

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“Impacto de tres frecuencias de riego sobre el comportamiento del tomate  
desarrollado en sustratos orgánicos”**

**Por:**

**CLEYVER ANTONIO RODRÍGUEZ ESCANDÓN**

**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

"IMPACTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO SOBRE EL  
COMPORTAMIENTO DEL TOMATE DESARROLLADO EN SUSTRATOS  
ORGÁNICOS

POR:

CLEYVER ANTONIO RODRÍGUEZ ESCANDÓN

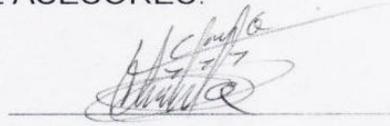
TESIS

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

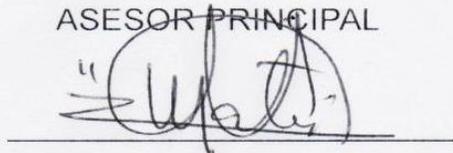
REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESORES:



Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ  
ASESOR PRINCIPAL



MC. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ  
ASESOR EXTERNO



ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
ASESOR



Dr. MARIO GARCÍA CARRILLO  
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

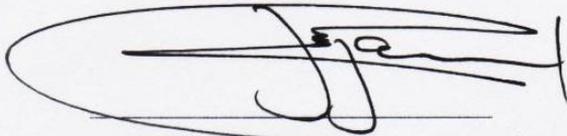
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. CLEYVER ANTONIO RODRÍGUEZ ESCANDÓN QUE SOMETE  
A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:



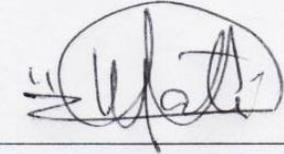
Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

PRESIDENTE



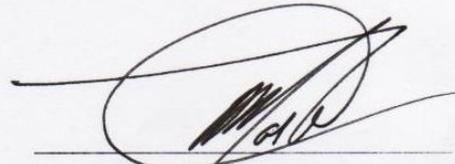
MC. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ

VOCAL



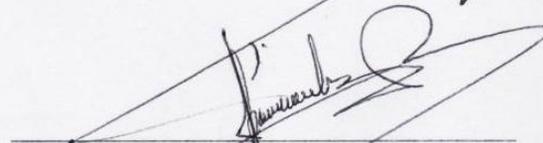
ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL



Dr. MARIO GARCÍA CARRILLO

VOCAL SUPLENTE



Dr. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios por haberme dado la vida para llegar a este momento  
A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por los momentos vividos en ésta institución, cuatros años de trayectoria estudiantil adquiriendo conocimientos y experiencias, para lograr la superación profesional.

Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez por su gran apoyo para llevar a cabo este trabajo y por sus ánimos de seguir siempre adelante ante cualquier situación.

Al MC César Márquez Quiroz por el gran apoyo durante la realización del trabajo de campo y asesoría en la realización de esta tesis.

En general a todos los profesores que participaron en mi formación profesional

A mis compañeros que me brindaron su apoyo y amistad.

## DEDICATORIAS

A mis Padres:

Lisandro Rodríguez Guillen y Socorro Escandón Hernández

Por haberme dado la vida y apoyarme incondicionalmente en todo momento y por toda la confianza y fe para que pudiera lograr mi formación profesional.

A mis Hermanas:

Carolina del Carmen Rodríguez Escandón

Yuliana Rodríguez Escandón

Por el cariño y apoyo que siempre me han brindado, les dedico el siguiente éxito motivándolos a seguir adelante para lograr sus propósitos.

A mi prometida Guadalupe Espinosa Galicia que siempre estuvo a mi lado y motivándome a salir adelante y dar el 100% todos los días para llegar a este logro.

A toda mi familia por los consejos y por qué siempre me motivaron a salir adelante

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iiiv
<b>Resumen</b> .....	x
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo .....	2
1.2 Hipótesis.....	2
<b>II.- REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Importancia del Cultivo de Tomate .....	3
2.2 Producción de Tomate Bajo Invernadero en México .....	3
2.3 Agricultura Orgánica .....	5
2.4 La Hidroponía como Sistema de Producción .....	6
2.5 Sustratos más Utilizados .....	7
2.5.1 Perlita .....	7
2.5.2 Lana de Roca .....	8
2.5.3 Tezontle .....	9
2.5.4 Turba .....	9
2.5.5 Arena .....	10
2.5.6 Fibra de Coco .....	10
2.5.7 Vermicompost.....	11

2.6.- Requerimientos Hídricos del Tomate.....	12
2.7.- Abonos Orgánicos.....	13
2.8 Características de los Abonos Orgánicos.....	15
2.10 Trabajos Realizados con Sustrato Orgánico .....	18
<b>III MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Ubicación Geográfica de la Comarca.....	23
3.2 Localización del Experimento.....	23
3.3 Condiciones Experimentales.....	23
3.4 Diseño Experimental .....	23
3.5 Siembra.....	25
3.6 Riego.....	25
3.7 Fertilización Orgánica.....	26
3.8 Labores Culturales .....	27
3.8.1 Tutorio .....	27
3.8.2 Polinización .....	27
3.8.3 Podas .....	27
3.8.4 Control de Plagas y Enfermedades.....	28
3.8.5 Control de Maleza .....	28
3.8.6 Cosecha .....	28
3.8.9 Variables Evaluadas.....	29

3.8.10 Análisis de los Resultados.....	29
<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Peso del Fruto .....	30
4.2 Diámetro Polar .....	31
4.4 Contenido de Sólidos Solubles.....	32
4.5 Rendimiento .....	33
4.6 Número de Frutos por Planta .....	33
4.7 Altura de Planta .....	34
4.8 Dinámica de Crecimiento .....	34
4.9 Eficiencia del Uso de Agua por Planta. ....	35
<b>V. - CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. - LITERATURA CITADA .....</b>	<b>39</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades físicas de la arena.....	10
Cuadro 2. Composición de los sustratos y frecuencia de aplicación de riegos durante el desarrollo del tomate en condiciones de invernadero.....	23
Cuadro 3. Períodos y volúmenes de agua aplicados al tomate por maceta en las tres frecuencias de riego.....	24
Cuadro 4 . Ecuaciones lineales y $R^2$ de los diferentes tratamientos.....	34
Cuadro 5. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en tomate cv. Kickapoo, desarrollado con abonos orgánicos y diferentes frecuencias de riego bajo condiciones de invernadero.....	35

