

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



“Comportamiento del tomate con distintos sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas”

Por:

MARIBEL LILIANA CRUZ SEGUNDO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

COMPORTAMIENTO DEL TOMATE CON DISTINTOS SUSTRATOS Y
FRECUENCIAS DE RIEGO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

POR:

MARIBEL LILIANA CRUZ SEGUNDO

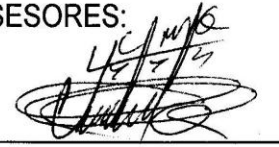
TESIS

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

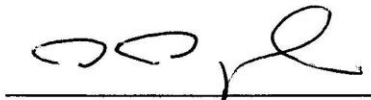
REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESORES:



Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Asesor principal



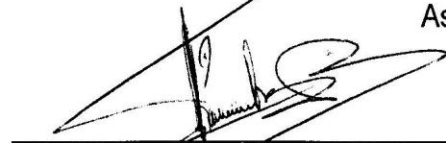
MC. César Márquez Quiroz
Asesor externo



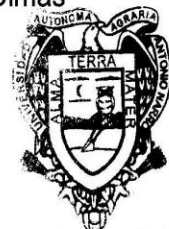
Dr. José Luis Reyes Carrillo
Asesor



Dra. Norma Rodríguez Dimas
Asesor



Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

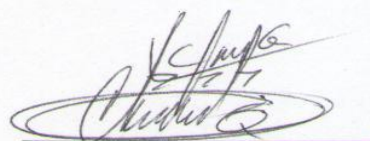
TESIS DE LA C. MARIBEL LILIANA CRUZ SEGUNDO QUE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

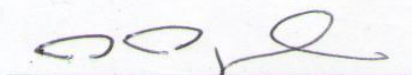
APROBADA POR:



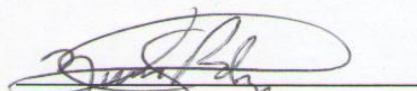
Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Presidente



MC. César Márquez Quiroz
Vocal



Dr. José Luis Reyes Carrillo
Vocal



Dra. Norma Rodríguez Dimas
Vocal suplente



Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme dar un paso más en la vida, por darme la oportunidad de terminar una carrera profesional y por qué les dio a mis padres salud para que me pudieran ayudar a concluir la licenciatura. Por ser mi fortaleza y por poner los medios necesarios para que mis anhelos se hayan cumplido.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas para que pudiera continuar con mis estudios y darme los elementos necesarios para formarme como profesionalista.

Al Dr. Alejandro Moreno Roséndez, por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto de investigación, por el apoyo, comprensión, sus consejos y sobre todo la paciencia brindada durante mi carrera y elaboración de la tesis.

Al M.C. Cesar Márquez Gyroz por su ayuda incondicional en la elaboración de mi tesis y por su gran amistad que me brindó durante el tiempo compartido.

A la Ing. Sayani Teresa López Espinosa por el apoyo brindado para la elaboración del presente trabajo.

A mis maestros por todo su apoyo y muestras de afecto durante mi estancia en la Universidad, siempre inspirándome a ser mejor.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

FILIBERTO CRUZ HERNANDEZ

BERNARDA SEGUNDO CRUZ.

Gracias por darme la vida, creer y confiar en mí; por ser mi fortaleza y guía a seguir, por su apoyo incondicional. Es un honor tenerlos como padres porque me enseñaron que en la vida no hay que rendirse, que todo es posible cuando se pone empeño y dedicación, por qué a pesar de las dificultades siempre han estado a mi lado y en momentos de tristeza siempre me levantan el ánimo.

A mis hermanos:

Héctor y María Concepción por su apoyo, cariño, comprensión y sobre todo por ser verdaderos amigos.

*A mi niño **Gerardo Camacho Herrera**, gracias por permitirme formar parte de tu vida, gracias por tu amor, gracias por ser como eres, gracias por ser el hombre con los mejores sentimientos que he conocido, gracias por presionarme para terminar este trabajo, gracias por ayudarme con las correcciones, gracias por aguantarme pero sobre todo gracias por enseñarme a creer en mí y motivarme hacer las cosas de la mejor manera. Gracias por todo mi príncipe, te amo.*

*A mis amigos, sin excluir a ninguno pero en especial a **Gerardo Camacho Herrera, Moisés Emanuel Marmolejo Salinas, Micaela Marcelino Regue, Anelio Eli Morales Morales y Rosa Leticia Arévalo** por su apoyo y amistad incondicional que me brindaron y por demostrarme que la verdadera amistad si existe.*

RESUMEN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en invernadero con diferentes frecuencias de riego y sustrato en mezclas de arena con compost y vermicompost permite que las plantas se desarrollen con mayor vigor incrementando su rendimiento y calidad. Durante el ciclo agrícola Primavera-Verano del 2011 se estableció un experimento de tomate en invernadero bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. A la parcela grande correspondieron frecuencias de riego y a las parcelas chicas los sustratos. En base a lo anterior, se evaluaron tres frecuencias de riego: riego diario (RCD), riego cada dos días (RC2D) y riego cada tres días (RC3D); y tres sustratos de crecimiento: mezcla de arena con compost (A:C), mezcla de arena con vermicompost (A:VC) y mezcla de arena con compost y vermicompost (A:C:VC), a todos los sustratos se les aplicó té de vermicompost (TVC) al 2.5 % de concentración con el objetivo de determinar el comportamiento de el Híbrido de tomate indeterminado, tipo saladette cv "El Cid". La siembra se efectuó el 6 de marzo del 2011 en charolas germinadoras de 200 celdillas con sustrato de Peat Moss, el trasplante se realizó el 9 de abril del mismo año en macetas de 18 L de capacidad. Las macetas se acomodaron a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, para obtener una densidad de 4 plantas•m⁻². Las variables evaluadas fueron: rendimiento, números de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, contenido de sólidos solubles, altura de planta y rendimiento. En el presente trabajo se obtuvieron los mayores rendimientos para el RCD con 11.22 kg•m⁻², el S3 registro 10.80 kg•m⁻² y el mejor tratamiento fue el T3 (RCDxS3) con 12.7

kg•m⁻², el peso promedio de fruto osciló de 76.89 a 84.72 g, también el mayor número de frutos se obtuvo en el T3 (RCDxS3).

Palabras clave: agricultura orgánica, *Eisenia fetida*, frecuencias de riego, Invernadero, *Solanum lycopersicon*, sustrato,

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS.....	v
RESUMEN	vi
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
1.2.1 Hipótesis Específicas.....	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Origen y Domesticación del Tomate	5
2.2 Situación e Importancia del Cultivo de Tomate	5
2.3 Características y Usos del Tomate	6
2.4 La Agricultura Protegida	8
2.5 Producción de Hortalizas Bajo Invernadero en México	9
2.5.1 Generalidades de los invernaderos.....	10
2.5.2 Clasificación de Invernaderos	12
2.5.3 Uso de los Invernaderos	13
2.5.4 Ventajas y Desventajas en el Uso de los Invernaderos.....	14
2.6 Sustratos Crecimiento Para el Desarrollo Vegetal en Invernadero	15
2.6.1 Propiedades de los Sustratos	16
2.6.2 Clasificación de los Sustratos	18
2.6.3 Sustratos Orgánicos	19
2.6.4 Sustratos Inorgánicos.....	21
2.7 La Agricultura Orgánica.....	22
2.7.1 Ventajas y Desventajas de la Agricultura Orgánica.....	24
2.8 Abonos Organicos.....	25
2.8.1 Procesos de Compostaje y vermicompostaje.....	26
2.8.2 Compost.....	28
2.8.2.1 Propiedades Físicas y Químicas del Compost.....	29
2.8.3 Vermicompost o Humus de Lombriz.....	30
2.8.3.1 Propiedades Físicas y Químicas del Vermicompost.....	32
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Localización Geográfica de la Comarca Lagunera	35
3.2. Localización del Experimento.....	35
3.3 Tipo y Condiciones del Invernadero	35
3.5 Material de Compost, Vermicompost y Té de Vermicompost	36
3.6 Material Vegetal.....	37
3.7 Siembra y Trasplante.....	37
3.8 Sistema de Riego	38
3.9 Manejo del cultivo	39
3.10 Variables Evaluadas	41
3.11 Diseño experimental	42
3.12 Análisis Estadístico	43
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Altura de Planta	44
4.2 Rendimiento	46
4.3 Peso del Fruto.....	48
4.4 Diámetro Polar	51
4.5 Diámetro Ecuatorial.....	52

4.6 Espesor del Pericarpio.....	53
4.7 Número de Frutos.....	54
4.8 Número de Lóculos	55
4.9 Contenido de Sólidos Solubles	56
V.- CONCLUSIONES	58
VI.- LITERATURA CITADA.....	59
VII APENDICE	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Contexto de la producción de tomate en México.....	6
Cuadro 2	Características químicas del Vermicompost.....	32
Cuadro 3	Análisis químico del, Compost, Vermicompost y Té de Vermicompost utilizado para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas	36
Cuadro 4.	Períodos y volúmenes de agua aplicados al tomate por maceta en las tres frecuencias de riego	38
Cuadro 5	Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en el tomate tipo saladette cv. EL Cid, para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas	50

ÍNDICE DE APÉNDICE

- Cuadro A1** Ecuaciones de regresión en relación con la altura de planta para para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. ... 71
- Cuadro A2** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, en la variable altura de planta para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas..... 71
- Cuadro A3** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, en la variable rendimiento para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas..... 71
- Cuadro A4** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable peso del fruto por planta para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. ... 72
- Cuadro A5** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable diámetro polar para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas..... 72
- Cuadro A6** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable diámetro ecuatorial para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. 72
- Cuadro A7** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable espesor de pulpa para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. 73
- Cuadro A8** Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable solidos solubles para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas..... 73

Cuadro A9 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable número de frutos para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. 73

Cuadro A10 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable número lóculos para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas..... 74

I.- INTRODUCCIÓN

Con base en la superficie dedicada al cultivo y al valor de la producción el tomate (*Solanum Lycopersicon* L.) (Peralta *et al.*, 2005), es la segunda hortaliza más cultivada en el mundo y la más intensamente explotada en sistemas de producción en invernadero. México es considerado centro de domesticación de esta especie, la cual ocupa el segundo lugar de importancia en este país, con una producción de 2.22 millones de toneladas obtenida en el año 2007, con un rendimiento promedio de $41.67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2011). Para la región noreste de México este cultivo representa una alternativa agrícola bajo condiciones de agricultura protegida debido a la poca disponibilidad de agua y a las temperaturas extremas que se alcanzan en verano, de hasta $48 \text{ }^\circ\text{C}$ (SAGARPA, 2011).

Uno de los puntos principales de partida en la agricultura sustentable, lo constituye la explotación racional e intensiva de genotipos o variedades eficientes en su morfología y fisiología, así como su tolerancia a factores adversos, de manera que demanden la menor cantidad de insumos (Howard, 1998; Robles, 1999). Lo anterior se basa en que la obtención de plántulas sanas y vigorosas deben de provenir de un almácigo donde encuentren condiciones fisicoquímicas y elementos nutritivos necesarios para su desarrollo, que garanticen la obtención de una producción significativa, por lo que la generación de tecnología para su elaboración es un requerimiento necesario (Guzmán, 2003).

Adicionalmente, para el desarrollo y crecimiento de las plantas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que éste contribuye en la calidad de la planta. En la actualidad existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, la época de siembra, el sistema de producción, el costo, la disponibilidad y las características propias del sustrato (Howard, 1998; Cabrera, 1999; Morel *et al.*, 2000).

La caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos o medios de crecimiento es crucial para el efectivo desarrollo de las plantas y en gran medida condiciona el potencial productivo de éstas, pues constituyen el medio en el que se desarrolla las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de éstas (Ünver *et al.*, 1998; Brückner, 1997; Lemaire, 1997; Hartmann y Kester 2002). Desde el punto de vista ambiental, los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato, en cultivos sin suelo son: porosidad lo que permite suministrar aire a la raíz a través de los espacios vacíos, baja o nula capacidad de intercambio catiónico, retención de humedad, que no contenga sales o sustancias tóxicas, durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000).

La elección de un sustrato es trascendental, entre otras cosas permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo para el crecimiento de sus raíces (Ocampo *et al.*, 2005), por ello, surge la necesidad de disponer de materiales existentes a nivel local o regional, estables y de probada calidad e inocuidad, también se pueden utilizar subproductos de la agroindustria local como el aserrín, arena y lombricompost (Fernández *et al.*, 2006).

Por otro lado, el conocimiento del requerimiento de agua del cultivo es indispensable para realizar una planificación correcta del riego y mejorar así la eficiencia de los sistemas de riego, proveyendo al cultivo de la cantidad de agua suficiente para satisfacer plenamente sus necesidades (Fernández, 2000). Con el riego se debe aplicar la cantidad justa de agua para cubrir las necesidades del cultivo. Un exceso de agua supone el lavado de fertilizantes y el desperdicio de este líquido, mientras que una aportación de agua inferior a las necesidades del cultivo puede llegar a provocar déficit hídrico y por lo tanto una reducción de la producción (Antón, 2002). Por lo antes citado, el presente trabajo tuvo como objetivo:

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de diversas mezclas de arena, vermicompost y compost, utilizados como medios de crecimiento, y tres frecuencias de riego, sobre la producción de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) bajo condiciones de invernadero.

1.2 Hipótesis

El crecimiento, producción y calidad del fruto de tomate no se modificará por el uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones de invernadero.

1.2.1 Hipótesis Específicas

1.- No habrá variación en los parámetros morfológicos de las plantas de tomate cultivados en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.

2.- No se incrementará la producción de tomate cultivado en diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones de invernadero.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y Domesticación del Tomate

El centro de origen del jitomate es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En la actualidad todavía las diversas especies de este género crecen silvestres en algunas zonas. El centro de domesticación del tomate ha sido controvertido; sin embargo, hay evidencias de que fue domesticado en México, por que existe mayor similitud entre los cultivares europeos y las especies silvestres de México, que con los de la zona andina (Rodríguez *et al.*, 2001). A la llegada de los españoles a América el tomate estaba integrado a la cultura azteca. Además, el nombre moderno tiene origen en la lengua náhuatl de México donde se le llama “tomatl” (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008).

