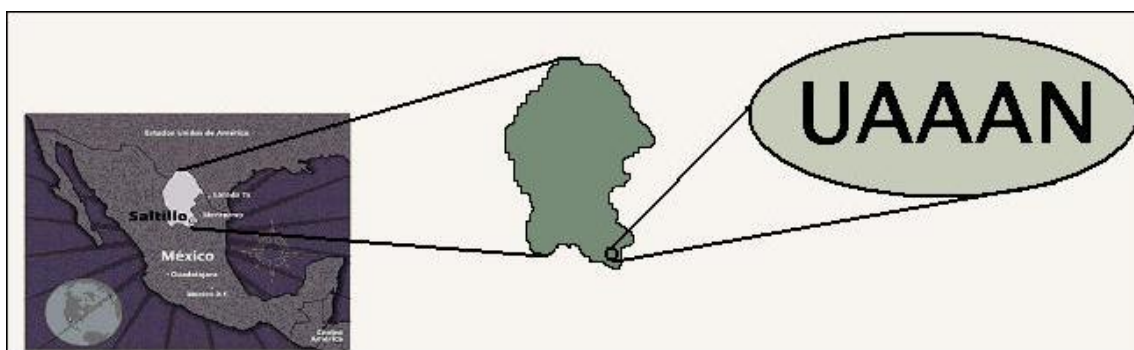


Figura 5.1 Mapa de Localización del Sitio Experimental.

CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO

El invernadero donde se llevo a cabo el presente trabajo de investigación consta de las siguientes características: es un invernadero tipo túnel; la cubierta que tiene es una lámina de canal mediano de acrílico laminado plástico reforzado con fibra de vidrio de un espesor de 1 mm del tipo 112, luminosidad de 80 a 85 %, cuando esta nueva, actualmente permite el paso solamente del 50 % de la luz.

SUSTRATOS UTILIZADOS

Los materiales utilizados fueron 4, de los cuales tres fueron orgánicos: Peat-moss, composta de restos de cosecha y aserrín, y uno fue mineral: perlita.

Cuadro 5.1. Materiales utilizados como sustratos.

MATERIAL	CÓDIGO
Peat Moss	PM
Composta	CO
Aserrín	AS
Perlita	PT

MATERIAL BIOLÓGICO

La especie vegetal que se escogió para realizar la evaluación fue el chile pimiento morrón tipo Bell.

La variedad utilizada fue la California Wonder 300, que es una planta que se caracteriza por ser fuerte productora, tolerante al mosaico del tabaco, su período vegetativo, de siembra a cosecha, es de 73 a 75 días, la forma del fruto es cuadrado con una carnosidad media y con 4 cascós.

CHAROLAS GERMINADORAS

Para la siembra y producción de plántulas se utilizaron 6 charolas de unicel de 200 receptáculos.

PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Se acondicionaron los sustratos, moliendo y tamizando con tamiz de 2 mm aquellos sustratos en los que fueron necesarias estas labores.

ESTERILIZACIÓN

Se realizó por medio de la solarización, solo se hizo esta práctica a la composta. Se colocó la composta con una cubierta plástica por 3 días al sol directo para la eliminación de algunos fitopatógenos y semillas de malezas que pudieran estar presentes.

TRATAMIENTOS

Las mezclas que se utilizaron se muestran en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Sustratos y mezclas de los materiales utilizados.

Tratamiento	Sustratos	Relación
T ₁	PM	
T ₂	CO	
T ₃	AS	
T ₄	PM + PT	3:1
T ₅	CO + PT	1:2
T ₆	AS + PT	1:1

La razón de las relaciones con la perlita es por la diferencia de densidades existentes entre uno y otro material. Dicha relación se hizo con respecto al volumen y no al peso.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental a utilizar es un modelo completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

El modelo estadístico a utilizar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 6$ Tratamientos

$j = 1, 2, \dots, 4$ Repeticiones

μ = Es la media

τ_i = Es el efecto en el i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Es el error en el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas que se evaluaron en el presente trabajo fueron:

Densidad Real, Densidad Aparente y Mojabilidad.

Densidad Real

Se pesa un matraz aforado de 100 ml limpio y seco (P_m) y se añade una cantidad de sustrato (secado a 105°C durante 24 horas), pesándose de nuevo (P_s). La cantidad de sustrato a añadir equivale aproximadamente a un tercio del volumen del matraz, de forma que no entorpezca las labores posteriores.

Se añade agua destilada hasta aproximadamente la mitad del volumen del matraz, arrastrando hacia el interior las partículas de sustrato que hayan quedado adheridas a las paredes. Tras dejar reposar durante 24 horas se expulsa el aire, hirviendo suavemente el contenido del matraz durante unos minutos, agitándolo suavemente para evitar la pérdida de sustrato por formación de espuma.

A continuación se enfría en baño termostático a 20°C y se enrasa con agua destilada y enfriada a 20°C. Se seca el exterior del matraz con un paño y se pesa (P_{sa}), tras lo cual se vacía y limpia el matraz, llenándose hasta la mitad de su volumen con agua destilada. Se pone en baño termostático a 20°C, y se enrasa con agua destilada a 20°C. Una vez termostatizado el contenido del matraz, se saca del baño, se seca el exterior del matraz y se pesa (P_s). El valor de la densidad real del sustrato (d_r) se obtiene aplicando la fórmula:

$$d_r = \frac{d_a (P_s - P_m)}{(P_s - P_m) - (P_{sa} - P_a)}$$

siendo d_a la densidad del agua a 20°C.

Densidad Aparente

El equipo de medida consta de un cilindro calibrado de un litro de capacidad, y de un collar de extensión y un embudo, que se adaptan a la parte superior del cilindro. Se pesa el cilindro en una balanza y se instalan el collar y el embudo. Se coloca un tamiz de 19 mm sobre el equipo, a unos 5 mm por encima del embudo.