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano del 2011, en el invernadero número 2 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, con el propósito de evaluar el impacto de tres frecuencias de riego sobre el comportamiento del tomate (*Solanum lycopersicon* L.), desarrollado en sustratos orgánicos. El trabajo experimental se condujo bajo un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, (las parcelas grandes compuestas por el factor riego, las parcelas pequeñas estuvieron compuestas por el factor sustratos), con cuatro repeticiones. Se evaluaron: a) mezclas de sustratos, mezcla de arena con compost (AC), mezcla de arena con vermicompost (AVC) y mezcla de arena con compost y vermicompost (ACVC); y b) frecuencias de riegos: riego diario (RCD), riego cada dos días (RC2D) y riego cada tres días (RC3D), a todas las unidades experimentales se les aplicó té de vermicompost al 2.5 % de concentración. El híbrido utilizado fue el "Kickapoo," la siembra se efectuó el 6 de marzo del 2011 en charolas germinadoras de 200 celdillas con sustrato de Peat Moss (Premier®), 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<sup>-2</sup>. Las variables evaluadas fueron: peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, contenido de sólidos solubles, rendimiento,

número de frutos por planta, altura de planta y la eficiencia del uso de agua por planta. La frecuencia de riego RC3D presentó el mayor contenido de sólidos solubles, con 5.10 °Brix, en cuanto a sustrato el mejor rendimiento lo presentó la mezcla ACVC con 11.69 (kg•m<sup>-2</sup>), en lo que respecta a la interacción riego-sustrato la mejor fue ACVCRC3D en el cual se obtuvieron diferencias no significativas, según el análisis de variancia en todas las variables evaluadas, cabe resaltar el uso eficiente del agua ya que se consumió menor cantidad de agua y con ello reduciría el costo de producción y se podría sembrar más superficie, debido a que puede realizar un manejo más eficiente del recurso agua.

**Palabras clave:** *vermicompost, agricultura orgánica, rendimiento, compost, requerimiento hídrico.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de tecnología moderna, para la producción de cultivos hortícolas, incluye tener conocimientos mínimos de las características de los recursos naturales con que se cuenta en cada región, como lo es el agua y el suelo. El manejo adecuado del riego, en los sistemas de producción hortícola, garantiza la obtención de un mayor rendimiento potencial. El conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos comprende un cúmulo de información necesaria para planificar los diferentes métodos de riego, a fin de maximizar su eficiencia y el logro de un mejor y mayor rendimiento (Méndez., 1995).

El riego, como factor esencial de la producción, influye sobre el rendimiento y la calidad de las especies vegetales, dentro de las cuales destaca el cultivo del tomate (Rudich y Luchinsky, 1986). En consecuencia, la programación adecuada de los riegos es crucial para conseguir resultados satisfactorios en los sistemas de producción intensivos (Castilla-Prados., 2004).

En la Comarca Lagunera, la escasez de agua es un problema que afecta a la mayoría de los cultivos, por lo cual los productores se ven en la necesidad de aprovechar al máximo este recurso para así obtener una mejor y mayor producción (García-Salazar., 2008).

El uso de sustratos para la producción de hortalizas se ha empleado desde hace años como parte del sistema de producción bajo invernadero. En la actualidad el uso de sustratos orgánicos, entre los cuales destacan el Compost y el Vermicompost, se ha estado empleando en la producción hortícola, ya que estos materiales cuentan con propiedades físicas y químicas óptimas para el desarrollo del cultivo, además de que aportan nutrientes esenciales para el desarrollo adecuado de las especies vegetales. Otra de las características que presentan estos materiales es la alta capacidad de retención de agua por parte de estos materiales, lo cual beneficia en el menor uso de agua en lugares como la Comarca Lagunera sin afectar la producción (Zarate., 2007). Por otro lado en la Comarca Lagunera se producen mensualmente alrededor de 49 mil toneladas de materia seca de estiércol, es decir se dispone de grandes cantidades de materia prima para la elaboración de estos sustratos, a través de procesos de composteo ó vermicomposteo bovino (Luévano y Velásquez., 2001).

### **1.1 Objetivo**

Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de riego (riego diario, riego cada dos días y riego cada tres días) y mezclas de arena, vermicompost y compost utilizados como sustrato sobre el desarrollo del cultivo de tomate.

### **1.2 Hipótesis**

Al menos una frecuencia de riego en combinación con alguna mezcla de arena, vermicompost y compost, tendrá mayor impacto en lo que respecta a la cantidad de agua utilizada, esto sin afectar la producción del tomate.

## II. -REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1.-Importancia del Cultivo de Tomate

El tomate (*Solanumlycopersicon*L.) ocupa el tercer lugar en cuanto a volumen de producción mundial, ya que es la hortaliza que más se cultiva bajo condiciones protegidas, se consume en todo el mundo y alcanza precios elevados en el mercado internacional en ciertas épocas del año (Márquez *etal.*, 2009).

En México,el tomate es la segunda especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada, en sistemas protegidos supera las 2,000 ha, con rendimientos entre 100 y 500 t•ha<sup>-1</sup>•año<sup>-1</sup>, en función del nivel de tecnificación del invernadero (Sandoval, 2005; SIAP, 2011).

### 2.2.-Producción de Tomate Bajo Invernadero en México

En Méxicola superficie empleada para cultivos en invernadero asciende a 4,900 ha, y representa una tasa de crecimiento anual de 25 % de esta superficie, de las cuales 3,450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca., 2006).La producción de tomate en el 2008 fue de 2.3 millones de toneladas (SIACON, 2009).La producción bajo invernadero tiene varias ventajas sobre la producción a campo abierto:

1. Mayor eficiencia en el uso de agua
2. Mayor eficiencia en el uso de tierra
3. Mayor eficiencia en el uso y aplicación de fertilizantes
4. Ajuste de la temporada de siembra y cosecha, de acuerdo con la demanda del mercado. (Flores *et al.*, 2007).

Adicionalmente, al haber un mejor control en las variables ambientales y agronómicas, la producción de invernadero es mejor, en calidad y cantidad, que la producida a campo abierto (Papadopoulos, 1991; Snyder, 1992), y se asegura el abastecimiento de esta hortaliza para los consumidores, la producción bajo invernadero como sistema de producción es de gran eficiencia es por eso que los resultados en cuanto a producir con el son muy satisfactorios (Flores *et al.*, 2007).

En México los principales estados productores de hortalizas en invernadero son: Jalisco, Sinaloa, Baja California Sur, Baja California Norte, Colima y Sonora. También destacan otros estados, que aunque en la actualidad presentan una baja superficie, tienen una tasa de crecimiento muy importante, como lo son, 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).

### **2.3.-Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica, también denominada ecológica, biológica, entre otros calificativos, es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el ambiente, promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (IFOAM., 2011).