2.2 Situación e Importancia del Cultivo de Tomate

El tomate a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia después de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se cultiva en diversos países, no obstante más del 50 % de la producción se concentra en cinco países: China (26.7 %), Estados Unidos de Norteamérica (9.1 %), Turquía (7.9 %), India (6.8 %) y Egipto (6.0 %) (Velasco y Nieto, 2005). En México el uso intensivo de

tecnologías de producción permiten que este cultivo se lleve a cabo en los dos ciclos agrícolas: en otoño – invierno, en el cual se produce un 55 %, y el resto en primavera – verano. La producción de tomate en 2008, fue de 2.3 millones de toneladas, lo que representó un decremento del 4.1 % respecto al año anterior, y una reducción del 11.2 % con respecto a 2006. En el periodo comprendido entre 2002 y 2008, la producción registró una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) del 2.6 %. Para el 2009 se estimó un crecimiento del 2.7 % en la producción, ubicándola en 2.4 millones de toneladas (SIACON, 2008).

Cuadro 1 Contexto de la producción de tomate en México

Año	Producción ¹	Superficie ²		Rendimiento ³		Precio PMR ⁴	Valor Producción ⁵
		sembrada (ha)	Cosechada (ha)	riego	temporal		
2005	2,246,246.34	74,354.56	71,085.65	33.18	21.16	4,413.71	9,914,273.07
2006	2,093,431.59	66,509.39	63,953.73	34.70	20.43	5,882.41	12,314,414.21
2007	2,425,402.77	66,635.31	64,779.41	40.11	22.02	4,752.89	11,527,680.04
2008	2,263,201.65	57,248.08	55,942.18	44.13	21.80	5,611.35	12,699,612.99
2009	2,043,814.55	53,572.62	52,383.63	42.77	22.04	5,985.58	12,233,405.88
2010	2,277,791.43	54,510.59	52,088.59	48.06	21.59	6,535.77	14,887,127.57
2011	1,872,481.69	53,780.18	53,780.18	46.95	22.82	5,520.40	10,336,853.07

¹Toneladas, ²Hectáreas, ³Toneladas por hectárea, ⁴Precio Medio Rural en pesos por Tonelada, ⁵Valor de la producción en miles de pesos (SIAP - SAGARPA, 2011).

2.3 Características y Usos del Tomate

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Solanum lycopersicon* L. (Peralta *et al.*, 2005), o *Lycopersicon lycopersicon* L. potencialmente perene y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual con distinta duración según la variedad (Rodríguez *et al.*, 2001).

El tomate puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar en estas últimas a una altura de 10 m en un año, el tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro de éste puede ser de 2 a 4 cm. En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante poda para una buena conformación de la planta (Castellanos y Vargas, 2004).

Las hojas son compuestas, con siete-nueve folíolos. Las inflorescencias son pequeñas generalmente compuestas por cuatro-doce flores (Rodríguez *et al.*, 1997). El fruto es una baya carnosa de forma globular, ovoide o aplastada cuyo peso oscila, según las diferentes variedades, entre 5 y 500 g (Berenguer, 2003).

Cuando la planta crece directamente de la semilla, sin sufrir trasplante, desarrolla una raíz principal vigorosa que le permite adaptarse a ecosistemas semidesérticos, pero cuando la raíz principal es dañada a consecuencia del trasplante, se desarrolla un sistema de raíces laterales adventicias. En la actualidad se han ido seleccionando numerosas variedades de tomate que se distinguen por su forma, las dimensiones del fruto, o por el color de éstos, por el desarrollo de la planta, la resistencia a las enfermedades y por la duración del ciclo vegetativo (Nuez, 1997).

2.4 La Agricultura Protegida

Se define a la agricultura protegida como una serie de técnicas o sistemas de producción que permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar un crecimiento vegetal óptimo y, con ello, un alto rendimiento, o bien obtener cosechas en fechas en las que, con los cultivos conducidos tradicionalmente, éstos no pueden obtenerse si no es con un alto riesgo (Cánovas, 2005).

Juárez (2011) menciona que la agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el ambiente impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años, pero sobre todo en las últimas décadas, se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas generando condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región.

En México, la agricultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo, en el año 2008 se reportaron alrededor de 10 000 ha, y en 2010 se reportaron 11 760 ha de superficie con estructuras protegidas, (SAGARPA, 2011). El sistema de producción bajo condiciones protegidas es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento en área, productividad, rentabilidad y calidad del producto.

El rendimiento promedio obtenido en el cultivo de tomate con este sistema oscila entre 5 y 8 kg·planta⁻¹, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que está entre 1.5 y 2 kg·planta⁻¹. Este sistema de producción se caracteriza por la protección mediante estructuras levantadas, y cobertura de plástico, con el fin de evitar el impacto de la lluvia sobre el cultivo y su manejo tecnológico es igual al que tradicionalmente se le hace al cultivo de tomate a libre exposición (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.5 Producción de Hortalizas Bajo Invernadero en México

Existen antecedentes tanto en algunas zonas de México como en otros países de que el uso de plásticos en la agricultura, aplicados en distintas formas (invernaderos, micro túneles, entre otros) proporciona condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos, obteniéndose mayores rendimientos y en épocas no programadas, entre otras ventajas (Rodríguez e Ibarra, 1991).

La industria mexicana de la agricultura protegida se ha venido desarrollando en condiciones muy heterogéneas, con altos costos de adquisición e instalación por metro cuadrado; así como, instalaciones muy económicas, con los denominados bioespacios o casas sombras. En la actualidad se estima que la superficie de invernaderos sembrada es, aproximadamente, de 3600 hectáreas (Bustamante, 2003).

En México los principales estados productores de hortalizas en invernadero son: Jalisco, Sinaloa, Baja California Sur, Baja California Norte, Colima y Sonora. Además, otros estados, que aunque en la actualidad

presentan una baja superficie, tienen una tasa de crecimiento muy importante, como ocurre en Chihuahua, Guanajuato, Estado de México, Veracruz y Zacatecas. El principal cultivo que se dedica a la producción en invernadero es el tomate, en sus diferentes tipos, con el 73 % de la superficie, seguido de pimiento y pepino con un 11 % cada uno de ellos (Muñoz, 2003).

Shany (2004) comenta que considerando la decisión de proteger el cultivo, la única justificación para el desarrollo bajo invernadero es cuando el beneficio económico obtenido es significativamente mayor, comparándolo con un cultivo a campo abierto. Así mismo señala que los factores que definen la necesidad de cultivar bajo cobertura son:

- Tipo de cultivo
- Mejoramiento de la calidad de fruto
- Necesidad de remplazar el suelo
- Incremento de los rendimientos

2.5.1 Generalidades de los invernaderos

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. De las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de éstas, permitiendo la obtención de mayores rendimientos.

Además, este sistema productivo es capaz de aportar cosechas fuera de la época normal en que aparecen en el mercado o se encuentran a campo abierto (Castellanos, 2007).

Para Bastida (2007), el invernadero representa la herramienta clave de la agricultura protegida y puntualiza dos aspectos importantes, el primero es la eficiencia e idoneidad para condicionar algunos de los principales elementos de clima dentro de los límites determinados de acuerdo con las exigencias fisiológicas del cultivo; y el segundo es la funcionalidad, definida como el conjunto de requisitos que permiten la mejor utilización del invernadero, desde el punto técnico como económico.

Adicionalmente, la finalidad de los invernaderos es proteger cultivos de los factores y elementos adversos a su desarrollo; como son temperaturas adversas, granizadas, vientos, lluvias torrenciales, cantidad y calidad de energía luminosa. Estos factores y elementos pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, equipamiento y manejo apropiado de cada invernadero, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar dentro de ellos (Juárez, 2011). Los invernaderos son un complemento fundamental en la producción agrícola, pues estas estructuras, cerradas y transparentes, permiten constituir un microclima artificial y así cultivar plantas fuera de estación en muy buenas condiciones, posibilitando continuidad en la producción y precios adecuados de los productos (Fonseca, 2006).

Por otra parte, con el empleo de los plásticos se puede implementar una transformación tecnológica más reciente en la agricultura, pues éstos permiten desarrollar cubiertas, mangueras o conductos, recipientes, dispositivos de riego y de tutorado, productos de manejo y de empaque; que posibilitan la manipulación de variables como temperatura, control de plagas y el avance en la ciencia de la nutrición y la sanidad, una verdadera revolución en el nivel de producción, que hacen de la actividad agrícola una actividad independiente de la estacionalidad típica de todas “las agriculturas” anteriores (Papaseit *et al.*, 1997).

2.5.2 Clasificación de Invernaderos

De Rijk (2008) y Bastida (2007), clasifican los invernaderos según su nivel tecnológico donde el nivel bajo es aquel 100 % dependiente del ambiente, uso de tecnologías simples similares utilizadas en cultivo a intemperie, nivel medio es semiclimatizado, riegos programados, suelo o hidroponía y el nivel alto de climatización automatizada (mayor independencia del clima externo), riegos y uso de sustratos. Como complemento.

Por otro lado, Bastida y Ramírez (2008) señalan que los invernaderos de media y alta tecnología presentan las siguientes características:

2) Tecnología media: son estructuras modulares o en batería que están semi-climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.

3) Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados y de precisión, inyecciones de CO₂, para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivo en sustratos.

2.5.3 Uso de los Invernaderos

Actualmente, el uso de invernaderos se justifica debido a al corriente mundial de calidad en la que está viviendo el hombre. Los mercados a nivel mundial son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias ente los distintos tipos de productos hortícolas que se presentan en los mercados con respecto a otros. El desarrollo de la agricultura bajo invernaderos es producto de las condiciones ambientales que prevalecen en diferentes países, básicamente del hemisferio norte, ya que su principal limitante para la producción es el clima. En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del resto del mundo (Pacheco-Abraham, s/f)

Por otra parte, Larenas y Barrios (2004) señalan que la diversificación productiva, tan necesaria en los tiempos actuales, indica la necesidad de mejorar los sistemas de producción de hortalizas y flores. Los beneficios de los invernaderos han masificado su uso en la agricultura porque permiten obtener producción limpia, trabajar en su interior durante los días lluviosos, desarrollar

cultivos que necesitan otras condiciones climáticas y evitar los daños de roedores, pájaros, lluvia o el viento.

El uso de invernaderos y túneles cubiertos con plástico para la producción forzada y semiforzada de hortalizas proporciona beneficios tales como incrementar la producción, obtener producción fuera de la cosecha, ahorrar agua, etc. Estas aplicaciones son útiles en la producción de plantas ornamentales, frutales y otras especies de importancia económica para el hombre (Rodríguez e Ibarra, 1991).

2.5.4 Ventajas y Desventajas en el Uso de los Invernaderos

Según Robledo (2002) los invernaderos presentan las siguientes ventajas:

- Cultivar fuera de época y conseguir mayor precocidad.
- Realizar cultivo en determinadas zonas climáticas y épocas estacionales en que no es posible hacerlo al aire libre.
- Disminuir el tiempo de los ciclos vegetativos de las plantas, permitiendo obtener mayor número de cosechas por año.
- Aumento de producción.
- Obtención de mejor calidad.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Ahorro de agua de riego.
- Menos riesgos catastróficos.
- Trabajar con más comodidad y seguridad.

- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.

Por otra parte, Abarca (2007) menciona que los invernaderos presentan las siguientes desventajas:

- Inversión inicial alta.
- Desconocimiento de las estructuras más apropiadas para cada región.
- Alto nivel de especialización y necesidades de capacitación del personal.
- Alto costo de producción.
- Condiciones óptimas para el rápido ataque de plagas y enfermedades.
- Alta dependencia de las condiciones del mercado.

2.6 Sustratos Crecimiento Para el Desarrollo Vegetal en Invernadero

El desarrollo de los sustratos hortícolas tiene su origen desde el uso de cultivos en contenedor. Desde que se introdujeron los cultivos en contenedor, se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto a los cultivos tradicionales, apareciendo los sustratos en sus distintas variantes para sustituir al suelo natural (Moreno, 2002).

Ansorena (1994) al respecto menciona que el término sustrato se aplica a todo material sólido que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezclado, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo. Los sustratos se usan en sistemas de cultivo sin suelo, es decir, aquellos en los que la planta desarrolla su sistema radical en un medio sólido y el cual está confinado a un espacio limitado y aislado del suelo. Abad *et al.* (2005) definen que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material

distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado es capaz de permitir el desarrollo y producción de la planta

El sustrato o medio de crecimiento, es el componente que tiene la función de proporcionar las condiciones para que las plantas se sostengan, absorban agua y nutrimentos, impidan el paso de la luz hacia el sistema radicular y permitan el intercambio de gases con las raíces (Baca y Lara, 2001). Este material es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico de sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua, por interacción con la fracción sólida los elementos esenciales necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire, 2005).

El sustrato adecuado al cultivo, es aquel capaz de retener un volumen suficiente de agua y aire, y nutrimentos en forma disponible para la planta; asimismo, debe ser bien drenado y permitir el rápido lavado del exceso de sales que se acumulen en el sustrato y que daña a las plantas (Avidan *et al.*, 2004).

2.6.1 Propiedades de los Sustratos

En el caso de los sustratos, la caracterización física viene a ser fundamental y la caracterización química viene a ser menos relevante, dado que los nutrimentos se suministran en la solución nutritiva (de Boodt *et al.*, 1974). Por otra parte, Burés (1998) señala que del conocimiento de las

propiedades físicas y químicas de los sustratos dependerá el manejo del riego y la fertilización, y por lo tanto el éxito del cultivo. Las propiedades que en mayor medida caracterizan a un buen sustrato, en cuanto a su aptitud para la germinación, el enraizamiento y el desarrollo de las plantas, son las siguientes (Raviv *et al.*, 1984, Abad *et al.*, 2004, López-Cuadrado y Masaguer, 2006):

1). Propiedades físicas

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Adecuada distribución del tamaño de las partículas para mantener las condiciones antes mencionadas.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad total.
- Estructura estable que impida la contracción del sustrato.

2). Propiedades Químicas

- Baja o suficiente capacidad de intercambio catiónico, en función a la fertilización aportada.
- Suficiente nivel de elementos nutritivos asimilables.
- Baja salinidad
- pH ligeramente ácido
- Mínima velocidad de descomposición.

3). Otras Propiedades

- Libres de semillas de malas hierbas, nematodos, hongos y otros patógenos

- Disponibilidad y bajo costo
- Fácil de manejar
- Resistencia a cambios físicos, químicos y ambientes externos.