Se pasa la muestra a través del tamiz, llenando el equipo superior del collar, se quitan el tamiz y el embudo, y se aplica en la parte superior de la muestra un peso de 650 g durante 3 minutos. Pasado este tiempo, se quitan el peso y el collar, con ayuda de un cuchillo o espátula, se elimina el sustrato en exceso, hasta que se nivela con el borde superior del cilindro, asegurándose de que no se produce compactación. Se pesa el cilindro lleno. La densidad aparente compactada d_a (g/l) se calcula a través de la expresión:

$$d_a = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

donde M_1 y M_0 son los pesos en gramos del cilindro lleno y vacío, respectivamente, y V el volumen del cilindro en litros.

Mojabilidad

Se expresa como el tiempo (en minutos) necesario para que se absorban 10 ml de agua destilada, a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40°C. El nivel óptimo es igual o inferior a 5 minutos

Propiedades Químicas

Los análisis químicos realizados en la investigación fueron: determinación de pH, Conductividad Eléctrica y Salinidad. A continuación se describen los procesos de cada una de estas determinaciones.

Determinación de pH

Se saturan 100 g del sustrato con agua destilada en un recipiente, posteriormente se cubre el recipiente y se deja reposar por 24 horas. Al término de las 24 horas se extrae la solución del sustrato mediante una bomba de vacío. El extracto obtenido es analizado por medio de un potenciómetro que proporciona la lectura del pH.

Determinación de Conductividad Eléctrica y Salinidad

Se pesan 100 g del sustrato, se pasa a un vaso de plástico, se satura con agua destilada mezclando muy bien el sustrato y el agua, posteriormente se cubre el recipiente y se deja reposar por 24 horas. Al término de las 24 horas la pasta se pasa a un embudo Buchner, que tiene un papel filtro al fondo para la filtración sin turbidez. El embudo se monta a un matraz Kitazato y éste se conecta a la bomba de vacío y se deja hasta que se acumule aproximadamente 30 ml del extracto. El extracto se lee en el conductivímetro.

Con el dato obtenido en el conductivímetro se recurre a la tabla de índices de salinidad para conocer a que valor pertenece la lectura hecha.

Materia Orgánica y Cenizas

Se colocan en crisoles las muestras previamente secas a la estufa a 105°C durante 25 horas. Se introduce en un horno de mufla, que se calienta progresivamente de la temperatura ambiente hasta un valor próximo a los 500°C. Después de mantener la muestra a esta temperatura durante un tiempo mínimo de cuatro horas, se introduce en un desecador y, una vez enfriado a temperatura ambiente, se pesa (T+C). Los porcentajes de Materia Orgánica y Cenizas, referidos a Materia Seca, se calculan a partir de las expresiones:

$$\text{M. O.} = \frac{(T+MS) - (T+C)}{(T+MS) - T} \times 100$$

$$\text{Cenizas} = \frac{(T + C) - T}{(T+MS) - T} \times 100$$

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS

Cuadro 5.3. Características de los materiales evaluados.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Densidad Real (gr/cc)	1.16	1.59	1.04	1.36	1.45	1.68
Densidad Aparente (gr/cc)	0.20	0.37	0.12	0.15	0.25	0.14
Retención de Agua (%)	83.62	75.38	78.27	81.25	60.34	77.60
Porosidad (%)	16.02	9.60	25.94	6.60	10.74	24.71
Mojabilidad (10ml/min)	8.25	3.51	2.75	6.30	0.91	7.23
pH	6.8	7.9	5.8	6.7	8.0	5.8
C. E. (µs)	650	9000	336	650	9000	285
Salinidad	No Salino	Altamente Salino	No Salino	No Salino	Altamente Salino	No Salino

Continuación Cuadro 5.3

Materia Orgánica (%)	63.94	74.92	96.96	61.41	71.01	45.46
Cenizas (%)	26.02	25.06	3.03	38.56	28.87	54.53

RENDIMIENTO

Para este factor se consideró la Biomasa total como rendimiento biológico y la evaluación de plántula como un determinante de calidad.

Biomasa

Se tomaron 10 plántulas al azar por unidad experimental se colocaron en bolsas de papel con orificios y se pesaron. Posteriormente se metieron a la estufa para secarlas. Se sacaron de la estufa a los dos días y se pesó nuevamente obteniendo así el valor de la biomasa.

Evaluación de las Plántulas

Para la evaluación de la calidad de las plántulas se tomaron 5 plantas por unidad experimental y se compararon con los parámetros establecidos por la Asociación Internacional de Evaluación de Semillas (ISTA).

Parámetros Establecidos por el ISTA

Plántulas Normales:

- Sistema radicular: **raíz primaria** intacta o con sólo ligeros defectos:
 - Decoloración o manchas necróticas.
 - Grietas o hendiduras cicatrizadas.
 - Grietas o hendiduras de poca profundidad.
- Sistema apical: **hipocotilo** intacto o sólo con ligeros defectos:
 - Decoloración o manchas necróticas.
 - Grietas, hendiduras o roturas cicatrizadas.
 - Grietas o hendiduras de poca profundidad.
 - Ligeros retorcimientos.
- cotiledones** intactos o sólo con ligeros defectos:
 - Menos del 50 % del tejido sin funcionar.
 - Tres cotiledones
- Yema terminal** intacta.
- Plántula: **todas las estructuras esenciales** han de ser normales.

Plántulas Anormales

- Sistema radicular: **raíz primaria** defectuosa:

- Raquítica o mazuda.
- Atrofiada o ausente.
- Rota.
- Hendida desde el extremo.
- Con constricción
- Ahilada.
- Atrapada en la cubierta seminal.
- Con geotropismo negativo.
- Vítrea.
- Podrida como resultado de una infección primaria.

Nota: Si la raíz primaria es defectuosa, la plántula se clasifica como anormal, aunque se hayan desarrollado raíces secundarias.

➤ Sistema apical: **hipocotilo** defectuoso:

- Corto y grueso o ausente.
- Agrietado profundamente o roto.
- Con hendidura longitudinal.
- Con constricción.
- Curvado o formando un lazo.
- Estrechamente retorcido o formando una espiral.
- Ahilado.
- Vítreo.
- Podrido como resultado de una infección primaria.

cotiledones defectuosos en una extensión tal que más del 50 % del tejido original no funciona normalmente:

- Hinchado y ondulados o con deformaciones de cualquier otro tipo.
- Dañados.
- Separado o ausentes.
- Decolorados o necróticos.
- Vítreos.
- Podridos como resultado de una infección primaria.