En la agricultura orgánica se excluyen el uso de productos de síntesis química como fertilizantes y plaguicidas, se evita el uso de organismos modificados genéticamente, aguas negras, radiación y nanotecnología (Gómez-Cruz *et al.*, 2005).

Para México, la agricultura orgánica es una opción viable dadas las bondades que esta actividad ofrece al país, pues está asociada principalmente a pequeños productores con una superficie menor de 3 ha, 22 grupos indígenas, y 35% de mujeres responsables de la producción de hortalizas en un sistema orgánico, además de que está ligada a una forma de producción que protege y conserva a los recursos naturales. México es líder mundial en la producción de café orgánico y sus características agroecológicas le dan ventaja comparativa también en la producción de hortalizas de invierno y frutas tropicales, cuyo mercado se ha orientado fundamentalmente al comercio internacional, creando una fuente

importante de divisas (Gómez-Tovar *et al.*, 2012).

El crecimiento de la agricultura orgánica en México se concentra en los estados de Chiapas y Oaxaca, que son las entidades más pobres de país, con los Índices de Desarrollo Humano más bajos. Así mismo, México está dentro de las 12 naciones catalogadas como “mega diversas” del mundo. Chiapas, Oaxaca y Veracruz concentran alrededor de 70% de la biodiversidad del país. La distribución de la superficie orgánica por entidades es de 32% en Chiapas, 17% de Oaxaca, 13 % en Michoacán, 8% en Querétaro, 4.6% en Tabasco, 4.9% en Guerrero, 4% en Veracruz, 3.7 % en Sinaloa y el resto en las demás entidades (Gómez-Tovar *et al.*, 2012).

#### **2.4.-La Hidroponía Como Sistema de Producción**

La hidroponía se define como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua, y en lugar de suelo se utiliza como sustrato un material inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva (Gonzales., 2006a).

Los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos grandes grupos: 1) cerrados y 2) abiertos. Los cerrados, son aquellos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrimentos que la planta va consumiendo, y los abiertos o a solución perdida, en la que la solución nutritiva es desechada (Alarcón., 2005).

El interés por el sistema hidropónico a nivel mundial obedece a los altos rendimientos y a la calidad del producto que por unidad de superficie se pueden obtener (100% más que el cultivo en suelo en el cual se obtiene 20 a 30 t·ha<sup>-1</sup> cosecha<sup>-1</sup>) (González., 2006b), lo que significa mejor mercado y precio de venta.

En México, la hidroponía empezó a desarrollarse desde hace aproximadamente veinte años, y dada las circunstancias de una técnica relativamente nueva, se empezaron a utilizar sustratos de importación muy eficientes pero con algunos inconvenientes, como la adquisición y los altos costos, tales como la agrolita, la lana de roca, perlita, el Peat moss, sin embargo, y dada la situación económica y el desconocimiento en el manejo por los productores, se ha hecho necesario buscar por alternativas de sustratos que no impliquen, altos costos y de fácil manejo, por ejemplo, el “tezontle” (del eje neo volcánico), “tepetziti” y la fibra de coco (de las zonas costeras), que han sido excelentes sustratos en las diferentes especies hortícolas (Batida-Tapia., 2002), la hidroponía se puede construir, así, en una importante industria de índole biológica, entre la agricultura y la manufactura de los cultivos, ya que al aprovechar esta técnica de producción controlada, presenta una serie de ventajas y desventajas (García, 2000; Samperio, 1997).

## **2.5.-Sustratos más Utilizados en la Hidroponía**

### **2.5.1 Perlita**

La perlita es un mineral de origen volcánico. Este material recién sacado pasa por un proceso de molido y es transformado industrialmente mediante un

tratamiento térmico, con un precalentado de 300 a 400 °C y depositado en hornos a 1,000 °C. A estas temperaturas se evapora el agua contenida en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad, obteniendo un material de  $128 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  de densidad (Cuadrado., 2000).

### Propiedades Químicas

La perlita es un material es inerte que no se descompone ni biológica ni químicamente. Al emplear soluciones nutritivas con pH inferior a 5, se puede producir una solubilización del aluminio y provocar fitotoxicidad. El pH es neutro o ligeramente alcalino inicialmente y puede ser corregido como en el caso de la lana de roca. Susalinidad es muy baja, tiene muy baja capacidad de intercambio catiónico ( $1.5\text{-}2.5 \text{ meq}\cdot 100^{-1} \text{ g}$ ) y la capacidad para mantener la concentración de nutrientes (Cuadrado., 2000).

### 2.5.2 Lana de Roca

Este sustrato se obtiene por la fundición de un 60 % de diabasa, 20 % de piedra caliza y 20 % de carbón de coque, que se introduce en un horno a una temperatura de 1,600 °C. Se añaden estabilizantes (resina fenólica bakelita) y mojantes. Posteriormente se comprime a una temperatura de 260 °C y adquiere su forma, en donde se corta en tablas, para ser embolsadas con un plástico opaco, generalmente blanco en la cara exterior y embalada (Baixauli-Aguilar., 2003).

## Propiedades químicas

Este material es inerte, aunque está compuesto por óxidos de azufre, calcio, aluminio, magnesio, hierro etc., que estos elementos no los se pueden aprovechar por la planta. La lana de roca tiene una cierta reacción alcalina en un primer momento, que puede ser corregida mediante su manejo por medio de la saturación del sustrato con una solución nutritiva ácida, con un pH de 5.5 a 5.8. Su capacidad de intercambio catiónico y su poder tampón son prácticamente nulos. Por lo que se deberá prestar especial atención en el manejo de la solución nutritiva (Baixauli-Aguilar., 2003).

### **2.5.3 Tezontle**

Este sustrato es de origen volcánico de color rojizo o negro que se emplea como cubierta en los caminos rurales, pero que puede ser usado en los sistemas hidropónicos debido a sus características favorables como buena aireación, químicamente inerte, estéril, aislante, durable y económicamente accesible, presenta desventaja como la baja retención de agua y relativamente es pesado (Zuanget *al.*, 1986).

### **2.5.4 Turba**

Está compuesto de materiales orgánicos producidos por la descomposición lenta de vegetales en zonas con excesos de humedad y deficiente oxigenación. Como consecuencia de estas condiciones, los materiales orgánicos solo se han descompuesto parcialmente; de ahí su aspecto fibroso característico y específico de cada tipo de turbera y sus propiedades, fundamentalmente su capacidad de

retención de humedad (Ballester-Olmos., 1992). Por su alto costo, la turba es usada principalmente en producciones de plántulas, por su características fisicoquímicas es un sustrato adecuado para este proceso (Baixauli-Aguilar., 2003).