2.6.2 Clasificación de los Sustratos

Atendiendo a los diferentes tipos de materiales utilizados como sustratos, éstos se pueden clasificar según su origen, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, proceso de manufacturación, etc. Sin embargo la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad, 1995; Burés, 1998; Noguera, 2000). La diferencia entre ambos tipos de materiales viene determinada por la capacidad de intercambio catiónico, una propiedad físico-química directamente relacionada con la capacidad de almacenamiento de los elementos nutritivos por parte del sustrato (Abad y Noguera, 2000).

El uso de sustratos en la agricultura es común en cultivos intensivos, especialmente en invernadero, teniendo como ventajas principales que permite el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la cosecha, incremento en calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena, 1994). En México hay una amplia variedad de materiales que se emplean como sustratos (polvo de coco, tezontle, perlita, pumacita, tepezil, compost, turba, corteza de pino, cascarilla de arroz, humus de lombriz entre otros); sin embargo, se le ha dado poca importancia a su caracterización la cual desempeña un papel clave en el manejo agronómico del cultivo (Vargas, 2008).

2.6.3 Sustratos Orgánicos

La alta producción y el elevado consumo de fertilizantes de origen sintético, en los sistemas de agricultura intensiva han favorecido la alternativa de usar abonos orgánicos, ya que con esto se elimina el riesgo de contaminación por uso irracional de productos químicos (Figueroa y Cueto, 2002). La característica principal de los sustratos orgánicos: es su alto contenido de materia orgánica, la cual contiene una serie de microorganismos benéficos a la planta, además de elementos nutritivos como: N, P K. Los sustratos orgánicos están libres de patógenos, son inodoros, de diferente material original, y se obtienen por procesos aerobios y anaerobios. (Melgarejo *et al.*, 1997). Entre los sustratos orgánicos destacan:

- La fibra de coco es el producto resultante del compostaje de la corteza de coco, constituye un excelente sustrato por su capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos (García, 2001).
- Turbas. Están formadas por restos de musgos y otras plantas superiores que se hallan en proceso de lenta carbonización, fuera del contacto con el oxígeno, a causa de un exceso de agua, por lo que conservan largo tiempo su estructura anatómica. Los residuos vegetales pueden depositarse en diferentes ecosistemas lo que daría lugar a la formación de dos tipos de turba: *Sphagnum* u *oligotróficas* y *herbáceas* o *eutróficas*. Las turbas *Sphagnum* son los componentes orgánicos más utilizados en la actualidad para

medios de cultivos que crecen en macetas, debido a sus excelentes propiedades físico-químicas. Sin embargo, y a pesar de que durante casi 30 años las turbas han sido los materiales más utilizados como sustratos, en los últimos tiempos han sido sustituidos por materiales inorgánicos debido a alteraciones microbiológicas e interacciones con la solución nutritiva, rápida descomposición, aireación reducida, entre otros efectos (Macías *et al.*, 2003). Terres *et al.* (1997) señalan que las reservas de turba son limitadas y no renovables, por lo que su uso indiscriminado puede originar un impacto ambiental de importancia. Además de las turbas existen otros sustratos orgánicos como el orujo -propio de los países mediterráneos, donde este material se encuentra en abundancia-, la paja de cereales o el serrín.

- La cascarilla de arroz es un sustrato utilizado para mezcla fundamentalmente con grava, es liviano, con baja capacidad de retención de humedad (Mora, 1999). Este material se ha utilizado principalmente, para aumentar el espacio poroso en los sustratos, pero este uso no ha tomado en consideración la contribución que este material puede hacer al carbono total de los sustratos, una vez que se somete a un proceso de composteo en mezcla con materiales ricos en nitrógeno como el estiércol (Genevini, 1997).

2.6.4 Sustratos Inorgánicos

Entre los sustratos de origen inorgánico están ante todo, los de origen mineral no metálico, como los derivados de las rocas, ya sean grava de río o triturada, arena, tezontle (Samperio-Ruiz, 2004).

- La arena es un material de naturaleza silícea y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original, posee una fracción granulométrica comprendida entre 2.0 y 0.02 mm. La arena deberá de estar exenta de limo y arcilla también de carbonato de cálcico. Desde el punto de vista hortícola, se prefiere la arena con tamaño de partícula de medio a grueso (0.6 – 2 mm) con una densidad superior a $1.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Su pH puede variar entre 4 y 8, con capacidad de intercambio catiónico nula o baja. La arena es el sustrato más utilizado, se estima que en el 60 % de la superficie total bajo condiciones protegidas e hidroponía se emplea este material (Muñoz, 2003).
- Perlita es un material silicio de origen volcánico y tiene la capacidad de absorber de 3 a 4 veces su peso en agua, carece de capacidad de tampón y de intercambio catiónico, no obstante es útil para incrementar aireación. Además tiene una estructura rígida y se comercializa en diferente granulometría la perlita con diámetros de partículas de 0 a 1.5 mm y una densidad de 80 a 90 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, es la que se utiliza en semillero y también puede ser empleada para tapar la semilla, por las características

mencionadas se utiliza este material como sustrato en la producción de las plántulas (Ortega *et al.*, 2010).

- La vermiculita es un material constituido químicamente por magnesio, aluminio, hierro y silicio. Cuando se somete a una temperatura de 1000 °C, su estructura se modifica, expandiéndose en capas parecidas a la espuma (Samperio-Ruiz, 2004).

2.7 La Agricultura Orgánica

Zamorano (2005) señala que la agricultura orgánica ha despertado gran interés, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. La reconversión progresiva hacia la agricultura orgánica, la investigación, las actividades de transformación, comercialización y consumo de productos también llamados biológicos ha registrado un comportamiento de gran dinamismo.

Durante los últimos años, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la demanda y el consumo de productos orgánicos, como ya se mencionó sobre todo en los países desarrollados, la explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación a la ingesta de productos alimenticios inocuos, sanos, de los cuales se conozca su origen y trayectoria real, así como la mayor conciencia por la conservación del ambiente, y algunas

posiciones de solidaridad con grupos sociales menos favorecidos en los países en vías de desarrollo (Zamorano, 2005).

Schlermeler (2004) menciona que va en aumento la producción orgánica en el mundo, al respecto Macilwain (2004) comenta que la agricultura orgánica ha revolucionado sin perder la esencia de su fundamento, la materia orgánica.

La FAO (2009) ha destacado que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales tiene un sobre precio del orden del 40 %, esta situación es similar a los sobreprecios, entre 30 y 40 %, que se manejan en México (López, 2004).

Para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado por empresas especializadas, en México se encuentran la Quality Assurance Internacional (QAI) y la Oregon Tilth Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente 100 y 25 dólar la hectárea, respectivamente; cabe señalar que la certificación es anual y contempla la revisión del aspecto administrativo como el de producción, incluyendo en algunos casos visitas sorpresa (Gómez *et al.*, 1999).

Según la FAO (2009) "La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agro ecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo". En términos generales se describe el impacto de carácter ambiental así como la preocupación del hombre sobre la calidad de alimentos que consume, como resultados de la actividad agrícola convencional, lo cual ha dado pie a la implementación de sistemas de producción agrícolas ambientalmente

amigables, cuya denominación genérica es agricultura orgánica (Moreno *et al.*, 2009).

Los requisitos para los alimentos producidos orgánicamente difieren de los relativos a otros productos agrícolas en el hecho de que los procedimientos de producción son parte intrínseca de la identificación y etiquetado de tales productos, así como de las declaraciones de propiedades atribuidas a los mismos (NOM-037-FITO1995).

2.7.1 Ventajas y Desventajas de la Agricultura Orgánica

Según la EDUSAT (2003) la agricultura orgánica establece un sistema productivo compatible, amigable y respetuoso con el ambiente.

1. Conserva el equilibrio de los recursos naturales.
2. Proporciona oportunidades comerciales emergentes.
3. Fomenta el debate público sobre el desarrollo sustentable, generando conciencia sobre problemas ambientales y sociales que merecen atención.

Adicionalmente, Márquez *et al.* (2008) indica que la agricultura orgánica ofrece las siguientes ventajas:

4. No se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos
5. Permite la obtención de alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional.

Por otro lado, Rodríguez-Dimas (2007) indica que la agricultura orgánica presenta las siguientes desventajas:

1. Debe transcurrir de tres a cinco años sin aplicación de agroquímicos, incluyendo fertilizantes para volatilización ó transformación de los residuos persistentes en el suelo lo cual provoca una disminución en el rendimiento.
2. Altos costos de producción
3. Dificultades con la comercialización
4. La insuficiencia capacitación e investigación

2.8 Abonos Organicos

En las últimas décadas, el uso de los abonos orgánicos ha cobrado cada vez más importancia entre los productores de hortalizas por diversas razones, entre éstas destacan: a) Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El empleo de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deterioradas por el uso excesivo de agroquímicos y por la sobre-explotación de los mismos; y b) desde el punto de vista económico, el uso de abonos y productos orgánicos ha sido impulsado por la agricultura orgánica. La agricultura orgánica representa un valor agregado a los productos que se obtienen, sus precios son mayores que los de la agricultura convencional, por lo que esta práctica resulta ser más atractiva para los productores agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

Por otra parte, en años recientes, la demanda de productos desarrollados orgánicamente se ha incrementado, debido a que los abonos orgánicos permiten, como medios de crecimiento, mejorar las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009).

Moreno *et al.*, (2011) mencionan que en la actualidad, se ha incrementado la demanda de alimentos con alto valor nutritivo y, preferentemente, libres de compuestos sintéticos persistentes. Para garantizar estas características en los alimentos, se ha considerado que los abonos orgánicos pueden cubrir satisfactoriamente la demanda nutritiva de las especies vegetales en desarrollo.

Dentro de los abonos orgánicos, sobresalen el compost y el vermicompost, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (de la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009).

2.8.1 Procesos de Compostaje y vermicompostaje

El composteo es una forma de manejo de desechos sólidos, en donde los componentes orgánicos de estos productos son biológicamente descompuestos de una manera controlada, hasta convertirlos en un material húmico estable, el cual puede ser almacenado y manejado como abono orgánico sin perjuicios para el ambiente, a esta resultante se le llama compost (Quintero, 2004).

El objeto de preparar compost utilizando subproductos orgánicos, es el de obtener de ellos elementos de fácil asimilación por las plantas, la transformación de compuestos orgánicos a inorgánicos, es realizada por los microorganismos (bacteria y hongos) tanto aerobios como anaerobios. Los compuestos más importantes que van a ser transformados son los carbohidratos y las proteínas; por lo tanto, toda mezcla destinada a producir un compost de calidad deberá contener proporciones adecuadas de estas dos substancias. El método, más generalizado para la producción de compost, consiste en la acumulación de basura, residuos vegetales, estiércol, hojarasca, y residuos industriales vegetales de origen orgánico en forma separada o bien mezclados (Mustin 1987; Paul y Clark 1996).

Al respecto Pereira y Zezzi-Arruda (2003) mencionan que el compost es el producto obtenido por descomposición aeróbica, bajo condiciones controladas, de residuos orgánicos como restos de vegetales, animales, excrementos y purines que se someten a un tratamiento termofílico (45 a 65 °C) para la degradación y estabilización del material, en donde se lleva a cabo la reproducción masiva de bacterias y otros microorganismos aeróbicos que están presentes en forma natural en cualquier lugar. Normalmente, se trata de evitar en lo posible la putrefacción de los residuos orgánicos por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas “fétidas” (Raviv, 2005).

Por otra parte, el vermicompost es el producto de la bioxidación acelerada de materia orgánica que ya ha pasado por una fase termófila,

mediante el uso de una alta densidad de población de lombrices de tierra (Domínguez *et al.*, 1997). El vermicompost es el resultado de un proceso que consiste en la bioxidación acelerada y estabilización de los materiales orgánicos a través de la acción desintegradora conjunta de lombrices y microorganismos, que lo convierten en un material humificado y mineralizado. Hoy en día las especies de lombrices composteras más difundidas son: *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae*, *Periomyx excavatus*, aunque *E. fetida* o lombriz roja californiana es considerada como la más eficiente para el vermicompostaje (de la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009)

2.8.2 Compost

El compost (C), es un abono orgánico que aporta elementos nutritivos y mejora la estructura del suelo. Vicencio-de la Rosa *et al.*, (2011) señalan que el compost es un material oscuro rico en elementos esenciales que se producen cuando la materia orgánica se degrada. Este material puede ser usado para mejorar la fertilidad del suelo y favorecer el crecimiento de las plantas.

El compost es de gran beneficio porque ayuda a resolver el problema de la basura y sus costos, por otra parte es una forma muy económica de producir abono natural, el compost es un texturizador de suelos, regulador de pH, proveedor de elementos nutritivos, microorganismos benéficos, conservador de humedad, en resumen, es un excelente fertilizante y generador de suelos para la producción de alimentos (Quintero, 2004).

Moreno *et al.*, (2005), mencionan que la elaboración del compost, ya sea bacteriana o mediante lombrices, presenta las siguientes ventajas:

- 1.- Reduce los olores del estiércol
- 2.- No atrae moscas
- 3.- Minimiza la concentración de patógenos
- 4.- Reduce la diseminación de malezas
- 5.- Adición de compuestos orgánicos estabilizados que mejoran la estructura del suelo

Mientras que como desventaja, el mismo autor añade, es el costo que implica su elaboración.

7.8.2.1 Propiedades Físicas y Químicas del Compost

López-Martínez (2001) especifica que el compost incide en las siguientes propiedades físicas: mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de humedad, facilita la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Además, Félix (2010) menciona que el compost mejora las cadenas tróficas del suelo, al facilitar la formación de agregados estables lo que aumenta la permeabilidad, incrementa la capacidad de retención de agua del suelo y estimula el desarrollo de la planta. Presenta costos de operación más bajos, menor contaminación ambiental, aplicándose en combinación con fertilizantes se produce un efecto sinérgico, es decir, se puede reducir el gasto de

fertilizantes por la razón de que las plantas los aprovechan mejor aumentando su rendimiento (Marcos *et al.*, 2007).