Yema terminal o tejidos próximos defectuosos.

➤ Plántula: **una o varias de las estructuras esenciales** anormales o con el desarrollo normal impedido a causa de que la plántula, considerada como un todo, es defectuosa:

- Deformada.
- Fracturada.
- Cotiledones emergiendo antes que la raíz.
- Dos fusionadas.
- Amarilla o blanca.
- Ahilada.
- Vítrea.
- Podrida como resultado de una infección primaria.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

El análisis de crecimiento de las plántulas de pimiento morrón se realizó considerando los aspectos de altura de plántula, longitud de raíz, número de hojas por planta y diámetro de tallo

EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

Altura de Plántula.

Esta variable se midió al final del experimento tomándose 10 plántulas de cada unidad experimental. Se midió la altura de la plántula con una regla graduada, tomando la altura desde la base del tallo hasta la parte superior del hipocotilo.

Número de Hojas por Planta.

Para esta variable se tomaron 10 plántulas por unidad experimental al azar y se contaron todas la hojas presente en éstas, contabilizando también como hojas los cotiledones.

Diámetro de Tallo.

Se escogieron 10 plantas por unidad experimental, con un vernier se midió el diámetro del tallo en la parte media de éste.

Longitud de Raíz.

Para esta variable se tomaron 10 plantas al azar por unidad experimental y se midió la longitud de la raíz principal, desde el cuello de la raíz hasta el extremo inferior de ésta.

CRONOLOGÍA DEL EXPERIMENTO

Siembra.

La siembra se hizo manual, depositando dos semillas por cavidad.

Riegos.

Los riegos se realizaron con regaderas cada tres días.

Plagas.

Se presentó una plaga de mosquita, aunque no hubo efecto negativo alguno sobre el desarrollo de las plántulas.

CROQUIS DE LA DISPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Charola 1		Charola 2	
T ₁ R ₃	T ₆ R ₁	T ₄ R ₃	T ₂ R ₄
T ₅ R ₄	T ₃ R ₁	T ₁ R ₄	T ₃ R ₂

Charola 3		Charola 4	
T ₆ R ₄	T ₂ R ₂	T ₂ R ₃	T ₃ R ₃
T ₅ R ₃	T ₄ R ₄	T ₄ R ₂	T ₁ R ₂

Charola 5		Charola 6	
T ₅ R ₁	T ₆ R ₂	T ₄ R ₁	T ₅ R ₂
T ₁ R ₁	T ₂ R ₁	T ₆ R ₃	T ₃ R ₄

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas en el presente trabajo de investigación, se presentan a continuación.

Cuadro 6.1 Cuadro general de los ANVA y su significancia de las diferentes variables evaluadas.

F.V.	V A R I A B L E S				
	Altura de Planta	Número de Hojas	Diámetro de Tallo	Longitud de Raíz	Biomasa
C.M. _{Tratamientos}	4.728638**	17.438404**	0.234511**	6.342139**	0.07570**
C.M. _{Error}	0.278326	0.16515	0.017773	0.057688	0.004117
C.V.	19.03 %	8.05 %	10.38 %	6.76 %	33.61 %

ALTURA DE PLÁNTULAS

En el cuadro 6.2 se presentan los valores medios de la altura de plántula. El análisis de varianza, a 0.01, muestra que para el factor en estudio existe alta significancia (A.1), lo que nos indica que existe diferencia entre los sustratos. Por esto, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey a 0.01 para establecer las diferencias de los tratamientos donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T₅ (composta + perlita), con un promedio de altura de 4.1425 cm .

Cuadro 6.2 Prueba de Tukey para la altura media en centímetros de plantas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Altura Media (cm)
5	4.1425 A
1	3.6900 AB
4	2.9125 B
2	2.9050 B
6	1.6850 C
3	1.3650 C

Diferencia mínima significativa 0.4525 cm.

En la figura 6.1 muestra gráficamente como la mayor altura de planta se obtuvo en los sustratos con mayor Conductividad Eléctrica (T_1 , T_2 , T_4 y T_5), mientras que en los sustratos de menor Conductividad Eléctrica la altura fue menor (T_3 y T_6). Esto es debido al contenido de nutrientes disponibles para el desarrollo de las plantas.

Como se puede observar no se alcanzó la altura óptima para transplante, esto fue debido a las condiciones ambientales en las que se desarrollaron las plántulas, puesto que el experimento se realizó en el período invernal y la temperatura en el invernadero no favoreció al crecimiento de éstas, además la cubierta del invernadero actualmente no permite el paso de suficiente luz para que se pueda realizar correctamente el proceso fotosintético, ya que solo permite el paso del 50 % de luz.