### 2.5.5 Arena

La arena es un material natural inerte, que se emplea en la confección de mezclas para sustratos artificiales. El tipo de arena adecuada para estas mezclas es la silíceas, de tamaño muy fino, pudiéndose utilizarse la de los ríos, de yacimientos y de playas; en este último caso es necesario lavarlas antes de ser empleadas (Serrano., 1990). En el Cuadro 1 se muestran las propiedades físicas de la arena.

**Cuadro 1.** Propiedades físicas de la arena.

Características	unidades
Densidad aparente	1,500 g·cm <sup>-3</sup>
Porosidad total	□ 50 %
Capacidad de retención de agua fácilmente disponible alta	
Capacidad de aireación	□ 7.2 %
CIC	□ 5 meq·100 <sup>-1</sup> g

(Sanz de Galeano, *et al*, 2003)

### 2.5.6 Fibra de Coco

Este material vegetal procedente de los desechos de la industria del coco, tras la extracción de las fibras más largas del mesocarpio, que son utilizadas para la fabricación de cuerdas, cepillos, etc., se aprovechan las fibras cortas y el polvo de tejido medular en proporciones variables como sustrato (Evans *et al.*, 1996;

Noguera *et al.*, 2003).

La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad *et al.*, 1997).

### **2.5.7 Vermicompost**

Es un tipo de material en la cual cierto tipo de lombrices de tierra *Eisenia fétida*, transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado vermicompost (Soto y Muñoz., 2002). En el vermicompost como en cualquier otro abono orgánico, las cantidades de elementos minerales del producto resultante son muy variables, dependiendo de la composición de la materia prima utilizada y del manejo que se dé a las camas de compostaje (Labrador., 2001).

El vermicompost es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. También resulta rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad 5 a 6 veces más que con el estiércol común, los experimentos efectuados con humus de lombriz en distintas especies de plantas, demostraron el aumento de las cosechas en comparación con aquellos provenientes de la fertilización con estiércol, o con abonos inorgánicos de origen sintético (de Sanzo y Ravera., 2000).

## 2.6. - Requerimientos Hídricos Del Tomate

Para cualquier cultivo la disponibilidad del recurso agua es de gran importancia por los procesos metabólicos donde está presente y podrían afectar en gran proporción a la producción. Uno de los principales factores que afectan el rendimiento del cultivo de tomate es la aplicación oportuna y suficiente del riego. Al igual que una inadecuada programación de riego puede afectar negativamente al favorecer la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos (Adams y Ho, 1993; Peet y Willits, 1995).

La aplicación de riego bajo invernadero es más eficiente, pero aún no se tienen datos del momento y la carga de agua necesaria en México. Aunque existen diversos estudios para determinar los requerimientos de riego del tomate a campo abierto, su estimación en ambientes cerrados es dispersa y limitada (Willits, 2003). Más aún, los estudios en condiciones de invernadero se han realizado para sistemas productivos de Europa, Estados Unidos y Canadá, donde usualmente se tienen bajas densidades de plantas ( $3 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ ), diferentes de las densidades utilizadas en el centro de México ( $4 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ ) (Flores *et al.*, 2007).

Diversos métodos, dispositivos y técnicas que se usan en la producción de cultivos a campo abierto se han implementado, mejorado y adaptado a los sistemas de producción en invernadero, como es el uso de sistemas de riego de alta frecuencia, en particular el riego por goteo, así como la adaptación de medios de soporte y crecimiento del cultivo (Flores *et al.*, 2007). Por otro lado, se han

perfeccionado y adaptado diversos indicadores de riego, con la ayuda de sensores y sistemas de monitoreo más sofisticados que permiten determinar con mayor confiabilidad el momento del riego a través de variables asociadas al estrés hídrico de los cultivos (Flores *et al.*, 2007).

Flores *etal*,(2007), reportaron que los lisímetros de drenaje pueden usarse para estimar los requerimientos diarios de riego de los cultivos en invernadero, como lo muestra el buen ajuste con los medidos con el sensor de flujo de savia.Los medidores del flujo de savia también se usan para ajustar el momento del riego a lo largo del día, lo cual es de gran ayuda cuando se complementa con información de la radiación solar (López *et al.*, 2001).

Un exceso de riego provoca pérdidas económicas debido a la lixiviación de la solución nutritiva, cambios drásticos en el pH y la conductividad eléctrica (CE) de la solución, saturación de agua en la zona radical del cultivo y reducción de la fotosíntesis; así como fisiopatías por desbalances nutrimentales, activación de microorganismos fitopatógenos y frutos de mala calidad, problemas que están vigentes actualmente (Castillo *et al.*, 2004).

## **2.7. -AbonosOrgánicos**

Los abonos orgánicos(AO) son todos aquellosresiduos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos los más utilizados con fines agrícolas son los estiércoles de diferentes especies animales, el compost, el vermicompost y los residuos de

cosecha(Trinidad., 1999).

La Comarca Lagunera cuenta con el mayor inventario de ganado lechero del país, con más de 400,000 cabezas y 230,000 en producción, el estiércol que se genera anualmente es alrededor de 900,000 t (estimadas con 35% de humedad); asumiendo una concentración promedio de 1.42% de nitrógeno total (14.2 kg N•t<sup>1</sup>demateria seca) en el estiércol de ganado lechero en la región, este abono orgánico puede aportar poco más de 8,000 t deN anualmente, de las cuales alrededor del 25% se libera durante el año de aplicación (Castellanos., 1987).

Una de las alternativas para el problema de la generación de desechos orgánicos es el proceso de composteo (Valadares-Veras y Povinelli, 2004), durante el proceso de composteo de residuos orgánicos, además de constituir una alternativa económica y ambientalmente correcta (Salas y Ramírez, 2001) es una forma simple y eficiente para transformar desechos agroindustriales en AO de calidad en beneficio de los cultivos (Sharma *et al.*, 2005).

La utilización racional de AO en México, reviste una gran importancia, por constituir una fuente de nutrimentos para los cultivos(Cruz., 1982), aunque los abonos orgánicos contienen una concentración baja de nutrimentos en comparación a los fertilizantes sintéticos, la disponibilidad de éstos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a la que están sometidos los materiales orgánicos (Trinidad., 1999).

## **2.8. -Características de los Abonos Orgánicos**

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo (Chaney et al., 1992).