López-López *et al.* (2011) mencionan que las principales propiedades químicas del compost son, un pH de 7.13, conductividad eléctrica de 10.85 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, nitrógeno total 3.0%, fósforo (P_2O_5) 3.5 %, azufre 0.16%, potasio (K_2O) 2.20 %, calcio 10.87 %, magnesio 0.74 %, sodio 0.95 %, hierro 4135 mg L^{-1} , manganeso 759.6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, cinc 676.1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y cobre 34.16 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

2.8.3 Vermicompost o Humus de Lombriz

El vermicompost (VC) es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar por el intestino de las lombrices de tierra (Edwards *et al.*, 1992) es un producto de color oscuro, uniforme, inodoro, suelto, suave cuya granulometría se asemeja al café molido y que presenta propiedades físicas, químicas y biológicas completamente distintas a la materia prima original (Martínez, 1996).

El vermicompost es un tipo de fertilizante orgánico con una efectividad, en muchos casos, superior a la de otros abonos orgánicos como los estiércoles naturales. En los últimos años se ha reforzado el estudio de los efectos de la aplicación de estos abonos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En estudios a largo plazo, se ha demostrado que su adición produce una disminución significativa de la densidad aparente, un aumento de la estabilidad de los agregados y de la capacidad de retención de agua del suelo (Albiach *et al.*, 2001; Ferreras *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2007). Así como un incremento de

la concentración de carbono orgánico y de las cantidades totales de elementos nutritivos esenciales para las plantas en comparación con los fertilizantes minerales (García–Gil *et al.*, 2000; Bulluck *et al.*, 2002; Chaoui *et al.*, 2003; Nardi *et al.*, 2004; Weber *et al.*, 2007).

El VC, en términos generales presenta, entre otras, las siguientes características (Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez, 2010).

- a) Material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque.
- b) Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o su putrefacción.
- c) Contiene una gran carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos y facilita su asimilación por las raíces.
- d) Su presencia en el suelo impide que los elementos nutritivos sean lixiviados manteniéndolos disponibles para las especies vegetales.
- e) Favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas.
- f) Durante el trasplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- g) Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas, controla las plagas, enfermedades y los organismos patógenos.
- h) Se puede utilizar sin inconveniente en estado natural y se encuentra libre de nematodos.
- i) Aporta elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las especies vegetales como: Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro,

etc., liberándolos en forma paulatina, e interviene en la fertilidad de el suelo debido a que incrementa la superficie activa de las partículas minerales.

- j) Mejora las características estructurales del terreno, desligando los suelos arcillosos y agregando los suelos arenosos.
- k) Mejora la calidad y las propiedades biológicas de los productos agrícolas.
- l) Con un pH prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2 características que le permiten ser aplicadas aún en contacto directo con las semillas.

Cuadro 2 Características químicas del Vermicompost

Humedad.	30 – 60 %
pH	6.8 – 7.2
Nitrógeno	1 – 2.6 %
Fósforo	2 – 8 %
Potasio	1- 2.5 %
Calcio.	2- 8 %
Magnesio	1- 2.5 %
Materia Orgánica	30 – 70 %
Carbono orgánico	14 – 30 %
Ácido fúlvicos	2.8 – 5.8 %
Ácido húmico-fúlvico	1.5 – 3 %
Sodio	0.02 %
Cobre	0.05 %
Hierro	0.02 %
Manganeso.	0.006 %

Fuente: De Sanzo y Ravera (2000).

2.8.3.1 Propiedades Físicas y Químicas del Vermicompost

El efecto del vermicompost es favorable en la estructura del suelo, por la agrupación de partículas que tienen un gran porcentaje de elementos nutritivos

disponibles para la planta. Según Reines (1998) presenta las siguientes características:

a) propiedades físicas

- Incrementa la circulación del agua y el aire
- Aumento de la permeabilidad del suelo.
- Favorece la retención de humedad a un 40% del suelo.
- No despide mal olor.
- Regular la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo

Como complemento, Fortis-Hernández *et al.* (2012) señalan que el VC:

- Mejora la estructura del suelo, dando soltura a aquellos suelos pesados
- Reduce la erosión del terreno
- Confiere un color oscuro al suelo, lo que ayuda a la retención de energía calorífica

b) Propiedades químicas

- Equilibra las funciones químicas del suelo debido a sus condiciones de humificación y mineralización de la materia orgánica.
- Favorece la formación de complejos potasio-húmicos que mantienen el potasio asimilable para la plantas.
- Neutraliza eventualmente compuestos contaminantes (herbicidas, ésteres fosfóricos, etc.).

También, Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007) mencionan que el VC,

- Incrementa la disponibilidad de los elementos nutritivos requeridos por las especies vegetales.
- Estabiliza las reacciones del suelo
- Neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas) debido a su capacidad de absorción.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización Geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada al suroeste del estado de Coahuila y al noroeste de estado de Durango, localizándose entre los meridianos 101° 40´y 104° 45´ longitud oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 24° 10´y 26° 45´de latitud norte, teniendo además una altura promedio de 1,100 metros sobre el nivel del mar.

3.2. Localización del Experimento

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2011, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), ubicada en la Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez km 1.5, en la ciudad de Torreón, Coahuila.

3.3 Tipo y Condiciones del Invernadero

El experimento se realizó en el invernadero No. 2 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna el cual tiene una superficie de 200 m². La forma del invernadero es semicircular con una estructura metálica, cubierta de polietileno calibre 6000, cuenta con un suelo recubierto por grava,

una excelente pendiente de drenado, con un sistema de enfriamiento que consta de una pared húmeda y un par de extractores de aire, ambos sistemas están sincronizados para accionarse por los sensores.

3.5 Material de Compost, Vermicompost y Té de Vermicompost

El C utilizado fue de origen comercial (Max Compost®) y el VC se obtuvo a partir de estiércol de ganado equino y caprino, para este proceso se utilizaron lombrices *Eisenia fetida*, el cual se preparó durante un periodo de aproximadamente 3 meses. El estiércol se obtuvo del ganado que se encuentra en las instalaciones de la Universidad, que están estabulados y que reciben una dieta de forraje verde (alfalfa) y sales minerales para el metabolismo del mismo. En el cuadro 3, se muestra la composición nutrimental del C, VC y Té de VC (TVC) utilizado.

Cuadro 3 Análisis químico del, Compost, Vermicompost y Té de Vermicompost utilizado para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas

Material	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE (dS•m ⁻¹)
	(mg•kg ⁻¹)										
C	24100	42.0	614.6	98.0	85.4	3.2	7.79	5.12	4.29	8.5	6.7
VC	12100	38.7	361.8	258.0	25.5	194.8	3.9	1.45	3.71	8.2	2.4
TVC	10100	16.4	181	410.0	18.9	112.8	2.4	0.52	1.58	8.4	4.2

C = compost; VC = Vermicompost; TVC = té de Vermicompost.

El TVC se elaboró de acuerdo a la metodología de Edwards *et al.* (2010), con modificaciones para reducir las sales solubles contenidas en el VC sólido, como se describe a continuación: en un tambo de plástico de 60 L, se colocaron 45 L de agua de la llave y se generó turbulencia durante tres horas con una

bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology Co Ltd®). Por separado, se colocaron 4.5 kg de VC en una bolsa de plástico tipo red y ésta se introdujo en un recipiente de 20 L con agua de la llave durante 5 min para lavar el exceso de sales. Luego se colocó la bolsa con el VC dentro del tanque con agua previamente aireada. Finalmente, se agregaron 40 g de piloncillo como fuente de carbono soluble. La mezcla se aireó por 24 h con la bomba de aire.

3.6 Material Vegetal

Se evaluó el híbrido de tomate indeterminado tipo saladette cv “El Cid” (Harris Moran®), el cual se caracteriza por presentar un crecimiento indeterminado y frutos de prolongada vida de postcosecha

3.7 Siembra y Trasplante.

La siembra se realizó en charolas germinadoras de 200 celdillas, el sustrato para germinación que se utilizó fue Peat Moss (Premier®), la siembra se efectuó el día 6 de marzo del 2011 y el trasplante el día 9 de abril del mismo año. Las macetas se acomodaron a doble hilera, con arreglo en tresbolillo, con una separación de 0.9 m entre hileras y un espaciamiento de 0.3 m entre macetas, para una densidad de 4 plantas·m⁻².

Antes del trasplante la arena fue previamente lavada con agua y cloro al 5 % para desinfectarse. Se humedeció completamente la maceta y al día siguiente se trasplantó, colocándose una plantula por maceta.

3.8 Sistema de Riego

El agua de riego presentó una CE de $1.05 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, con una relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18, pH 7.75 y se clasificó como C_1S_1 , de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Ayers y Westcot, 1994). Se utilizó un sistema de riego manual, antes de la siembra se aplicó un riego pesado de 16 litros de agua por maceta, para lixiviar sales presentes en los sustratos. Posteriormente, se aplicaron dos riegos diarios; el volumen aplicado fue de 0.5 a $1.5 \text{ L}\cdot\text{maceta}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, en función de la etapa fenológica del cultivo, considerando los siguientes intervalos: del día 1 al 35, del 36 al 50 y del 51 al 144 días después del trasplante (ddt), la cantidad aplicada fue de 0.5, 1.0 y 1.5 L, respectivamente. Al concluir el experimento los volúmenes de agua dosificados fueron de 174.0, 111.0 y 91.0 $\text{L}\cdot\text{maceta}^{-1}$, para los riegos diarios (RCD), cada dos días (RC2D) y cada tres días (RC3D), respectivamente.

Cuadro 4. Períodos y volúmenes de agua aplicados al tomate por maceta en las tres frecuencias de riego

Periodo (días)	Volumen (L)	RCD		RC2D		RC3D	
		d*V	VAPM (L)	d*V	VAPM (L)	d*V	VAPM(L)
1 – 4	0.5	4*0.5	2.0	4*0.5	2.0	4*0.5	2.0
3 – 35	0.5	32*0.5	16.0	16*0.5	8.0	10*0.5	5.0
36 – 50	1.0	15*1.0	15.0	7*1.0	7.0	5*1.0	5.0
51 - 145	1.5	94*1.5	141.0	47*1.5	70.5	32*1.5	48.0
51 - 145 [¶]	-	-	-	47*0.5	23.5	62*0.5	31.0
Volumen de agua total·maceta⁻¹			174.0		111.0		91.0

RCD = Riego cada día; RC2D = Riego un día sí y un día no; RC3D = Riego un día sí y dos días no; VAMP = Volumen aplicado por maceta; d = días; V = Volumen; L = Litros. **NOTA:** del volumen aplicado para los períodos 1 a 35 y 36 – 145 ddt, 0.5 y 1.0 L correspondieron al té de VC diluido al 2.5 %; [¶] = Debido a que las plantas de tomate al iniciar la etapa de fructificación reflejaron estrés hídrico se determinó aplicar riegos complementarios de 0.5 L, en todas las macetas con las frecuencias de riego RCD2D y RC3D, para los días sin riego en estos tratamientos, por esta razón en el cuadro se repite el período 51 – 145 en este cuadro.

3.9 Manejo del cultivo

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron las siguientes prácticas agronómicas, para favorecer el adecuado crecimiento de las plantas

Poda: Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares cuando éstos presentaban de 3 a 5 cm de longitud, esta práctica se llevo a cabo teniendo un gran cuidado en el corte de los brotes; el desbrote se realizó de abajo hacia arriba para no perder la guía principal por error o descuido. Después de la fructificación, de los primeros frutos, se procedió a deshojar, eliminando las hojas que quedaban por debajo de cada racimo. La poda apical se realizó una vez que se completó el número de racimos que se pretendía evaluar, esto sucedió al octavo racimo. Las podas se realizaron con tijeras, las cuales fueron previamente desinfectadas con un solución de Cloralex al 5 % (ALLEN®), de acuerdo a lo recomendado por Linares (2004).

Tutoreo: Las plantas se condujeron a un solo tallo mediante hilo de rafia, el cual se aplicó cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm, es decir después del trasplante, el hilo de rafia se sujetó al tallo por debajo de la primera hoja verdadera, se enredó a la planta pasándolo por cada entrenudo hasta el brote terminal, posteriormente se colocó verticalmente y se amarró en el emparrillado de la parte superior del invernadero. Esta práctica se realizó de acuerdo al crecimiento de la planta a lo largo del ciclo del cultivo para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos se pusieran en contacto con el suelo.

Polinización: Al inicio de la etapa de floración, 36 ddt, se procedió a la polinización con un vibrador (cepillo dental eléctrico) el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de 3 a 5 segundos, hasta que se observó visualmente el desprendimiento del polen, posteriormente se estimuló a las plantas manualmente agitando la rafia de cada planta, esta operación se realizó diariamente entre las 11:00 y las 13:00 h.

Control de Plagas y Enfermedades: Para el control de plagas y enfermedades se realizaron revisiones cada dos días. Durante el ciclo del cultivo se registró la presencia de Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood) y de trips (*Frankliniella occidentalis*, Pergande) éstos se controlaron con insecticida orgánico Bio-Die (Promotora Técnica Industrial®, derivado de Tricarboxilos vegetales) y Protek (Química Sagal®, derivado ácidos de la extracción de aceites vegetales), en dosis de $1\text{L}\cdot\text{Ha}^{-1}$, aprobados por la normatividad de la IFOAM (2003). Como fisiopatía del cultivo se registró pudrición apical, la cual inició aproximadamente a los 48 ddt, por lo que a partir del día 52 ddt, se aplicó el riego de auxilio para reducir los daños ocasionados por la pudrición. Esta fisiopatía perduró hasta el final del ciclo, principalmente en las plantas de riego cada tres días. Para incrementar la humedad relativa y disminuir la temperatura dentro del invernadero, se aplicó agua potable al piso de grava de los pasillos a las 12:00 y 14:00 h.

Cosecha: Esta actividad se realizó manualmente y por racimo, conforme maduraban los frutos y al mismo tiempo se midieron diversas variables. Se realizaron 10 cortes durante todo el ciclo del cultivo, el primer corte se llevó a

cabo a los 75 ddt (23/06/2011) para todos los tratamientos, y el ultimo corte se realizó el 25/08/2011. Los frutos se colectaron cuando se encontraban en término rayado es decir con 40 % o más de su superficie cubierta por color rosa-rojo hacia maduro o rojo al 100 %.

3.10 Variables Evaluadas

Para determinar el efecto de las frecuencias de riego aplicadas y los sustratos en estudio, se evaluaron las siguientes variables:

Altura de Planta: Se midió con una cinta métrica semanalmente y se considero la longitud del tallo desde el nivel del sustrato hasta la parte superior de la planta, la medición se efectuó hasta los 120 ddt.