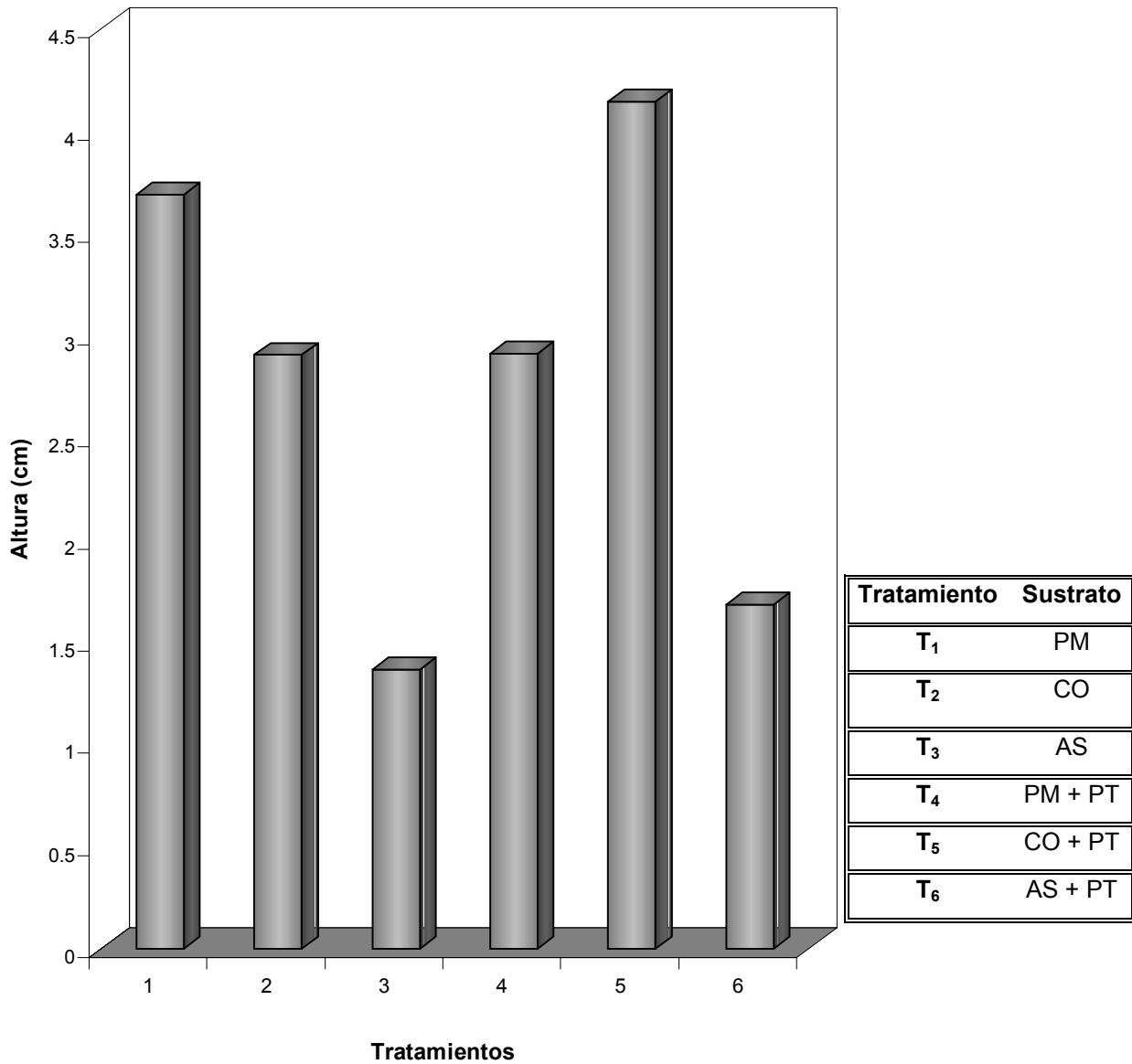


Figura 6.1 Representación de la altura media, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300, para los diferentes tratamientos.

NÚMERO DE HOJAS

En el cuadro 6.3 se presentan los valores medios del número de hojas por plántula. El análisis de varianza muestra que para el factor en estudio existe alta significancia (A.2), lo que nos indica que existe diferencia entre los tratamientos. Por esto, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey a 0.01 para establecer las diferencias de los tratamientos donde se muestra que el mejor tratamiento fue el T₅, con un promedio 6.85 hojas por plántula. Esta variación, al igual que en la altura, es afectada por el contenido de nutrientes en el sustrato, ya que al existir mayor disponibilidad de estos existe mayor desarrollo en las plántulas.

Cuadro 6.3 Prueba de Tukey para el número de hojas promedio de plantas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Número de Hojas (por planta)
5	6.85 A
1	6.80 AB
2	6.35 AB
4	6.05 B
3	2.45 C
6	2.425 C

Diferencia mínima significativa 0.05 hojas.

En la figura 6.2 se puede observar el comportamiento de los diferentes sustratos sobre la altura de plantas.