Salazar-Sosa *etal.*(2003) destacan a favor de los AO, entre los cuales se encuentran el compost (C) y el vermicompost (VC), que estos materiales mejoran sustancialmente diversas características de los suelos y de los sustratos de crecimiento como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización de elementos nutritivos, mantiene valores de pH óptimos para la agricultura, evita cambios extremos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión.

La retención de humedad, en cantidades adecuadas y de manera homogénea, es la principal característica que se busca en un sustrato, ya que a través del agua las raíces asimilan elementos nutritivos esenciales. Además, el agua es requerida por las plantas para llevar a cabo las funciones metabólicas que permiten convertir sustancias minerales en compuestos orgánicos. También se reconoce que mientras más elevada sea la capacidad de retención de humedad, menos frecuentes serán los riegos (Bastida-Tapia, 2002).

Atiyeh *etal.*, (2001) reportaron incrementos en el contenido de humedad a través del tiempo, estableciendo además que la mayor retención de humedad podría deberse a que este material posee una relación superficie: volumen más

grande. En años recientes ha aumentado el interés por el uso de AO. Sin embargo, es necesario un manejo adecuado para evitar riesgos de contaminación o de sobre fertilización. Los macro elementos son encontrados en mayor cantidad en los AO; algunos riesgos de contaminación por el uso de AO son:

1.- En regiones lluviosas o en condiciones de riego, dosis excesivas de abonos pueden contaminar el acuífero con nitratos. Las actividades agrícolas han sido señaladas como fuentes de contaminación por nitratos (Martínez *et al.*, 2001; Castellanos y Peña, 1990).

2. En regiones donde las lluvias provocan escurrimientos superficiales, el acarreo de partículas con fósforo fijado puede contaminar cuerpos de agua superficial, como son arroyos, ríos y lagos (Castellanos, 1984).

3. Los AO como los biosólidos (lodos residuales de plantas tratadoras de agua) pueden provocar riesgos de contaminación por metales pesados si no se dosifican adecuadamente (CWEA, 1998).

4. Es necesario considerar el tipo de abono y el tipo de cultivo a establecer para evitar riesgos de contaminación microbiológica (CWEA, 1998).

## **2.9.-Uso del Compost y del Vermicompost Como Sustrato**

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que preceden alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes

sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. Por otro lado, el tomate orgánico en México alcanza un precio de 5.84 veces mayor que el convencional, producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por consecuencia los beneficios económicos para el productor. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es el compost, que al mezclarlo con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando la hipoxia (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajdet *al.*, 2004).

Los beneficios de los AO son evidentes. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en el compost, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate Cherry. Por otro lado el compost ha mejorado las características de los suelos, tales como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay *et al.*, 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008).

El VC es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards *et al.*, 1984). Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, el vermicompost

contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Hashemimajdetal., 2004; Rodríguez *et al.*, 2008).

## **2.10. -TrabajosRealizados con Sustratos Orgánicos**

De la Cruz-Lázaro *etal.*(2010),evaluaron mezclas de compost y vermicompost para la producción detomate orgánico en invernadero, en el cual concluyeron que el uso de los sustratos orgánicos pudo satisfacer las necesidades del tomate durante el periodo de evaluación bajo condiciones de invernadero, las mejores mezclas alcanzaron un rendimiento medio de  $54,527t\cdot ha^{-1}$ , sobresaliendo el obtenido con la mezcla VEMT 75% + arena, que tuvo  $57,375t\cdot ha^{-1}$  de fruto.

Moreno-Reséndez *etal.*, (2004), evaluaron cuatro tipos de VC, generados por la descomposición de las lombrices *Esenia fétida*sobre diversosresiduos orgánicos: a) estiércol de caballo (EC); b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (1:1, v:v) (ECPA); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (RJ) (principalmente pasto y hojas; 1:1, v:v), yconcluyeron que las mezclas de VC: arena con los niveles 25:75 y 50:50 (% en peso), correspondientes a los vermicompost preparados a partir de: a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (1:1, v:v); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín

(principalmente pasto y hojas), lograron satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate.

Moreno-Reséndez *et al.*, (2011a), evaluaron la aplicación de vermicompost como alternativa para cubrir la demanda, tanto hídrica como la nutritiva, del cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Determinaron que al no aplicar fertilizantes sintéticos durante el desarrollo del tomate se resalta que el vermicompost fue capaz de satisfacer la demanda de elementos nutritivos y reducir el volumen de agua requerido por el tomate.

En consecuencia es posible suponer que el vermicompost, además de suministrar elementos esenciales y en cantidades adecuadas para cubrir la demanda nutritiva del cultivo, sin necesidad de fertilizantes sintéticos, y por su capacidad para favorecer la retención de humedad, podría reducir significativamente el consumo de agua durante el ciclo de los cultivos sin consecuencias desfavorables para su productividad, lo cual es de vital importancia para la economía de los productores y para el desarrollo de la actividad agrícola en las regiones semidesérticas y desérticas de países como México.

Moreno-Reséndez *et al.*, (2011b) estudiaron el Desarrollo de Chile Húngaro en Mezclas de Vermicompost – Arena. Teniendo como resultados que en una relación 1:2 en volumen de vermicompost-arena resultó el nivel más adecuado para el desarrollo del cultivo de chile tipo Húngaro, pues esta dosis cubrió las

necesidades nutritivas, si afectar la calidad del cultivo y sin la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos. Por lo tanto se fortalece la hipótesis de que el empleo de los abonos orgánicos, como el vermicompost, pueden ser utilizados en sustitución de los fertilizantes sintéticos durante el desarrollo de las especies vegetales.

Márquez-Quiroz *et al.*, (2011a), evaluaron la respuesta en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate saladette usando sustratos orgánicos, esto bajo condiciones protegidas. Concluyeron que el compost, el vermicompost y el té de vermicompost, elaborado como se describe en el presente estudio, aportaron los nutrimentos requeridos para el cultivo de tomate en invernadero, aunque el tamaño de fruto se vio limitado por la mayor salinidad que se generó en el ambiente radical. Sin embargo, fue posible producir frutos de tamaño mediano con mayor cantidad de sólidos solubles (>4 °Brix), con una menor cantidad de insumos para la fertilización. Por lo que los materiales anteriormente mencionados puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica bajo condiciones protegidas, por contener nutrimentos solubles que pueden suplir la nutrición sintética de las plantas.

Raviv *et al.* (2004) señalan que los nutrimentos contenidos en el compost satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante; así mismo, Raviv *et al.*, (2005) mencionan que el compost cubrió los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante en tomate. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en el compost, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate

Cherry.