Número de Frutos por Planta: Esta variable fue la suma total de los frutos obtenidos en los cortes realizados.

Peso Promedio del Fruto: Esta variable se obtuvo, pesando los tomates de forma individual con una balanza digital (Ohaus®), para esto se tomaron 6 frutos por tratamiento.

Rendimiento: Para esta variable se tomó en cuenta la suma de todos los frutos obtenidos por planta, considerando el sustrato y la frecuencia de riego a la que pertenecían los frutos obtenidos, llevando un registro del peso que presentaron, para lo cual se utilizó una balanza digital (Ohaus®) y así obtener un rendimiento por metro cuadrado

Diámetro polar y ecuatorial: Para esta variable se utilizó un vernier (Truper®), se registró la parte ecuatorial, y longitudinal de cada uno de los frutos, las

unidades de medida fueron expresadas en centímetros.

Sólidos Solubles: Para la determinación del contenido de sólidos solubles se utilizó un refractómetro de campo (Atago®), el procedimiento consistió en partir los tomates a la mitad, y se colocaron dos gotas de su jugo en el refractómetro para registrar la lectura en °Brix. Después de cada lectura, en cada una de las muestras, se lavó este dispositivo con agua destilada y se secó con papel toalla antes de volver a utilizarse para evitar errores por la mezcla del jugo de otros frutos.

Espesor de Pericarpio: Se partió el tomate a la mitad con el uso de un cuchillo y usando una regla milimétrica, se registró el grosor o espesor del pericarpio.

Número de Lóculos: Esta variable se contabilizó partiendo el tomate a la mitad con un cuchillo y se contaron la cantidad de lóculos que presentó cada fruto

3.11 Diseño experimental

La unidad experimental correspondió a una maceta, con una planta por maceta. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. La parcela grande correspondió a la frecuencia de riegos - y a la parcela chica, los sustratos (S1 – S3) presentaron la siguiente composición: S1 = mezcla de arena:C (relación 1:1; v:v) + TVC diluido al 2.5 % de concentración; S2 = mezcla de arena:VC (relación 1:1; (v:v) + TVC diluido al 2.5 % de concentración y S3 = mezcla de arena:C:VC (relación 2:1:1; v:v:v) + TVC diluido al 2.5 % de concentración; y tres frecuencias de riego: 1) riego diario (RCD), 2) riego cada dos días (RC2D) y 3) riego cada tres días (RC3D). Con las

tres frecuencias de riego (FR) y los tres sustratos se conformaron en total nueve tratamientos (T1 – T9) con cuatro repeticiones.

3.12 Análisis Estadístico

Para evaluar el comportamiento de altura de planta, a través del tiempo, se utilizó un análisis de regresión, mientras que para rendimiento y calidad se aplicaron análisis de varianza (ANDEVA). Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba DMS al 5 %. Los análisis se realizaron con apoyo del programa estadístico SAS (SAS, 1999).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el factor frecuencias de riego cuatro de las variables evaluadas, diámetro ecuatorial (DE), número de frutos (NF), sólidos solubles (SS) y rendimiento (R) presentaron diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), el diámetro polar (DP) registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$), por su parte el peso del fruto (PF), espesor de pericarpio (EP) y número de lóculos (NL) resultaron no significativos (cuadro A3-A10).

Los ANDEVA para la fuente de variación sustratos, resultaron altamente significativos ($P \leq 0.01$) para las variables (R), (DE) y (SS) (cuadro A3, A6 y A8), significativo ($P \leq 0.05$) para el (NF) y (NL) y no significativo para (PF), (DP) (EP), (cuadro A4, A5, A7, A9, A10), mientras que para el factor tratamiento (interacción RxS) el (DE) (NF), (SS) y (R) fueron altamente significativos ($P \leq 0.01$), el (DP) y (NL) resultaron significativos, y resultado no significativo para las variables (PF) y (EP).

4.1 Altura de Planta

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en las diferentes frecuencias de riego y sustratos evaluados se muestran en las ecuaciones de regresión lineal, en el (Cuadro A3). El ajuste lineal para todos los tratamientos fue aceptable ya que el r^2 fluctuó entre 91 y 99 %. Para la

realización de El ANDEVA se utilizaron solamente las alturas finales el cual mostró diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) tanto en el factor frecuencia de riego, sustrato e interacción riego sustrato además se encontró una media de 297.71 cm, lo anterior supera a lo encontrado por García (2006) quien reporta una media de 225 cm.

En la figura 1 se observa la dinámica de crecimiento durante el desarrollo del cultivo, la mayor altura se presentó en el T2 (RCDxS2) con 365.3 cm, superando al valor más bajo con 58 % el cual fue para el T7 (RC2DxS3) con 153.2 cm, que a su vez fue superado por el T4 (RC2DxS1), el T6 (RC2DxS3) y el T8 (RC3DxS2) con 213.1, 287.5, 351.4 cm y 313.2, respectivamente, como se mencionó anteriormente estos valores se determinaron a los 120 ddt. Los resultados superaron a los obtenidos por Márquez y Cano (2004) quienes obtuvieron una altura de 141.79 cm, obtenida al evaluar porcentajes de compost y sustratos inertes en un ciclo de 135 días. Los resultados contrastan a los obtenidos por Moreno *et al.* (2005) ya que mencionan que la altura de plantas de tomate no varía a diferentes porcentajes de compost más arena.

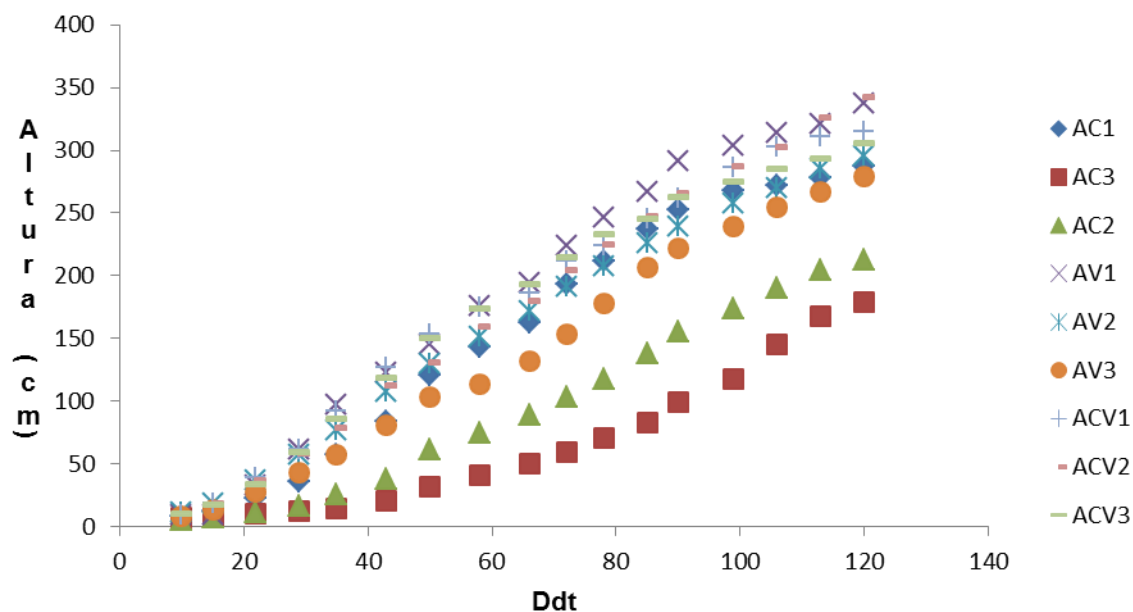


Figura 1. Crecimiento de altura de plantas de tomate cv El Cid a los 120 después del trasplante

Jacobo *et al.* (1973) reportaron que al utilizar el compost como sustrato o en mezcla es favorable, debido a que tiene la capacidad de activar los procesos microbiológicos, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad; junto con ello, actúan como regulador de la temperatura, que retarda la fijación de ácidos fosfóricos minerales, haciendo el fósforo más asimilable como macroelemento, ya que constituye el segundo elemento en importancia para el crecimiento de las plantas.

4.2 Rendimiento

Para la variable rendimiento se consideró la suma de todos los frutos producidos por planta y se calculó el rendimiento por metro cuadrado se registro una media de 7.85 kg y un coeficiente de variación de 39.44 %, el RCD fue el que obtuvo mejor rendimiento con 11.22 kg·m⁻² superando con 42.7 y 47.33 %

% al RC2D y RC3D con valores de 6.43 y 5.91 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente. Los resultados obtenidos en el RCD superan a lo reportado por Yescas *et al.* (2011) pero son similares para el RC2D y RC3D quienes reportan 5.21 y 6.31 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para tomate en invernadero con diferentes frecuencias de riego durante el día. También superaron a los reportados para tomate orgánico producido en campo por Cun *et al.* (2008) quienes reportaron un rendimiento de 5.01 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$. León *et al.* (2005) registraron un rendimiento de 6.19 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Para el factor sustrato el que obtuvo mayor rendimiento fue el S3 con 10.80 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ y el de menor rendimiento fue el S1 con 5.83 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Los resultados obtenidos no coinciden con lo citado por Moreno *et al.* (2008) quienes registraron para los genotipos André y Adela un rendimiento de 13.11 y 7.85 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, mientras que Cano *et al.* (2004) reportaron para los mismos genotipos un rendimiento de 13.10 y 7.8 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

El mejor tratamiento fue el T3 (RCDxS3) con 12.7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ seguido por el T1 (RCDxS1) y el T9 (RC3DxS3) con 10.9 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente, el tratamiento que obtuvo menor rendimiento fue el T7 (RC3DxS1) con 2.8 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (Cuadro 5). Los resultados difieren a los reportados para este cultivo en suelo por Morales *et al.* (1999) quienes registraron un rendimiento de 4.11 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Cruz *et al.* (2003) evaluaron el rendimiento de tomate tipo saladette en distintas densidades de plantación, reportaron en 4.2 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ un rendimiento de 17.373 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ lo cual no concuerda con lo obtenido en el presente experimento. Moreno *et al.* (2004) determinaron que la producción de tomate en

mezclas de vermicompost con arena bajo invernadero con concentraciones al 12.5 y al 50 % se obtiene rendimientos de 17.05 y 13.11 kg•m⁻².

Zarate (2002) menciona que es posible implementar sistemas de producción en invernadero donde se manejen mezclas de vermicompost + arena que favorezcan el desarrollo de diferentes especies, generando rendimientos y frutos de calidad adecuada. Con los resultados obtenidos se comprueba que el vermicompost , el compost y el té de VC diluido al 2.5 % favorece el rendimiento y calidad de los frutos además de reducir los gastos de producción además en el caso del nivel 25 % de vermicompost y compost usado como sustrato orgánico aporta elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de los cultivos e incrementan de manera considerable el rendimiento del fruto.

4.3 Peso del Fruto

El ANDEVA no mostró diferencia significativa para ningún factor, se registró una media general de 74.8 g, con un coeficiente de variación de 29.1 %, lo anterior difiere en mucho a los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.* (2007) quienes reportaron una media general de 197 g, al evaluar dos variedades de tomate en mezcla de arena y vermicompost. Sin embargo para el factor frecuencia de riego el mayor peso promedio del fruto se presentó en el RC2D 80.023 g el cual superó a RCD y RC3D con 3.91 y 15.53 %, respectivamente. Los resultados obtenidos no concuerdan con León *et al.*

(2005) quienes reportaron un peso de 123.13 g al utilizar diferentes sustratos y fertilización con humus de lombriz y diferentes frecuencias de riego en tomate protegido.

Para el factor sustrato el que obtuvo el peso más alto fue el S3 con 84.721 g, mientras que el peso más bajo se observó en el S2 con 65.250 g (Cuadro 5). El cual fue ampliamente superado por el valor reportado por Herrera (2007) para el genotipo imperial 643 en sustrato orgánico, con un peso de 255.31 g, como también superado por los resultados de Aguilar (2002) quien reportó para el genotipo André un peso de 213.7 g. El tratamiento con menor peso promedio fue el T4 (RC2DxS1) con un peso promedio de 95.56 g, este valor rebasó en un 9.25 % al resto de los frutos obtenidos en los demás tratamientos respecto a su peso promedio (Cuadro 5).

El peso promedio registrado en todos los sustratos y con las diferentes frecuencias de riego, para el tomate saladette cv. El Cid, fue ampliamente superado por el peso promedio de 194 g, reportado por Ortega-Farías *et al.* (2001) quienes evaluaron el efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento de tomate, utilizando como testigo las frecuencias de riego utilizadas en este experimento. Además, los resultados también fueron inferiores a los obtenidos por Ochoa-Martínez *et al.* (2009) quienes al evaluar tomate con sustrato orgánico y diferentes tipos de fertilización en invernadero, reportaron un peso promedio de 223 g.