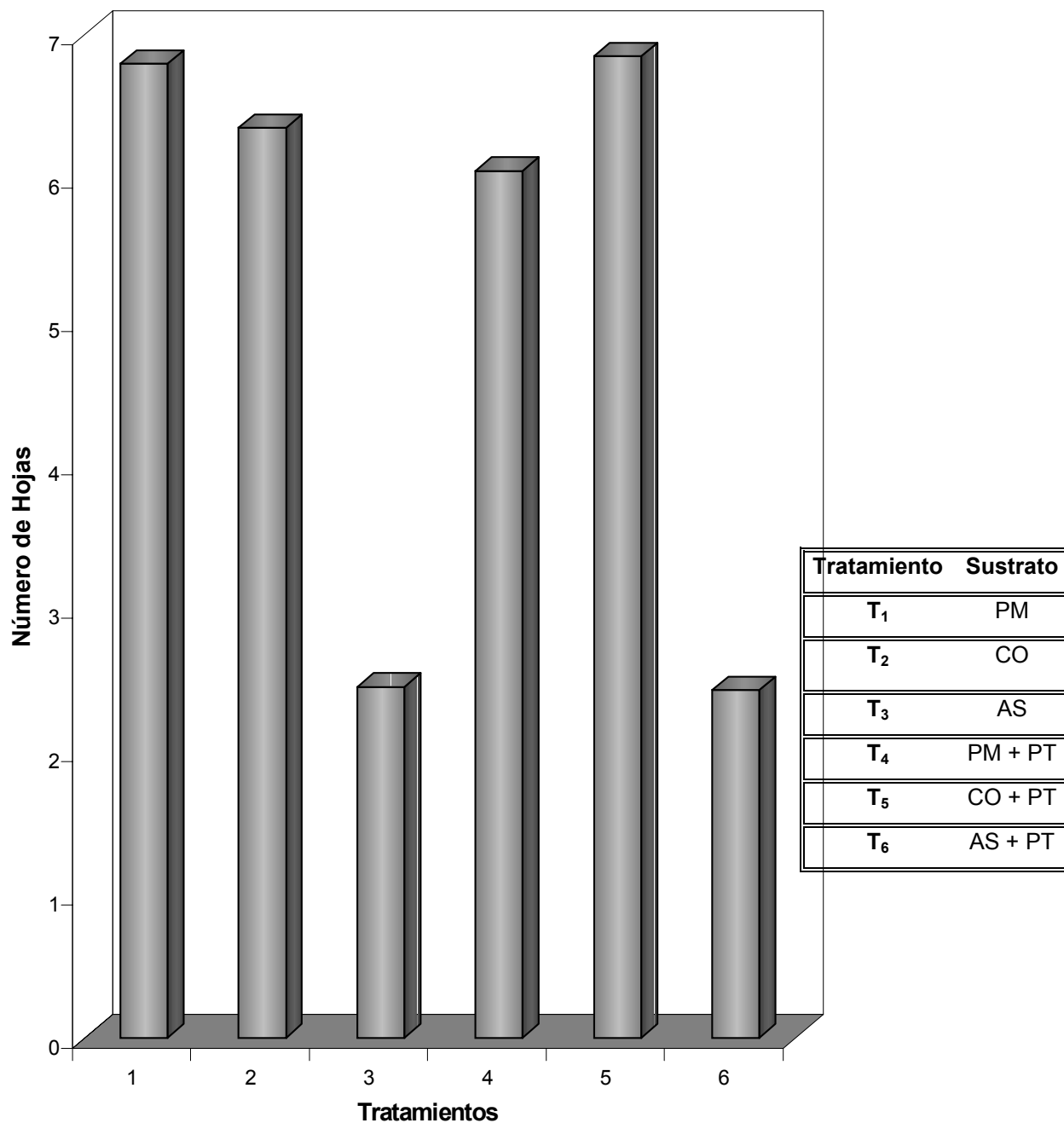


Figura 6.2 Representación del número de hojas promedio, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300, para los diferentes tratamientos.

DIÁMETRO DE TALLO

Al realizar el análisis de varianza muestra para este parámetro en estudio existe alta significancia (A.3), lo que nos indica que existe diferencia entre los tratamientos. Se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey a 0.01, representada en el cuadro 6.3 donde se muestra que los mejores tratamientos fueron el T₅ y el T₁, con un diámetro medio de 1.575 mm y 1.55 mm, respectivamente.

Cuadro 6.4 Prueba de Tukey para el diámetro medio en milímetros de plantas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Diámetro Medio (mm)
5	1.5750 A
1	1.5500 A
4	1.2375 BC
2	1.3000 B
6	1.0500 CD
3	1.0000 D

En la figura 6.3 se puede observar el comportamiento de los diferentes sustratos sobre el diámetro de tallos.

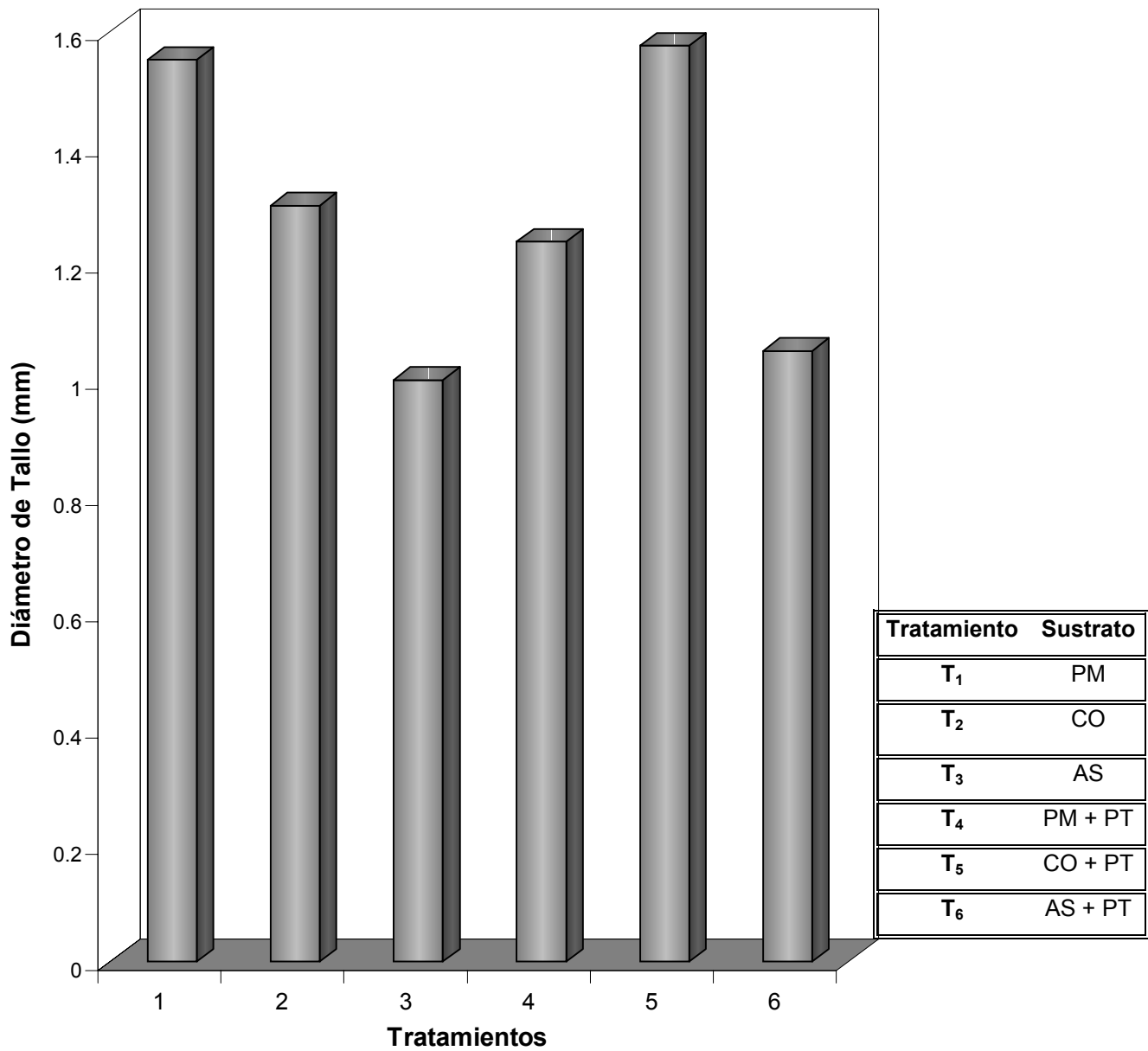


Figura 6.3 Representación del diámetro de tallo medio, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300, para los diferentes tratamientos.