Márquez-Quiroz *et al.*, (2011b) evaluaron el impacto del té de vermicompost sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en chile jalapeño bajo condiciones protegidas y concluyeron que el té de VC, preparado a partir de estiércol bovino, tiende a provocar efectos positivos en los indicadores de desarrollo en el cultivo de chile jalapeño, por lo que el té de VC, puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica en invernadero, por contener nutrimentos solubles que pueden suplir fertilizantes sintéticos en la nutrición de la planta.

Márquez-Hernández *et al.*, (2008) en su estudio sobre el uso de sustratos orgánicos para la producción en invernadero, reportan que Las mezclas de 37.5 y 50% cubren las necesidades nutricionales del cultivo del tomate, para obtener alrededor de  $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sin adición de fertilizantes. El rendimiento obtenido en promedio de los cuatro mejores tratamientos, vermicompost tanto con arena al 50% como con perlita al 37.5% y 50% así como la biocompost más perlita al 37.5%, fue de  $91.42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , supera a los rendimientos obtenidos en campo en 9.14 veces sin demeritar la calidad.

Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007) evaluaron Vermicompost como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero, y concluyeron que en este estudio se mostró que los tratamientos con vermicompost más micronutrientes y el tratamiento con extracto de vermicompost pueden ser apropiados para la

producción de tomate en invernadero.

### **III.-MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.- Ubicación Geográfica de la Comarca**

El experimento se desarrolló durante el ciclo agrícola P-V 2011, en Torreón Coahuila (25° 05' y 26° 54' N y 101° 40' y 104° 45' O).

#### **3.2.- Localización del Experimento**

El experimento se realizó en el invernadero número 2 del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL).

#### **3.3.- Condiciones Experimentales**

El invernadero es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y dos extractores. Tiene ventanas laterales de 1,20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegidas con malla antiafido (Malla Plas®).

#### **3.4.- 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, teniendo como parcelas de mayor tamaño el factor riego, por otra parte la de

menor tamaño fueron el factor sustrato, los tratamientos evaluados fueron tres sustratos, los cuales estuvieron conformados por mezclas de: a) vermicompost + arena [VC:A; relación 1:1 (v:v)]; b) compost + arena [C:A; relación 1:1 (v:v)]; y c) vermicompost + compost + arena [VC:C:A; relación 1:1:2 (v:v:v)], y cada uno de estos sustratos en tres frecuencias de riego: 1) riego diario (RCD), 2) riego cada dos días (RC2D) y 3) riego cada tres días (RC3D) (Cuadro 2).

En el caso de los riegos, debido a la etapa de desarrollo del cultivo y a su demanda hídrica, se determinó aplicar riegos complementarios, para las frecuencias RC2D y RC3D, durante el período de 51 a 145 ddt (cuadro 3). Adicionalmente, a todos los sustratos se les aplicó té de vermicompost diluido al 2.5 %, sustituyendo el agua de riego requerida, para los períodos 1 a 35 y 36 a 145 ddt, se aplicaron 0.5 y 1.0 L de este producto. 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 8.75 y se clasificó como  $C_1S_1$ , de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Ayers y Westcot, 1994).

**Cuadro 2.** Composición de los sustratos y frecuencia de aplicación de riegos durante el desarrollo del tomate en condiciones de invernadero.

Frecuencia de riego	Sustratos		
	VC:A (v:v:v)	C:A	VC:C:A
Diario (RCD)	1:1 ( <b>S1</b> )	1:1 ( <b>S2</b> )	1:1:2 ( <b>S3</b> )
1 día sí - 1 día no (RC2D)	1:1 ( <b>S4</b> )	1:1 ( <b>S5</b> )	1:1:2 ( <b>S6</b> )
1 día sí - 2 días no (RC3D)	1:1 ( <b>S7</b> )	1:1 ( <b>S8</b> )	1:1:2 ( <b>S9</b> )

VC = Vermicompost; C = Compost; A = Arena; S = Sustratos (S1 – S9); RCD = Riego cada día; RC2D = Riego cada dos días; RC3D = Riego cada tres días; v:v:v = Relación volumen:volumen:volumen

**Cuadro 3.** Períodos y volúmenes de agua aplicados al tomate por maceta en las tres frecuencias de riego.

Periodo (días)	Volume n (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 <sup>†</sup>	-	-	-	47*0.5	23.5	62*0.5	31.0
<b>Volumen de agua total•maceta<sup>-1</sup></b>			<b>174.0</b>			<b>111.0</b>	<b>91.0</b>

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 periodos 1 a 35 y 36 – 145 ddt, 0.5 y 1.0 L correspondieron al té de VC al 2.5 %; <sup>†</sup> = 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 RC2D y RC3D, para los días sin riego en estos tratamientos, por esta razón se repite el período 51 – 145 en este cuadro.

### 3.5.-Siembra

La siembra se realizó el 6 de marzo de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®). El trasplante se efectuó el 9 de abril de 2011, colocando una planta por contenedor. Éstos consistieron en bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 litros, llenadas con base al volumen, con mezclas de VC: A; relación 1:1, C:A; relación 1:1 VC:C:A; relación 1:1:2 todo en relación (v:v). La densidad de población fue de 4 macetas•m<sup>-2</sup>. La arena utilizada en los sustratos fue previamente desinfectada con una solución de agua y cloro al 5 %.

### 3.6.-Riego

Se aplicó un riego de pre siembra esto para lavar concentraciones elevadas de sales que pudieron afectar las plántulas. La demanda hídrica del cultivo, se

cubrió utilizando un sistema de riego por goteo, con el cual se aplicaron dos riegos diarios; el volumen aplicado fue de 0.5 a 1.5 L•maceta<sup>-1</sup>•día<sup>-1</sup>, 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 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 L•maceta<sup>-1</sup>, para los riegos diarios, cada dos días y cada tres días, respectivamente.

### **3.7.- Fertilización Orgánica**

Se elaboró el té de vermicompost (TVC) al 10 % de acuerdo a la metodología de Edwards *et al.*, (2010), con algunas modificaciones para reducir las sales solubles contenidas en el VC, como se describe a continuación: en un contenedor de 60 L de capacidad se colocaron 45 L de agua y se generó turbulencia durante tres horas con una bomba de aire (BIOPRO: BP9891. TIRAY TECHNOLOGY COLTD®). Por separado, se colocaron 4.5 kg de VC en una bolsa de plástico tipo red y se introdujo en un recipiente de 20 L con agua durante cinco minutos para lavar el exceso de sales. Luego se colocó la bolsa con el vermicompost dentro del contenedor con agua previamente aireada. Finalmente, se agregaron 40 g de piloncillo como fuente de carbono soluble. La mezcla se dejó fermentar por 24 h con la bomba de aire encendida.