Cuadro 5 Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en el tomate tipo saladette cv. EL Cid, para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas

		PF	DP	DE	EP	NF	NL	SS	R
		(g)		(cm)				(°Brix)	(kg·m ⁻²)
Frecuencias de Riego		ns	*	**	ns	**	ns	**	**
	RCD	76.892 a	5.9 a	5.2 a	0.7 a	37 a	3 a	4.4 b	11.22 a
	RC2D	80.023 a	5.7 ab	5.0 a	0.7 a	24 b	2 a	4.9 ab	6.43 b
	RC3D	67.597 a	5.3 b	4.5 b	0.7 a	20 b	2 a	5.3 a	5.91 b
Sustratos		ns	ns	**	ns	*	*	**	**
	S1	74.540 ab	5.7 a	4.7 c	0.7 a	22 b	2 b	4.8 b	5.833 b
	S2	65.250 b	5.8 a	5.2 a	0.7 a	25 b	3 a	5.3 a	6.935 b
	S3	84.721 a	5.8 a	5.0 b	0.7 a	33 a	2 ab	4.5 b	10.802 a
T	Interacción FRxS	ns	*	**	ns	**	*	**	**
T1	RCD x S1	70.86 ab	6.15 a	5.0 ab	0.7 abc	33 ac	2 c	4.64 bc	10.0 ab
T2	RCD x S2	76.21 ab	5.99 a	5.4 a	0.7 abc	35 ab	2 a	4.56 bc	10.9 a
T3	RCD x S3	83.61 ab	5.83 ab	5.19 ab	0.7 abc	41 a	3 a	4.07 c	12.7 a
T4	RC2D x S1	95.56 a	5.80 ab	4.87 ab	0.6 bc	20 cde	2abc	5.23 b	4.6 cd
T5	RC2D x S2	60.69 b	5.49 abc	5.02 ab	0.7 abc	23 bcde	3 ab	4.88 b	5.9 bcd
T6	RC2D x S3	83.82 ab	5.99 a	5.20 ab	0.7 ab	28 abcd	2 abc	4.70 cb	8.7 abc
T7	RC3D x S1	57.20 b	4.86 c	3.89 c	0.7 abc	11 e	2 c	4.65 bc	2.8 d
T8	RC3D x S2	58.86 b	5.11 cb	4.70 b	0.6 c	16 de	3 abc	6.53 a	3.9 d
T9	RC3D x S3	86.73 ab	6.10 a	4.94 ab	0.8 a	31 abc	2 bc	4.96 b	10.9 a
Media general		74.8	5.70	4.92	0.75	26.83	2.40	4.91	7.85
CV (%)		29.1	8.8	7.6	11.4	36.4	15.2	9.1	39.4

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de DMS con $P \leq 0.05$. **, * y ns = altamente significativo ($P < 0.01$), significativo ($P \leq 0.05$) y no significativo T = Tratamiento; RCD = riego diario; RC2D = riego cada dos días; RC3D = riego cada tres días S1= arena + compost [A:C; relación 1:1 (v:v)] + té de vermicompost diluido, en relación té: agua (1:3) S2 = arena + vermicompost [A:VC; relación 1:1 (v:v)]; + té de vermicompost diluido y S3 = arena + compost + vermicompost [A:C:VC; relación 2:1:1 (v:v:v)] + té de vermicompost diluido; PF = Peso de fruto; DP = Diámetro polar; DE = Diámetro ecuatorial; NF = Número de frutos; EP = espesor de pericarpio; NL = número de lóculos; SS = Sólidos solubles; R = rendimiento.

4.4 Diámetro Polar

Se reportó una media de 5.70 y un coeficiente de variación de 8.8 % (cuadro 5). El valor más alto, con respecto a la frecuencia de riego, se presentó en el RCD con 5.9 cm, superando al RC2D y al RC3D, en 3.39 y 10.17 %, Los resultados obtenidos también fueron similares a los reportados por Ortega-Farías *et al.* (2003) quienes determinaron diámetros polares de 5.4, 5.8, 6.1 y 6.2 cm, al evaluar tomate con diferentes frecuencias de riego durante el día (aplicando cuatro riegos, con diferentes volúmenes de agua). Para el factor sustratos los que presentaron el valor más alto fueron S2 y S3, con 5.8 cm, pero fueron estadísticamente iguales al S1 que registró 5.7 cm. Estos resultados coinciden con lo determinado por Rodríguez *et al.* (2005) quienes evaluaron tomate con sustrato orgánico en invernadero obteniendo una media de 5.7 cm

Además, los valores obtenidos para DP fueron menores a los reportados por Rodríguez-Dimas *et al.* (2007) quienes determinaron, para los híbridos Red Chief y Big Beef, un DP de 6.1 y 6.2 cm, respectivamente. Igual situación se estableció para el estudio realizado por López (2003) quien también registró un DP de 6.1 cm.

Por otra parte, para los tratamientos (interacción RxS) los que obtuvieron el mayor valor fueron los T1 (RCDxS1) y el T9 (RC3DxS3), éstos fueron estadísticamente iguales con 6.1 cm, seguidos por el T2 (RCDxS2) y el T6 (RC2DxS3) con un valor de 5.9 cm, el tratamiento con menor valor fue el T7 (RC3DxS1) con 4.8 cm, estos valores fueron superados por lo reportado por Cano-Ríos *et al.* (2004), quien evaluaron variedades tomate André y Adela en invernadero, con mezclas de arena vermicompost en

proporción (1:1), y reportaron valores de DP de 6.8 y 6.2 cm, respectivamente y también fueron superados por los resultados de Rodríguez-Dimas *et al.* (2009) quienes registraron DP, para los híbridos Romina y Granito, de 7.9 y 5.7 cm, respectivamente.

Moreno-Reséndez *et al.* (2004) encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para esta variable al evaluar diferentes niveles de vermicompost como sustrato para el genotipo André reportando un intervalo de DP de 6.5 y 6.8 cm, estos valores igualmente superaron a los DP registrados en este experimento.

4.5 Diámetro Ecuatorial

Se registro una media de 4.92 y un coeficiente de variación de 7.6. Estos resultados coinciden con lo que reportaron de la Cruz-Lázaro *et al.* (2010) quienes reportaron una media de 4.96 cm, al evaluar un genotipo de tomate tipo saladette en invernadero con distintos niveles de compost, vermicompost y arena, y no superaron a los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.* (2009) quienes reportaron una media de 7.1 cm. Para el factor riego el RCD superó, con un valor de 5.2 cm, al RC2D que registró 5.0 cm, presentándose en el RC3D en menor valor, con 4.5 cm (Cuadro 5). Estos resultados son inferiores a los reportados por Ortega-Farías *et al.* (2001) quienes registraron una media de 6.0 cm, al evaluar tomate, en otoño, por otra parte los mismos autores en el año 2003 reportaron un DE de 7.8 cm, para el periodo primavera-verano.

El S2 presentó 5.2 cm para esta variable, superando a S1 y al S3, en 9.7 y 3.8 % los cuales presentaron 4.7 y 5.0 cm respectivamente. Estos resultados fueron semejantes a los reportados por de la Cruz-Lázaro *et al.* (2009) quienes registraron DE entre 4.2 y 5.1 cm, y fueron superados por Rodríguez *et al.* (2008), quienes registraron DE para los genotipos Miramar y Big Beef de 6.9 y 7.5 cm, respectivamente. El tratamiento más destacado T2 (RCDxS2) presentó un valor de 5.4 cm, superando con 28.1 % al T7 (RC3DxS1) cuyo valor fue más bajo con 3.8 cm, pero éste fue superado por el T6 (RC2DxS3) con 5.2 cm.

Los valores obtenidos para DE se asemejan a los obtenidos por Rodríguez (2002) quien evaluó cinco genotipos de tomate en dos años, reportando un DE de 5.3 cm. Además, los resultados difieren con los obtenidos por López (2003) quien evaluó cinco genotipos de tomate con mezclas de compost y vermicompost en invernadero reportando un valor promedio de 6.6 cm de DE.

Adicionalmente, de acuerdo al pliego de condiciones para el uso de la marca oficial “México Calidad Suprema” en tomate (SAGARPA-ASERCA, 2011), el tamaño de fruto mediano corresponde a un diámetro entre 4.9 y 5.9 cm, por el DE obtenido en la mayoría de los tratamientos evaluados correspondieron a esta categoría.

4.6 Espesor del Pericarpio

Para esta variable se obtuvo una media de 0.75 y un coeficiente de variación de 11.4 % (Cuadro A7), el espesor del pericarpio registrado difiere de lo encontrado por García (2006) quien determinó un valor de 0.71 cm

para espesor de pulpa. También López (2003) reportó una media de 0.9 cm. Se obtuvo un valor de 0.7 cm para las tres frecuencias de riego RCD, RC2D Y RC3D, y para el factor sustrato se obtuvo el mismo valor (Cuadro 5)

Los resultados obtenidos para el EP concuerdan con Rodríguez *et al.* (2009) quienes reportaron, para el híbrido Granito, 0.7 cm, mientras que Márquez y Cano (2004) registraron un promedio de 0.7 cm de espesor de pericarpio. El mejor tratamiento fue el T9 (RC3DxS3) con 0.8 cm mientras que el menor valor se presentó en los T4 (RC2DxS1) y T8 (RC3xS2) con 0.6 cm siendo estadísticamente iguales, para el resto de las interacciones se obtuvo un valor de 0.7 cm. Estos datos coinciden con lo reportado por Aguilar (2002) para el genotipo André, con un espesor del pericarpio de 0.8 cm. También coinciden con Rodríguez *et al.* (2009) quienes reportaron, para el híbrido Romina, un espesor del pericarpio de 0.8 cm, y con Rodríguez *et al.* (2008) al reportar, para los genotipos Big Beef y Miramar, un espesor de pericarpio de 0.7 y 0.8 cm, respectivamente.

4.7 Número de Frutos

Se obtuvo un un coeficiente de variación de 36.4 % y una media de 26 frutos•planta⁻¹ (Cuadro A9), estos resultados difieren a los obtenidos por García (2006) quien registró un promedio de 28 frutos•planta⁻¹. La mejor frecuencia de riego fue RCD con 37 superando con 46 % al RC3 que solo obtuvo 20, mientras que el RC2D presentó 24 frutos•planta⁻¹. Los resultados difieren de los valores reportados por León *et al.* (2005) quienes registraron en promedio 19 frutos•planta⁻¹ al evaluar tomate con frecuencias de riego en condiciones protegida. También los resultados superaron por mucho a lo

obtenido en campo por Morales *et al.* (1999) al establecer tomate con riegos de alta frecuencia determinaron un promedio de 15 frutos•planta⁻¹.

El mejor sustrato fue el S3 con 33 frutos•planta⁻¹, y la menor cantidad de frutos se registraron en los sustratos S1 y S2, con 22 y 25 frutos•planta⁻¹, respectivamente. El valor obtenido en S3 superó en 22 % al número de frutos reportado por Moreno *et al.* (2005) quienes determinaron, para la var. Flora-Dade, desarrollado en mezclas de vermicompost/arena, 27 frutos como valor máximo, y también superó en 33 %, al valor de 25 frutos•planta⁻¹, registrado por Lorenzo (2007) en el híbrido Romina.

Las combinaciones que mas sobresalieron fueron el T1 (RCDxS1), T2 (RCDxS2) y T3 (RCDxS3) con 33, 35 y 41 frutos superando Al T7 (RC3DxS1) y al T5 (RC2DxS2) con 73.18 y 44 %, respectivamente, donde se presentaron 11 y 23 frutos respectivamente, los resultados coinciden con lo reportado para el híbrido Boa tipo bola , de crecimiento indeterminado, por Santiago *et al.* (1998) quienes registraron 28 frutos•planta⁻¹ pero fueron superados por el híbrido Surnmer Flavor 5000, de habito determinado, para el cual se reportaron 49 frutos•planta⁻¹.

4.8 Número de Lóculos

Para esta variable se presentó una media de 2.4 y un coeficiente de variación de 15.29 % (Cuadro A10), el mejor riego fue el RCD con 3 lóculos, mientras que el resto de los riegos obtuvieron 2 lóculos, sobresalieron los T3 (RCDxS3) y el T8 (RC3DxS2) con 3 lóculos mientras que el resto de los tratamientos presentaron 2 lóculos (Cuadro 5). Los resultados son inferiores a los reportados por Moreno *et al.* (2008), quienes reportaron para los

híbridos André y Adela 5 y 4.1 lóculos por fruto, mientras que Rodríguez *et al.* (2005) evaluaron sustratos orgánicos en el cultivo de tomate en invernadero y reportaron una media de 4 lóculos. Los resultados también fueron inferiores a los reportados por Márquez y Cano (2004) quienes reportaron en esta variable 6 lóculos.

4.9 Contenido de Sólidos Solubles

El RC3D presentó mayor cantidad de sólidos solubles, con 5.3 °Brix, superando con un 17 % al RCD el cual registró 4.4 °Brix, los datos obtenidos en el experimento superaron a los reportados por Ochoa-Martínez *et al.* (2009) quienes obtuvieron valores de 4.12, 4.16 y 4.28 °Brix, para las variedades PX01636262, Romina y Bosky, todas de tipo bola.

El sustrato que registró mayor contenido de sólidos solubles fue el S2 con 5.3 °Brix, seguido por S3 y S1 con 4.8 y 4.5 °Brix, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los valores determinados por Ríos (2002) quien obtuvo un valor de 5.2 °Brix y por Santos (2002) con valores de 4.5 y 5.5 °Brix, pero fueron superados por los valores reportados por Cano *et al.* (2004) para los genotipos André y Adela, con 5.7 y 5.8 °Brix, respectivamente. El mejor tratamiento fue el T8 (RC3DxS2) con 6.5 °Brix superando al T3 (RCDxS3) el cual presentó 4.0 °Brix con un 38.4 % que a su vez fue superado por el T6 (RC2DxS3) y T4 (RC2DxS1) con 4.7 y 5.2 °Brix respectivamente

Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Montoya *et al.* (2002) quienes obtuvieron valores de 3.9 a 4.2 °Brix, igualmente difieren de los mencionados por Acosta (2003), quien evaluando tomate en invernadero

no encontró diferencia significativa entre los tratamientos y determinó un valor de 4 °Brix en todos los tratamientos, pero coinciden con lo obtenido en el T3 (RCDxS3).

Zarate (2002), evaluó tomate en invernadero con vermicompost y encontró diferencias altamente significativas, el tratamiento con mayor contenido de sólidos solubles fue el T4 (50 % arena y 50% vermicompost) con 5.6 °Brix. Los resultados concuerdan con Díez (1995), quien ha establecido que en el tomate cuyo destino sea el procesado y o el consumo en fresco, el contenido de los sólidos solubles (°Brix) debe oscilar entre 4.4 y 5.5 °Brix y los valores obtenidos en este experimento están dentro de estos valores. Por otra parte Osuna (1983) afirmó que para tener un fruto de calidad es necesario que tenga un valor de 4 o mayor cantidad y el Híbrido cv. El Cid presentó este valor lo que se considera de buena calidad.

V.- CONCLUSIONES

Producir orgánicamente tomate en invernadero, utilizando arena, compost y vermicompost como sustratos mas la aplicación de el té de VC diluido al 2.5 % aumentan considerablemente el rendimiento de este cultivo, sin que la calidad de los frutos se haya afectado.

El T1 (RCDXS3) superó a los demás tratamientos en rendimiento total y número de frutos, no obstante es posible que las frecuencias de riego RC2D y el RC3D se puedan utilizar para la producción de tomate orgánico en invernadero, ya que la disminución en la producción registrada se podría compensar con el valor comercial del producto y con el menor costo de fertilización.

Con los resultados obtenidos se puede corroborar que el crecimiento y rendimiento del tomate será beneficiado con la aplicación de diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones de invernadero, aunque se hayan registrado variaciones en los parámetros morfológicos de este cultivo.