LONGITUD DE RAÍZ

Para detectar diferencias estadísticas en esta variable se efectuó el análisis de varianza respectivo (A.4), resultando que existe alta significancia . debido a esto se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey a 0.01, donde se pudo observar que en los tratamientos T₅ y T₄ tuvieron una mejor respuesta en lo que respecta a este parámetro con una longitud promedio de 4.8375 cm y 4.5525 cm, respectivamente. Lo anterior puede observarse en el cuadro 6.5.

En la figura 6.4 se muestra gráficamente como la longitud de raíz fue mayor en los tratamientos 4, 5 y 6, que son las mezclas de los materiales orgánicos y perlita, esto es debido al tamaño de poros presentes en los sustratos, ya que la perlita es un material que generalmente es utilizado para incrementar la aireación de los sustratos y ayuda con esto a un mejor desarrollo del sistema radical.

Cuadro 6.5 Prueba de Tukey para la longitud de raíz media en centímetros de plantas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Longitud Media (cm)
5	4.8375 A
4	4.5525 A
1	3.7325 B
6	3.5150 BC
2	3.2550 C
3	1.2725 D

En la figura 6.4 se puede observar el comportamiento de los diferentes sustratos sobre la longitud de raíz.

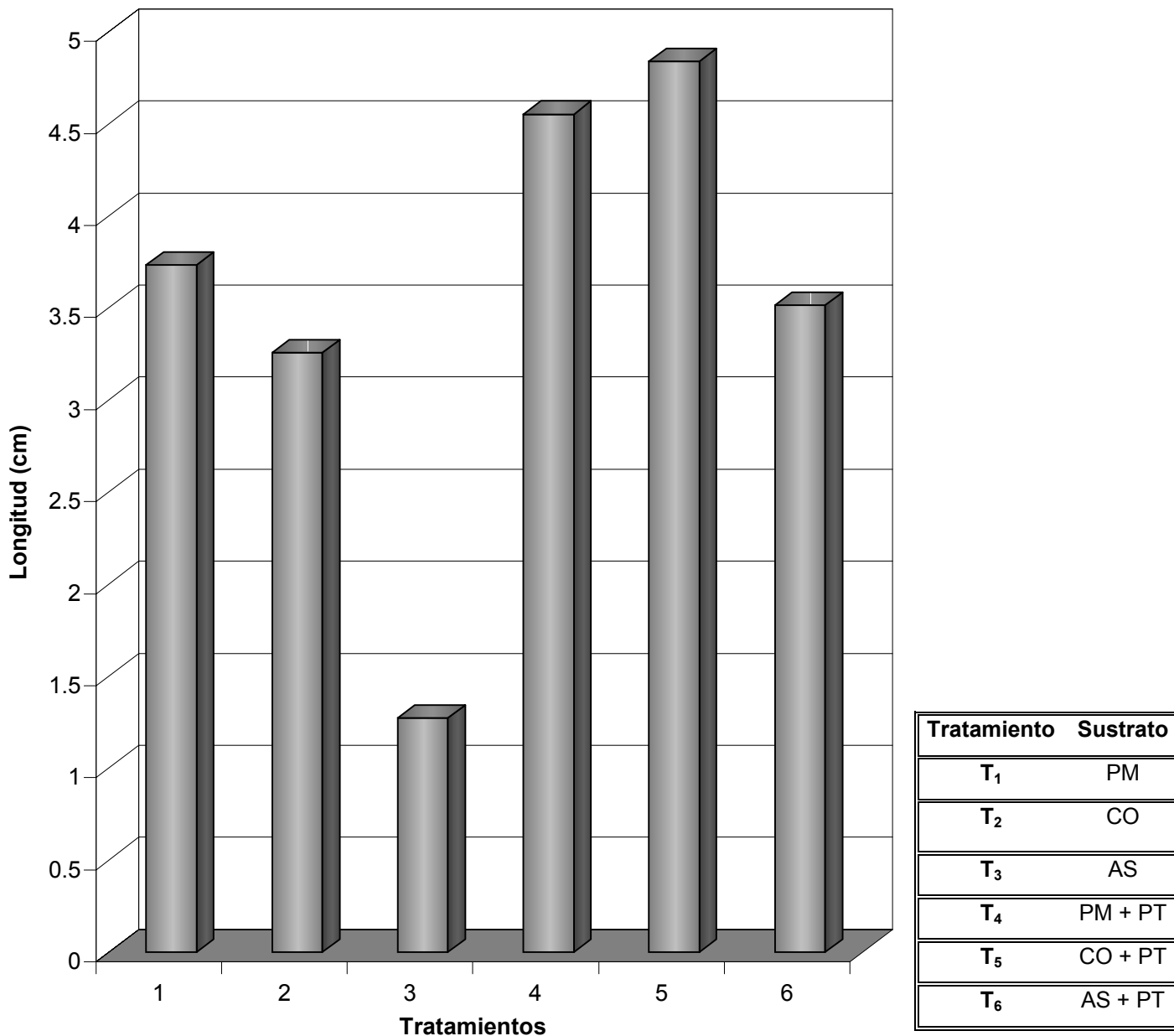


Figura 6.4 Representación de la longitud de raíz media, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300, para los diferentes tratamientos.

BIOMASA

Para detectar diferencias estadísticas en la acumulación de biomasa se efectuó el análisis de varianza respectivo (A.5), resultando que existe alta significancia. Debido a esto se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey a 0.01, donde se pudo observar que en el tratamiento T₅ se obtuvo el valor más alto en este parámetro con 0.3525 g. En el cuadro 6.6 se puede observar lo anterior.

Al igual que en las demás variables evaluadas la mayor acumulación de biomasa se dio en los sustratos con mayor Conductividad Eléctrica, ya que al haber mayor contenido de nutrientes en los sustratos favorece a un mayor y mejor crecimiento y desarrollo de las plantas y sus estructuras.

Cuadro 6.6 Prueba de Tukey para biomasa en gramos de plantas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Biomasa (gr)
1	0.3125 AB
2	0.1850 C
3	0.0400 D
4	0.2325 BC
5	0.3525 A
6	0.0200 D

En la figura 6.5 se puede observar el comportamiento de los diferentes sustratos sobre el valor de biomasa.