### **3.8.-LaboresCulturales**

#### **3.8.1.-Tutoreo**

Esta actividad se realizó en forma manual, consistió en la colocación de una rafia para cada planta, 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, el hilo se amarró en el emparrillado que estaba en la parte superior del invernadero. Esta práctica se realizó de acuerdo al crecimiento de la planta a lo largo del ciclo del cultivo. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares.

#### **3.8.2.-Polinización**

Se desarrolló a los 36 días después del trasplante, a partir de ese momento se realizó diariamente entre las 12:00 y las 14:00 h, se estimuló mecánicamente la polinización agitando las plantas por medio de la rafia de Tutoreo.

#### **3.8.3.- Podas**

Esta actividad se realizó, para mantener la planta a un solo tallo, eliminando brotes laterales (axilares) y posteriormente se eliminaron las hojas basales, una vez madurado todo el primer racimo; ya que cuando los frutos están en esta etapa las hojas ya no desempeñan actividades, por otro lado generan humedad que puede ayudar al desarrollo de enfermedades.

#### **3.8.4.-Control de Plagas y Enfermedades**

El cuidado de las plantas consistió en el uso de insumos: Biodie® (Tricarboxilos vegetales) y Protek® (Derivados de ácidos de la extracción de aceites vegetales) a una dosis de  $1 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , aprobados por la normatividad de la IFOAM (2003). Se aplicaron vía foliar para controlar las plagas encontradas durante el ciclo del cultivo que fueron la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporarum*) conocida también por ser el género con mayor frecuencia en los cultivos bajo invernadero. Para la aplicación de estos agroquímicos se utilizó una bomba manual de 18 L de capacidad.

#### **3.8.5.-Control de Maleza**

Se efectuó en forma manual y de manera periódica para evitar la competencia por luz, agua, nutrimentos, espacio, bióxido de carbono, interferencia en cosecha con el cultivo y como hospederos alternantes de plagas y enfermedades.

#### **3.8.6.-Cosecha**

Transcurridos 75 días después del trasplante se inició la etapa de cosecha, esto a partir del 22 de Junio, se realizaron diez cortes de forma manual, la frecuencia de los cortes fue semanal, los frutos se cosecharon cuando presentaron un color rosado, entre el 30 y el 60% de la superficie del mismo, posteriormente se colocaron en bolas de papel para llevarlos al laboratorio y cuantificar las variables consideradas para el estudio.

### **3.9.-Variables Evaluadas**

Las variables evaluadas fueron: peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pericarpio, rendimiento, número de frutos por planta, número de lóculos, altura de planta se efectuó hasta los 144 ddt, la dinámica de crecimiento y la eficiencia del uso de agua por planta.

### **3.8.10.- Análisis de los Resultados**

Para determinar la dinámica de la altura de planta se realizó un análisis de regresión lineal. Para rendimiento y calidad de frutos se aplicaron análisis de varianza y en su caso la prueba de comparación de medias DMS al 5 %.

## IV. -RESUTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.-Peso DelFruto

Para esta variable, el análisis de variancia detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ) entre las frecuencias de riego (Cuadro 5). los resultados obtenidos en el presente trabajo con el cv. Kickapoo fueron menores a los reportado por Cristóbal-Alejo *et al.*, (2010), quienes obtuvieron un peso medio de fruto de 188.5 g al evaluar el cv. Maya de tomate, al igual que los promedios de frutos reportados por Ortega-Martínez *et al.*, (2010), quienes obtuvieron un peso medio de fruto de 107.8 g al evaluar genotipo Sun 7705. Mientras que para los sustratos el análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ), el mejor sustrato fue ACVC con 95.84 g (Cuadro 5). Los resultados fueron superados por los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007), quienes obtuvieron promedios de 167.9 g.

Para la interacción sustrato-riego el análisis de variancia detectó diferencias significativas ( $P \leq .0001$ ), el que obtuvo mayor peso fue la interacción ACVC-RC3D, con un peso promedio de 98.87 g, el cual fue superado por lo obtenido por Márquez-Hernández *et al.*, (2008) quienes reportaron peso promedio de 238.4 g.

#### **4.2.-Diámetro Polar**

Para esta variable, el análisis de variancia no detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las frecuencias de riego (Cuadro 5). Sin embargo, cabe destacar que los resultados obtenidos en el presente estudio en cualquier frecuencia de riego superaron a los reportados por Márquez-Quiroz *et al.*, (2011) que obtuvieron un diámetro polar de 2.7 cm, también fueron superiores a los de Hernández-Santiago *et al.*, (2005), quienes reportaron un diámetro polar de 6.29 cm. en cuanto a los sustratos el análisis de variancia detectó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) el sustrato con mayor diámetro polar fue el AC con 6.29 cm. (Cuadro 5). cabe mencionar que estos resultados superaron a los obtenidos por Márquez-Hernández *et al.*, (2006) quienes reportaron 2.56 cm, mientras que para la interacción sustrato-riego se detectaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), la interacción que obtuvo el mayor diámetro polar fue la AC-RC3D Y AC-RC2D con 6.50 cm cada uno, mientras que el menor diámetro polar se obtuvo en la interacción AVC-RC3D con 5.17 cm. Cabe señalar que los resultados de la interacción sustrato-riego son superiores a los obtenidos por la Cruz-Lázaro *etal.* (2009), quienes reportaron un diámetro de 6.14 cm. También fueron superiores a los resultados obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007) que reportaron 6.4 cm.

#### **4.3 Diámetro Ecuatorial**

Para esta variable, el análisis de variancia no detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las frecuencias de riego (Cuadro 5). Sin embargo cabe señalar que los resultados obtenidos fueron superados por Ochoa-Martínez *et al.*, (2009).

Quienes reportaron 7.2 cm. Mientras que para la interacción entre sustrato-riego se detectaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), la interacción que obtuvo el mayor diámetro ecuatorial fue ACVC-RC3D con 5.57 cm y el menor valor lo obtuvo AVC-RC2D con 4.58 cm. Cabe señalar que estos resultados fueron superando por Márquez-Hernández *et al.*, (2008) quienes reportaron un diámetro ecuatorial de 6.62 cm, pero superiores a los obtenidos por De la Cruz-Lázaro *et al.*, (2009), quienes reportaron un diámetro ecuatorial de 5.1 cm (Cuadro 5).