VI.- LITERATURA CITADA

- Abad, B.M., Noguera M.P. y C. Camón B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: Tratado de Cultivo Sin Suelo*. Urrestarazu G.M. 3ª edición. Mundi Prensa. Madrid, España pp. 113-158.
- Abad, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo, *In: El cultivo del tomate*. F. Nuez (coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, pp: 131-166.
- Abad, M. y Noguera, M. 2000. Los sustratos en cultivos sin suelo. *In: Manual de cultivos sin suelo*. Urrestarazu Gavilán, M. (Ed). Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Almería, España 137-183 p.
- Abad, M., P. Noguera y C. Camón. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y Fertirrigación. *In: Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales*. C. Cadahia (coord.). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 299-352.
- Abara, S. J. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo protección. Pesa, México. Pp 16
- Acosta B., B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México.
- Aguilar, A., C. P. 2002. Rendimiento y Calidad de dos Híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah., México. 33 p.
- Albiach, R., R. Canet, F. Pomares, y F. Ingelmo. 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*. 76: 125–129.
- Alpi, A. y F. Toognoni. 2007. Cultivo en invernadero. 3ª ed. ediciones Mundi, prensa Madrid., México pp. 76-77.
- Álvarez H., J. C, Cortez-Madriral H., García R. I. (2009). Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanáceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Mundi- Prensa. Madrid, España. 172 p.
- Antón, A. 2002. El control del clima en los cultivos intensivos: del parral a los invernaderos modernos. Fórum Internacional de Tecnología Hortícola. (FITECH VI).
- Avidad, A., Zidan, O. y Zachs, Y. 2004. La producción de jitomate en suelos y en sustratos artificiales. *In: X curso Internacional de Sistema de Riego*. Departamento de Irrigación Chapingo. Mexico
- Ayers, R.S. y D.W. Westcot 1994. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 p.

- Baca, A. Lara, A. 2001. Sistemas hidropónicos. *In: Nutrición Vegetal*. G. Alcantar G. Prensa Madrid España. Pp 98-117.
- Bastida, T. 2007. Sustratos hidropónicos. Serie de publicaciones agríbot. Ch. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. Pp 31-32.
- Bastida T. A y Ramírez A., J.A 2008. Los Invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 123-127.
- Berenguer, J.J. 2003. Manejo del cultivo del tomate en invernadero. *In: curso internacional de producción de hortalizas en invernadero*. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 147-174
- Brandán, E. Z, J. Ploper y M. T. Divizia-De Ricci 1998. Hacia el 2000. El cultivo de los mini tomates tipo cereza (cherry), perita y otros. Ediciones del rectorado. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 85 p.
- Brückner, U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures-especially air and water capacity. *Act Horticulture* 450:263-270
- Bulluck L., R., M. Brosius, G. K. Evanylo, & J. B. Ristaino. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*. 19: 147–160.
- Bures, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales, *In: Tecnología de Sustratos. Aplicación a la Producción Viverística Ornamental, Hortícola y Forestal*. Universitat de Lleida. Pp: 19-31.
- Bustamante O., J.D. 2003. Bioespacios y la modificación microclimática, alternativa de producción del tomate (*L. esculentum*. M) y otras hortalizas. *In: Memoria del curso internacional sobre la producción de hortalizas en invernadero*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Celaya, Gto. Pp 245-251.
- Bravo-Varas, A. 1996. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja Californiana (*Eisenia fetida*). Facultad de Humanidades, Universidad Yacambu. Disponible en: <http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/8317/eisenia.html>. Consulta: diciembre 15, 2011.
- Cabrera, R.I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo S. Hortíc.* 5(1):5-11.
- Cánovas, F. 2005. Principios Básicos de la hidroponía. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. En: *Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelos*. Armería España: I.E.A.-F.I.A.P.A, 60-73p.
- Cano R., P., Moreno R. A., Márquez H. C., Rodríguez D., N. y Martínez C. V. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. *In: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción* Torreón, Coah, México, Octubre 13, 14 y 15 del 2004
- Casanova, A. S, Gómez, M. Hernández, M. Chailloux, T. Depestre, F. R. Pupo, J.C. Hernández, V. Moreno, M. León, A. Igarza, C. Duarte, I. Jiménez, R. Santos, A. Navarro, A. Marrero, H. Cardoza, F.

- Piñeiro, N. Arozarena y L. Vilarino 2003. Producción protegida de hortalizas. *In*: Manual para la producción protegida de hortalizas. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliano Dimitrova". Cuba. 114 p.
- Castellanos, J. 2007. Perspectivas de la agricultura protegida en México. *In*: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México. [Consultado 2012 abril 23]. Disponible en: http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf.
- Castellanos, J.Z. y P. Vargas-Tapia. 2004. El uso de sustratos en la horticultura bajo invernadero, *In*: Manual de producción hortícola en invernadero. J.Z. Castellanos Intagri México 2., pp. 124-150.
- Cun G., R., Duarte D. C., Montero S. L., Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic® en condiciones de casa de cultivo *Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3:22-25
- Chaoui, H. I., L. M. Zibilske y T. Ohno.2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology y Biochemistry*. 35: 295–302.
- Crespo González, M. R., Miramontes Lau, E. A. y González Eguiarte, D. 2007. Caracterización de compost de residuos sólidos municipales y efectos en algunas propiedades del suelo. *Rev. Interciencia-CUCBA* 9(1):69-80.
- Cruz Carrillo, J., Jiménez f., Ruiz J., Díaz G., Sánchez P., Perales C., Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Rev. Agronomía Mesoamericana*. 14(001):85-88
- de Boodt, M. O. Verdonck. 1974. Method for measuring the wáter release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062
- de la Cruz-Lázaro E., Estrada-Botello M.A., Robledo-Torres V, Osorio-Osorio R., Márquez-Hernández C. y Sánchez-Hernández.2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicompost como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25 (1)
- de la Cruz-Lázaro E., Osorio-Osorio R., Martínez-Moreno E., Lozano del Rio A. J., Gómez-Vázquez A. y Sánchez-Hernández R. 2010. Uso de compost para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Rev. Interciencia* 35(5) 367-367.
- de Rijk, P. 2008. Evolución del sector de agricultura protegida en México. Disponible en: <http://www.amhpac.org/contenido/plan> consulta: (septiembre 03, 2012).
- De Sanzo, C. A., Ravera A. R. 2000. Como criar lombrices rojas californianas. Programa de Autosuficiencia Regional. Zevallos 398.Bernal Provincia de Buenos Aires-Argentina.
- Diez, N. M. 2001 Tipos varietales. *In*: El cultivo del tomate. Nuez, F. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Domínguez, J., C. A. Edwards y S. Subler. 1997. A comparison of vermicomposting and composting methods to process animal wastes. *Biocycle* 38: 57-59

- Dorais M, A. P. Papadopoulos y A Gosselin (2001) Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21:367-383.
- Durán U., L., Henríquez H. C 2010. El Vermicompost: Su Efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Rev. Agronomía Mesoamericana* 21(1).
- EDUSAT. 2003. Agricultura orgánica. Transmitida el 24 de Abril. Canal 18. Telesesión No. 8. INCA-RURAL.
- Edwards C, Bater J. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Bio Biochem*; 24:1683-1689.
- Edwards C. A, A Askar, M Vasko-Bennet y N Arancon 2010. The Use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields. In: *Vermiculture Technology*, ed. C.A., N. Arancon and R. Sherman. 235-248.
- FAO. 2009. Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentarias. Versión 4. Departamento de Desarrollo Sostenible. Disponible en: www.fao.org/docrep/005/y4137s0f.htm . Fecha de recuperación (6 de enero 2012)
- Félix, J. A., Serrano, R., Arment Bojórquez A. D., Rodríguez Q. G., Martínez R. R., y Olalde P. V. 2010. Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Rev. Ra Ximhai*. 6(1):24-33
- 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.23(2):188-196*. ISSN 0378-7818.
- Fernández, C. 2000. Crecimiento de plántulas de tomate cv. Río grande en bandejas plásticas usando mezclas de compost y aserrín de coco como sustituto de la turba de musgo. *Rev. Facultad de Agronomía*.19 (3):188-193.
- Ferreras, L., E. Gómez, S. Toresani, I. Firpo y R. Rotondo. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology*. 97: 635-640.
- Figueroa V. U. y Cueto W. J.A. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Ponencia presentada como parte del Curso: "Abonos orgánicos", Impartido dentro del XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 15 de Octubre del 2002. Torreón, Coah.
- Fonseca, A. 2006. Producción de tomate en invernadero. *In: Cuarto Simposio Internacional de Producción de cultivos en Invernadero*. E Olivares S (Ed). UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N. L. México. 1-9 p.
- Fortis-Hernández, Manuel; Preciado-Rangel, Pablo; García-Hernández, José Luis; Navarro Bravo, Agustín; González, Jacob Antonio; Omaña Silvestre, José Miguel. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, núm. 6, noviembre-diciembre, 2012, pp. 1203-1216
- García, O., Alcantar, G., Cabrera, R.L, Gavi 2001. F. y Volke V. Evaluación .de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y

- Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Rev. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, 2001. Vol. 19. 003 p. 249-258
- García, J. C., C. Plaza, P. Soler-Rovira, y A. Polo. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology y Biochemistry*. 32:1907-1913.
- García V., G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila México.
- Genevini, P. 1997. Rice hull degradation by co-composting with dairy cattle slurry. *Soil Sci. Plant Nutrition* 43: 135-147.
- Gómez C., M. A. y Gómez, T. L. 1999. El mercado mundial de la hortofruticultura orgánica en México. VII Congreso de Horticultura. 25 al 30 abril, Manzanillo, Col.
- Gómez, T. L., y Gómez, C.M.A. 2003. Agricultura orgánica en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 19p. Disponible en: http://dlc.dlib.indiana./archive/00001546/GómezTovar_Agricultura_040508_Paper407f.pdf. Fecha de acceso: 06/08/2011
- Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. In: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCRCYTED. San José, Costa Rica. P. 25.
- Hartmann, H. y Kester, D. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. P. 880.
- Herrera, G. R. 2007. Evaluación de diferentes sistemas de fertilización orgánica con tres híbridos de tomate bola. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah., México. P. 81.
- Howard, M 1998. Hydroponic Food Production. A Definitive Guide-book for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. Woodbridge. Santa Barbara, California. P. 520.
- INFOAM. 2003. International Federation of Organic Agriculture Movements (INFOAM). Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158 p.
- Jacobo, A., Uexkull H., 1993 Nutrición y abono de los cultivos tropicales y subtropicales. Cuarta edición. México: Ediciones ecoamericanas. 626p.
- Jaramillo, R. M., Guzmán, A., Zapata, M. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero corpoica c.i. la selva y minagricultura.
- Juárez L., P., Bugarín, M. R., Castro B. R., Sánchez, M. A., Cruz, C. E., Juárez, R. R., Alejo, S. A. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Rev. Fuente* 3(8):140- 155
- Larenas, B.F., y Barrios, C.O. 2004. Construcción de un invernadero, Santiago de Chile. Pp 4. Disponible en: http://www.fucoa.gob.cl/pdf_zip/capacitacion/manual_invernadero.pdf. Fecha de acceso: 12 de septiembre de 2012
- Lemaire, F. 1997. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005, 210 p.

- Lemaire, F. 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Madrid: ediciones Mundi prensa p 210.
- León, M., Cun R., Yohima Chaterlán y R. Rodríguez. 2005 Uso Eficiente del Agua en el Cultivo del Tomate Protegido Resultados Obtenidos en Cuba. Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias 3 (14) 9-13
- Linares, O.H. 2004. Manual del participante cultivo de jitomate con hidroponía. Secretaria de la Reforma Agraria. México. pp 44. Disponible en http://www.sra.gob.mx/internet/información_general/programas/fondo_tierras/documentos.html fecha de consulta 20/04/2012. Acceso: 30/8/2012
- López, A. 2004. Productos orgánicos ganan popularidad en el mercado. El financiero. 11 de marzo.
- López-Cuadrado, M. y C. Masaguer 2006, A. Sustratos para viveros: Conocer sus propiedades ayuda a su correcta utilización. Rev. Horticultura.3 (4):44-50.
- López, E. J. 2003. Producción de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno. Tesis. Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México. Pp. 82
- López, Martínez. J., Antonio Díaz A., Estrada E., Martínez R., y Ricardo D. 2001 Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Rev. Terra. 19(4):23-30
- Macías, R. H., Romero, F. E. y Martínez, S. J. 2003. Agricultura Protegida, Cap.6, Invernaderos de plástico. INIFAP CENID-RASPA, Gomez Palacios Durango. Pp 13-16.
- Macilwain, C. 2004. Organic: is it the future of farming. Nature 428:792-793
- Maroto, B. J. V. 2002. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 702 p.
- Márquez H., C. y Cano R., P. 2004. Producción de tomate orgánico bajo invernadero. In:2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. 20 y 21 de mayo del 2004 en Monterrey Nuevo León, fundación UANL y facultad de agronomía de UANL. Pp 1-11.
- Márquez H., C., Cano R., P. y Rodríguez D., N. 2008 Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero Rev. Agric. Téc. Méx. 34(1): 4-10
- Melgarejo R., M. y I. Ballesteros M., 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y composta. Derivados de diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Rev. Colombiana de Química. 26(2): 3-7
- Mendoza, J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). Rev. Ra Ximhai, vol. 6, núm. 3, septiembre-diciembre, 2010, pp. 365-372.
- Mora, L. 1999. Sustratos para Cultivos sin Suelo o Hidroponía, In: II Simposium Congreso Nacional de Horticultura. Pp. 95-99 Disponible en:

<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhhort02/ponencia06.pdf>. Fecha de acceso: 26/10/2011

- Morales D.; León M.; Dell'Amico J.; Jerez E.; Cun R. y Berenguer T. 1999. Influencia del Riego de Alta Frecuencia en las Relaciones Hídricas y Rendimiento del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Cultivos Tropicales 20(1):43-46
- Morel, P. Poncet L. y L. Riviére 2000. Les Supports de Culture Horticoles. Les Matériaux Complémentaires et al.ternatifs á la Tourbe. INRA. París. 87p.
- Moreno R., A., Gómez F., P. L., Cano R., P., Martínez, C.V., Carrillo, J. L. y Márquez, C. H. 2004 Comportamiento de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en mezclas de vermicomposta y arena bajo condiciones de invernadero. In: Memorias de la XV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED en Gómez Palacio Durango. Septiembre 2004.
- Moreno R., A., M. T. Valdés y L. T. Zarate 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de composta/arena bajo condiciones de invernadero. Rev. Agricultura Técnica (Chile).65(2):27-34.
- Moreno. R. A, L. Gómez-Fuentes, P., Cano-Ríos, V., Martínez-Cueto, J. L., Reyes-Carrillo, J. L. Puente-Manríquez y N., Rodríguez-Dimas 2008 Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. Rev. Terra Latinoamericana. 26(2): 103-109
- Moreno R., A., Cano R., P. y Rodríguez D., N. 2009. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. In: Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah. Mex.
- Moreno, I. T. 2002. Cultivo de Hortalizas sin Suelo. Instituto Nacional del Empleo. Centro de Formación Profesional de Horticultura. C/ Remata s/n C.P. 04407/ Almería, España.
- Muñoz R., J. J. 2003. La producción de hortalizas bajo invernadero en México. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. PP. 14-16.
- Mustin, M.1987. Le compost, Gestión de la Matière organique. Paris, Editions Francois DUBUSC, 954 p.
- Nardi, S., F. Morari, A. Berti, M. Tosoni, y L. Giardini. 2004. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilisers. European Journal of Agronomy 21: 357–367.
- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México. 5 pp.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguéz, E., Larrinaga-Mayoral, J.A., García-Hernández, J.L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8): 417-421.
- Noguera, P. 2000. Coconut Coir Waste, A New And Viable Ecologically-Friendly Peat Substitute. Acta Horticulturae. 517:279-286.