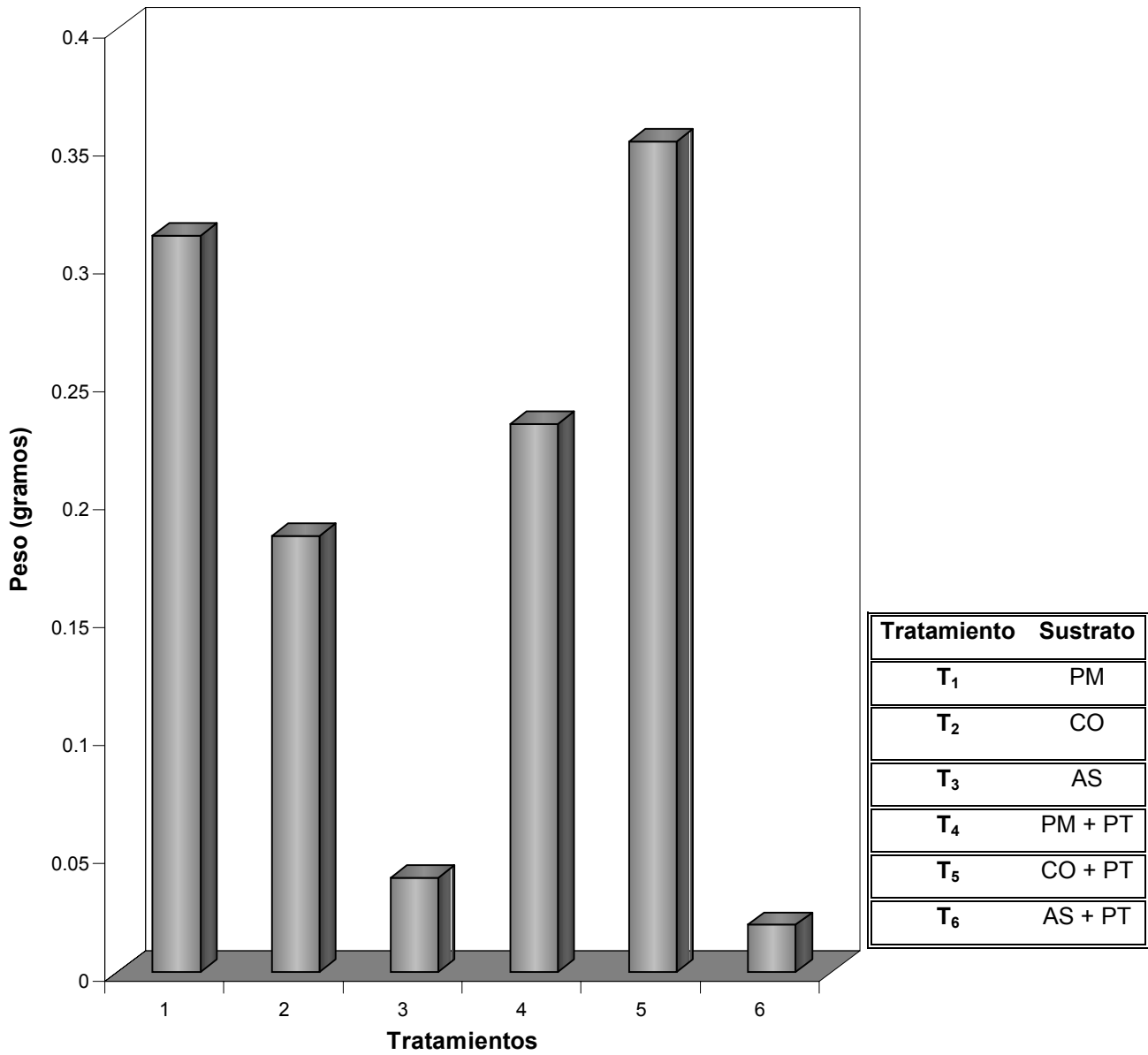


Figura 6.5 Representación de la biomasa, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300, para los diferentes tratamientos.

EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS

Para realizar la evaluación de las plántulas se analizaron comparándolas con los parámetros establecidos por el ISTA. Se asignó el número 1 a las plántulas normales intactas, 2 a las plántulas normales y 3 a las plántulas anormales. En el cuadro 6.7 se puede observar que los tratamientos T₁, T₂, T₄ y T₅ presentaron plantas normales intactas y con ligeros defectos, mientras los tratamientos T₃ y T₆ presentaron plantas anormales. Los defectos que se encontraron en las plantas normales fueron la decoloración ligera de la raíz y ligeros retorcimientos en el hipocotilo.

Cuadro 6.7 Evaluación de calidad de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	14	0	6	7	0
2	10	6	0	14	13	0
3	0	0	20	0	0	20

En el cuadro 6.8 se presentan en por ciento la cantidad de plántulas normales intactas, normales con ligeros defectos y anormales que se observaron en la evaluación.

Cuadro 6.8 Evaluación de calidad de plántulas de pimiento morrón, en por ciento, variedad California Wonder 300 por tratamiento.

Tratamiento	Plántula Intacta	Plántula con Ligeros Defectos	Plántula Anormal
T₁	50 %	50 %	0 %
T₂	70 %	30 %	0 %
T₃	0 %	0 %	100 %
T₄	30 %	70 %	0 %
T₅	35 %	65 %	0 %
T₆	0 %	0 %	100 %

En base a este cuadro se observa que el T₂ fue el que tuvo un mayor número de plántulas intactas con un 70 %, siguiéndole el T₁ con un 50 %. Mostrando con esto que es el mejor tratamiento en lo que respecta a la calidad de plántulas. Y los tratamientos T₃ y T₆ presentaron plantas anormales. Cabe mencionar que los defectos que se presentaron en las plántulas normales fueron el ligero retorcimiento del hipocotilo y la ligera decoloración de la raíz. En lo que respecta a las plantas anormales los defectos que se presentaron fue un pobre desarrollo tanto del hipocotilo como de la raíz en el T₃ y pobre desarrollo del hipocotilo en el T₆.

VII. CONCLUSIONES

Considerando los objetivos e hipótesis formulados y relacionándolos con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que:

- En lo que respecta al crecimiento de las plántulas en los diferentes tratamientos se observó que hubo diferencia significativa en todas las variables evaluadas siendo el tratamiento 5 (composta + perlita) el que obtuvo mejor respuesta a éstas. Con estos resultados se acepta la hipótesis 1, “es posible que exista diferencia en la producción de plántulas por la influencia de los diferentes sustratos”, puesto que sí hubo diferencia en la producción de las plántulas por la influencia de los diferentes sustratos.

- En la presente investigación el mejor sustrato para la producción de plántulas de pimiento morrón en base a las variables de crecimiento evaluadas fue el Tratamiento 5 (composta + perlita), mientras a lo referente a la calidad de plántula, no se presentó diferencia significativa los resultados obtenidos, sin embargo, cabe mencionar que en tratamientos 1, 2, 4 y 5 (peat-moss, composta, peat-moss + perlita y composta + perlita, respectivamente), todas las plántulas evaluadas fueron normales y en los tratamientos 3 y 6 (aserrín y aserrín + perlita, respectivamente) fueron anormales.

- Con relación a la hipótesis 2, “los sustratos orgánicos puros se consideran mejores que las combinaciones de sustratos orgánicos y perlita en la producción de plántulas de pimiento morrón”, se rechaza puesto que el mejor sustrato en el crecimiento de las plántulas fue el tratamiento 5 que esta compuesto por composta más perlita y en la calidad de plántula no hubo diferencia alguna.

- En lo que respecta a la hipótesis 3, “La combinación de materiales orgánicos e inorgánicos en la preparación de sustratos ofrecen mejores condiciones para la producción de plántulas de pimiento morrón que cuando se utiliza un solo material”, es aceptada, puesto que el mejor tratamiento fue el sustrato conformado por composta más perlita.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Ansorena, M. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España.
- Bolaños, H., 1998. Introducción a la olericultura. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Briz, I. J. M. 1991. Evaluación del efecto de la composta de basuras urbanas sobre características específicas del suelo y planta. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Cabrera, P., Zapata, M., Bañón, S. 1992. El pimiento para pimentón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- García, F. A., 1990. Evaluación de 26 medios de crecimiento en violeta africana Saintpaulia ionantha W. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- García, M. A., 1996. Algunos sustratos orgánicos, sus mezclas, caracterización y procedencia. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

- Ibarra P. L. A. 1997. Efecto de tres sustratos orgánicos y una solución nutritiva en la producción de plántulas de tomate. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Montes A. A. 1997. Producción de plántulas de tabaco *Nicotiana tabacum* L. Cur. (Barley) sobre tres diferentes sustratos y el control del Damping Off, bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Pérez, G. M., Márquez, S. F., Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Rangel, L. E. A. 1993. Evaluación del girasol *Helianthus annuus* L. “Sunbright”, como flor cortada, bajo diferentes sustratos y niveles de nutrición. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Resh, A. M. 1987. Cultivos hidropónicos. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Tognoni, F., Alpi, A. 1999. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Villa S. M. A. 1999. Producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var *itálica*) en cinco sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

IX. APÉNDICES

A.1 Análisis de Varianza para la variable altura de planta, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	23.643188	4.728638	16.9896	0.000
Error	16	4.4532170	0.278326		
Total	21	28.096405			

C.V. = 19.03 %

A.2 Análisis de Varianza para el número de hojas, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	87.192017	17.438404	105.5915	0.000
Error	16	2.642395	0.165150		
Total	21	89.834412			

C.V. 8.05 %

A.3 Análisis de Varianza para el diámetro de tallo, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	1.172554	0.234511	13.1945	0.000
Error	16	0.284374	0.017773		
Total	21	1.456928			

C.V. = 10.38 %

A.4 Análisis de Varianza para la longitud de raíz, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	31.710693	6.342139	109.9391	0.000
Error	16	0.9230040	0.057688		
Total	21	32.633698			

C.V. = 6.76 %

A.5 Análisis de Varianza para biomasa, de plántulas de pimiento morrón, variedad California Wonder 300.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.378507	0.075701	18.3866	0.000
Error	16	0.065875	0.004117		
Total	21	0.444382			

C.V. 33.61%

A.6 Evaluación de Plántulas

T₁	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria intacta, hipocotilo con ligero retorcimiento, cotiledones intactos
R ₁	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos

T₁	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria intacta, hipocotilo con ligero retorcimiento, cotiledones intactos
R ₂	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo con ligero retorcimiento y cotiledones intactos
R ₃	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria intacta, hipocotilo con ligero retorcimiento, cotiledones intactos

T₁	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₃	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T₂	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T₂	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₂	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

R ₂	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
----------------	---	-------------------------	--

T ₂	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₂	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T ₃	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	1	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₁	2	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₁	3	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₁	4	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₁	5	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₂	1	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₂	2	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto
R ₂	3	Plántula Anormal	Raíz primaria raquíptica, hipocotilo corto

R ₂	4	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₂	5	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
T₃	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₃	1	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₃	2	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₃	3	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₃	4	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₃	5	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₄	1	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₄	2	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₄	3	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₄	4	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto
R ₄	5	Plántula Anormal	Raíz primaria raquílica, hipocotilo corto

T₄	Plántula	Clasificación	Detalles
----------------------	-----------------	----------------------	-----------------

R ₁	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T₄	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos

R ₃	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos

T₄	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₃	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	1	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos

R ₄	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
----------------	---	--------------------------------------	--

T₅	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
T₅	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₁	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	2	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	3	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₂	4	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

R ₂	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T₅	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₃	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
T₅	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₃	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₃	5	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	1	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	2	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	3	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos

R ₄	4	Plántula Normal con ligeros defectos	Raíz primaria con ligera decoloración, hipocotilo y cotiledones intactos
R ₄	5	Plántula Normal Intacta	Raíz primaria, hipocotilo y cotiledones intactos

T₆	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₁	1	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₁	2	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₁	3	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₁	4	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₁	5	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₂	1	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₂	2	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₂	3	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
T₆	Plántula	Clasificación	Detalles
R ₂	4	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₂	5	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₃	1	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₃	2	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₃	3	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₃	4	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₃	5	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₄	1	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₄	2	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₄	3	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₄	4	Plántula Anormal	Hipocotilo corto
R ₄	5	Plántula Anormal	Hipocotilo corto