- NOM-037-FITO, 1995. Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D.F.
- Nuez F, B Pico 1997. Germplasm of tomato and wild relatives from genebank of the Polytechnic University of Valencia. In: Proc. 1st Intl. Conf. ON the Processing and 1st Intl. Symp. Tropical Tomato Diseases. 18-22 November, Recife, Pernambuco, Brazil. G Alves M, G M B Lopes, C Hayward, R R L Mariano, E A A Marahao (eds). The American Society for Horticultural Science and Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria, Pernambuco, Brasil. Pp: 83-89.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del Tomate. Ediciones Multi Prensa.338,391.P. 29-31
- Ocampo, M. J., Caballero, M. R., y Tornero, C. M. A. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. In: 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.
- Ochoa, Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Rev. Chapingo. Serie horticultura, 15(3): 245-250
- Ortega-Farías S., Ben-Hur Leyton; Hector Valdés y Hernán Paillán. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. Rev. Agri. Téc. (chile) 61(4):479 – 487
- Ortega-Farías S.; Ben-Hur Leyton; Hector Valdés y Hernán Paillán. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano. Rev. Agri. Téc. Chile. 63(4)
- Ortega-Martínez L.; Sánchez-Olarte J.; Ocampo-Mendoza J; Sandoval-Castro E; Salcido-Ramos B. A. y Manzo-Ramos F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Rev. Ra Ximhai. 6(3):339-346
- Pacheco-Abraham, J.A. (s/f). Fundamentos técnicos para la construcción de invernaderos. Fundación Produce Sinaloa. Disponible en: <http://www.fps.org.mx/imagenes/quehacemos/publicaciones/libros/test/produccion%20de%20hortalizas%20bajo%20invernadero.pdf>. Fecha de acceso: 3/10/2011
- Papaseit, P. Badiola, J. Armaguel, E. 1997. Los plásticos en la agricultura protegida.Rev. Aricultura Tropical 35(2). 27-33 p.
- Paul, E. A., Clark, F. E. 1996. Soil microbiology and biochemistry. 2 ed. Academic.Press.340 P.

- Pereira, M. G. y Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material: characterization and potentialities for cadmium adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.* 14:39-47
- Peralta, I. E. D M Spooner 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*. Vol. 2. Tomato. M K Razdan, A K Mattoo (eds). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp: 1-24.
- Peralta, I. E., S. Knapp, y D. M. Spooner. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30(2): 424–434
- Pressman, E., Shacked, R., Rosenfeld, K., Hefetz, A. 2004. A comparative study of the efficiency of bumblebees and an electric bee in pollinating unheated greenhouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science Biotechnology*.74(1):101-104.
- Quintero S. R. 2004. Nutrición vegetal orgánica. Curso taller sobre producción orgánica. INCAPA. Guadalajara, Jal.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *Hort. Tech.* 15:52-57.
- Raviv, M., Y. Chen, Z. Geler, S. Medina, E. Putievski y Inbar. 1984. Slurry produced by methanogenic fermentation of cow manure as a growth medium for some horticultural crops. *Acta Horticulturae* 150: 563-573.
- Reinés, A. M. Lombricultura (alternativa para el desarrollo sustentable). Editorial, Libra. Universidad de Guadalajara.1998.P.1-36.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos hidropónicos. 4ª edición. Editorial Mundi-Prensa. España.
- Ríos J. A. 2002. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de los híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México 59p.
- Robledo, T. 2002. Producción de Hortalizas en invernadero con enfoque orgánico. *In: Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ UJUED*. Pp. 47, 48.
- Robles J 1999. Cómo se Cultiva en Invernadero. Ed. De Vechi. Balmes, Barcelona. 189 p.
- Rodríguez, D. N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno en la Comarca Lagunera. Tesis nivel de maestría. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México Pp. 15, 18 y 76.
- Rodríguez-Dimas, N., Favela-Chávez E., Cano-Ríos.P., Palomo-Gil A., y Moreno-Reséndez A. 2005 Evaluación de sustratos en la producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero. *In: XL congreso nacional Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*. UACH. Chihuahua, Chi. México. Del 27 al 29 de septiembre del 2005
- Rodríguez D., N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes U., de Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa

- orgánica en la producción de tomate en invernadero. Rev. Chapingo Serie Horticultura 13(2):185-192
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, E. Favela-Chávez, V. de P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández y A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humos de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 31: 265-272.
- Rodríguez D., N.; Cano Ríos P., Figueroa Viramontes U., Favela Chávez E., Moreno Reséndez A., Márquez Hernández C., Ochoa Martínez E. y Preciado Rangel P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Rev. Terra Latinoamericana 27(4): 319-327.
- Rodríguez R., R., J. M. Tavares R. Y J. A. Medina J. 2001. Cultivo moderno del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. 255p.
- Rodríguez, F. E., And Ibarra J. L. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial, Limusa, S.A. de C. V. pp. 13
- Rodríguez, R.R., J.M. Tavares R. y J.A. Medina J. 1997. Cultivo Moderno del Tomate. 2a Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 255 p.
- Samperio-Ruiz, G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Editorial Diana S. A. de C.V. México. Pp. 57-70.
- Sánchez, Peña P, K Oyama, J Núñez-Farfán, J Fornoni, S Hernández-Verdugo, J Márquez-Guzmán, J A GarzónTiznado. 2006. Sources of resistance of whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme (Dunal) Spooner G J, Anderson et R K Jansen, in Northwestern México. Gen. Res. Crop Evol. 53:711-719.
- Santiago, J.; Mendoza M. y Borrego F. 1998. Evaluación de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Invernadero: Criterios Fenológicos y Fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 9(1):59-65.
- Schlermeler, Q., 2004. Organic World View. Nature 428: 794-795
- SAGARPA. 2011. Secretaría de Ganadería Agricultura Pesca y Alimentación (SAGARPA). Programa de Ejecución Directa de Agricultura Protegida. Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación. [Consultado 2012 mayo 5]. Disponible en: <http://www.amhpac.org/contenido/plan%20nacional%20de%20agricultura%20protegida%202009.pdf> Fecha de acceso: 09/05/2012
- SAGARPA-ASERCA. 2011 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Pliego de condiciones para uso de la marca oficial México Calidad Suprema en tomate.
- SAS, Institute, Inc. 1999. SAS/STAT User's Guide. Version 8. SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- SIAP, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Producción de jitomate rojo orgánico. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Fecha de consulta: 8 de agosto de 2012
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2011. Producción de jitomate rojo bajo invernadero. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>. Fecha de consulta: 23 de agosto de 2012

- Sevilla, R, M Holle 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Luis León Asociados S.R.L. Lima, Perú. 445 p.
- Shany, M, 2004. Producción de hortalizas en condiciones tecnificadas, pp 3-4. Disponible en: http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Cultivo_invern_ad.pdf. Fecha de acceso 21 de septiembre de 2012.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta). 2008. Información de la Producción Agrícola Nacional por Entidad Federativa de los años 1980 a 2008. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Disponible: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>.
- Tabares, R. J. y J. Medina S. 1997. Cultivo moderno del tomate. Segunda edición. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España. Pp 65-81.
- Terres V., Artetxe, A., Beunza, A. 1997. Caracterización Física de los Sustratos de Cultivo. Rev. Horticultura.123(4):89-104.
- Ünver I., Atamán Y, Canga M R. Y Munsuz N 199. Buffering capacities of some mineral and Organic substrates. Acta Horti. 238:83-97.
- Vargas Tapia, P., Javier Z Castellanos-Ramos, P Sánchez- García, L Tijerina-Chávez, R M López-Romero y J L Ojodeagua-Arredondo 2008 Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco Rev. Fitotec. Mex.3 (4): 375 – 381
- Velasco, H. E, Nieto, A. R. 2005. Cultivo de jitomate en hidroponía e invernadero. Universidad Autónoma Chapingo, México 100 p.
- Vicencio, de la Rosa M., Elena Pérez-López, Medina-Herrera E., y Martínez-Prado A. 2011 Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro Rev. Int. Contam. Ambient.27(3).
- Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, E. Jamroz, y A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biology & Biochemistry. 39: 1294–1302.
- Yescas C., P., Segura-Castruita M. A.; Orozco-Vidal J. A., Enríquez-Sánchez M., Sánchez-Sandoval J. L., Frías-Ramírez J. E., Montemayor-Trejo J.A.; y Preciado-Rangel P. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. Rev. Terra Latinoamericana. 29(4)
- Zaidan, O. 1997. La producción del tomate. Ministerio de relaciones exteriores, Centro de Cooperación Internacional y Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, Centro Internacional para el Desarrollo Agrícola del estado de Israel.
- Zamorano U., J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias. p. 3-4
- Zarate L., T. 2002 Respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en cuatro sustratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México. P. 63

VII APENDICE

Cuadro A1 Ecuaciones de regresión en relación con la altura de planta para para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

Riego	Sustrato	Ecuación de Regresión*	r ²	AF(cm)
RCD	AC	2.8998x-30.405	0.97	317.6 e
RC2D	AC	2.0663X-36.92	0.98	213.1 h
RC3D	AC	1.5666X-34.822	0.91	153.2 i
RCD	AV	3.2179x-20.829	0.98	365.3 a
RC2D	AV	2.7299X-14.414	0.99	313.2 f
RC3D	AV	2.6427X-29.604	0.99	287.5 g
RCD	ACV	2.9647x-12.842	0.98	342.9 c
RC2D	ACV	3.1504X-26.68	0.99	351.4 b
RC3D	ACV	2.886X-11.084	0.97	335.2 d

*Días después del trasplante = x; y= Altura, AF=120 días después del trasplante

Cuadro A2 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, en la variable altura de planta para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	21053.41111	10526.70555		.0001 **
Sustrato	2	45135.63689	22567.81845		.0001 **
RXS	4	13180.60299	3295.15075		.0001 **
Error	6	0.00000	0.00000		
Total	17	79369.65099			
CV %	0				
Media	297.71				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A3 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, en la variable rendimiento para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	205587404.2	102793702.1	10.70	0.0009 **
Sustrato	2	163434861.5	81717430.7	8.51	0.0025 **
RXS	4	41248900.2	10312225.1	1.07	0.0002 **
Error	18	172906847.3	9605936.0		
Total	35	641375320.4			
CV %	39.44				
Media	7.85				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A4 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable peso del fruto por planta para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	1002.401906	501.200953	1.05	0.3697NS
Sustrato	2	2276.267272	1138.133636	2.39	0.1201NS
RXS	4	2772.480961	693.120240	1.46	0.2570NS
Error	18	8574.04003	476.33556		
Total	35	18331.32356			
CV %	29.16				
Media	74.836				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A5 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable diámetro polar para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	2.50723889	1.25361944	4.88	0.0203*
Sustrato	2	1.34987222	0.67493611	2.63	0.0998NS
RXS	4	2.80021111	0.70005278	2.72	0.0620NS
Error	18	4.62471667	0.25692870		
Total	35	13.60102222			
CV %	8.88				
Media	5.70				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A6 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable diámetro ecuatorial para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	3.26867222	1.63433611	11.51	0.0006**
Sustrato	2	1.77403889	0.88701944	6.25	0.0087 **
RXS	4	1.10399444	0.27599861	1.94	0.0011 **
Error	18	2.55490000	0.14193889		
Total	35	10.59585556			
CV %	7.65				
Media	4.92				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A7 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable espesor de pulpa para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	0.00585000	0.00292500	0.39	0.6800NS
Sustrato	2	0.03461667	0.01730833	2.33	0.1258NS
RXS	4	0.06068333	0.01517083	2.04	0.1311NS
Error	18	0.13363333	0.00742407		
Total	35	0.28627500			
CV %	11.45				
Media	0.75				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A8 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable solidos solubles para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	5.50950556	2.75475278	13.57	0.0003 **
Sustrato	2	3.45923889	1.72961944	8.52	0.0025 **
RXS	4	6.05127778	1.51281944	7.45	0.0001 **
Error	18	3.65341667	0.20296759		
Total	35	20.82512222			
CV %	9.16				
Media	4.91				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A9 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable número de frutos para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	1828.666667	914.333333	9.56	0.0015 **
Sustrato	2	877.166667	438.583333	4.59	0.0245 *
RXS	4	215.166667	53.791667	0.56	0.0024 **
Error	18	1721.000000	95.611111		
Total	35	5291.000000			
CV %	36.44				
Media	26.63				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A10 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANDEVA realizados, para la variable número lóculos para la evaluación del comportamiento del tomate con diferentes sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Riego	2	0.61383889	0.30691944	2.26	0.1327NS
Sustrato	2	1.24387222	0.62193611	4.59	0.0245 *
RXS	4	0.90657778	0.22664444	1.67	0.047 *
Error	18	2.44041667	0.13557870		
Total	35	6.76016389			
CV %	15.29				
Media	2.40				

**Altamente significativo al 1 % *significativo al 5 % y NS no significativo