#### **4.4 Contenido de Sólidos Solubles**

La interacción sustrato-riego presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), AVC-RC3D, registró la mayor concentración de sólidos solubles (SS), superando con al menos 5.3 °Brix al resto de los tratamientos evaluados (Cuadro 5). El mayor contenido de SS, 5.10 °Brix, registrado en la frecuencia de riegos (RC3D, coincide con lo establecido por Marouelli *et al.*, (2004) de que el déficit de agua, durante la etapa de maduración de los frutos, favorece el incremento del contenido de sólidos solubles.

Como se puede apreciar en el Cuadro 5, todas las interacciones superan los 4 °Brix, considerado por Diez (2001), como el valor óptimo para frutos de tomate, con fertilización inorgánica, ya sea que se destinen para el procesamiento industrial o para el consumo en fresco. El hecho de que la mayor parte de los sustratos, independientemente de la frecuencia de riego, hayan favorecido una mayor acumulación de SS puede deberse en parte al efecto que genera la

aplicación del VC –a los medios de crecimiento – sobre la conductividad eléctrica, cuyos valores se incrementan linealmente conforme se incrementa la cantidad de VC (Atiyeh *et al.*, 2001; Manivannan *et al.*, 2009) y de acuerdo con Dorais *et al.*, (2001) al incrementarse la salinidad, en los medios de crecimiento, también se incrementa el contenido de SS de los frutos. El mayor contenido de SS constituye un atributo de interés para la agroindustria procesadora de tomate, y a la vez la calidad de los productos sería más óptima (Goykovic-Cortés y Saavedra-del-Real, 2007).

#### **4.5 Rendimiento**

La interacción ACVC-RCD registró el mayor rendimiento promedio, con un valor de  $14.76 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , y superó con al menos un 18.9 % al rendimiento del resto de las interacciones (Cuadro 5). Por otro lado, a excepción de las interacciones AVC-RC3D, AC-RC2D y AC-RC3D, el resto de las interacciones superó en forma considerable a los rendimientos promedio reportados por de la Cruz-Lázaro *et al.*, (2009) para el híbrido SUN-7705, de  $5.15$  y  $3.48 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , cuando aplicaron solución nutritiva con ferti riego, y en mezclas de compost y vermicompost con arena, a diferentes niveles, respectivamente (SIAP, 2005).

#### **4.6 Número de Frutos por Planta**

En el caso del número promedio de frutos por planta el mayor valor, de 36.75, se registró en la interacción AVC-RCD. Este valor superó en al menos ocho frutos al resto de las interacciones. En el Cuadro 5 se aprecia que la tendencia a generar un mayor número de frutos es cuando se registra una mayor frecuencia

de riegos, es decir con el riego diario. También, se puede destacar que cualquiera de los tres sustratos (AC, AVC, ACVC) con RCD y la interacción ACVC-RC3D registraron números promedio de frutos igual o mayores que los 27 frutos por planta reportados por Vásquez-Ortiz *et al.*, (2010) para tomate tipo Saladette.

Adicionalmente, los 36.7 frutos promedio obtenidos son superiores a los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2007) quienes reportaron una media de 32 frutos, por otra parte son similares con la media general reportada por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2008) para los genotipos de tomate Big Beef y Miramar desarrollados, bajo condiciones de invernadero, utilizando humus de lombriz como sustrato de crecimiento, también superan a los obtenidos por Hernández-Santiago *et al.*, (2005) quienes reportaron 14.5 frutos.

#### **4.7 Altura de Planta**

El mejor tratamiento presentó una altura de 354cm esto a los 144 ddt, que corresponde la interacción ACVRC2D, la interacción con la menor altura fue ACRC3D que presentó 160cm. Cabe señalar que el resultado de menor altura superó a los obtenidos por Moreno-Reséndez *et al.*, (2004) quienes reportaron en su investigación una altura 131.68 cm.

#### **4.8 Dinámica de Crecimiento**

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en los diferentes sustratos y frecuencias de riego evaluados se muestra en las

ecuaciones de regresión lineal (Cuadro 4). El ajuste lineal para todos los tratamientos resultó muy aceptable ya que el  $R^2$  fluctuó entre 0.97y0.9948%. Las interacciones (ACRCD, ACRC2D, ACRC3D, AVCRC, AVCRC2D, AVCRC3D , ACVCRCD, ACVCRC2D, ACVCRC3D) que promovieron la mayor altura a través del ciclo de cultivo fueron ACVCRC3D, así como ACVCRC2D. Una mayor altura conlleva al aumento en el número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998). Márquez y Cano (2005), reportan una altura máxima de 202.86 cm al evaluar el genotipo FA1325 a los 80 días después del trasplante. Estimando la altura en dicho periodo, en el presente trabajo, la media de los mejores tratamientos fue 353.5cm. La diferencia en los resultados de este estudio con respecto a los de Márquez y Cano (2005), se puede atribuir a la carga genética de los genotipos y su interacción con el medio donde se cultivaron.

**Cuadro 4.** Ecuaciones lineales y  $r^2$  de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Ecuación de regresión	de $r^2$	Altura final (cm)
ACRCD	$y= 2.8366x-30.712$	0.99	290
ACRC2D	$y=2.0573x- 36.015$	0.9797	200
ACRC3D	$y=1.468x - 21.074$	0.977	160
AVCRCD	$y=3.0679x-36.87$	0.98	310
AVCRC2D	$y=3.2484x- 33.796$	0.9948	345
AVCRC3D	$y=2.571x - 31.244$	0.9728	297
ACVCRCD	$y= 3.23x-37.75$	0.97	333.
ACVCRC2D	$y=3.4106x- 29.336$	0.9919	354
ACVCRC3D	$y=3.2007x- 29.193$	0.9911	353

#### 4.9 Eficiencia del Uso de Agua por Planta.

Al considerar los volúmenes totales de agua aplicado por maceta y por frecuencia de riego, cuyos valores correspondieron a 174.0, 111.0 y 91.05  $L \cdot maceta^{-1}$ , para RCD, RC2D y RC3D, respectivamente, y los mayores valores de

rendimiento 14.76, 8.63, 11.96 y 11.71  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , obtenidos en las interacciones, ACVC-RCD, ACVC-RC2D, AVC-RCD y ACVC-RC3D (Cuadro 5) y que por metro cuadrado se incluyeron 4 macetas, entonces se puede estimar que la productividad del agua fue de 21.21, 19.44 y 32.17  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectivamente. Estos valores fueron superados por la productividad de 35  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , reportada por Flores *et al.* (2007) para tomate de invernadero.

**Cuadro 5.** Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en tomate cv. Kickapoo, desarrollado con abonos orgánicos y diferentes frecuencias de riego bajo condiciones de invernadero.

Factor	DP (cm)	DE (cm)	CSS °Brix	NF	PP (g)	R ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )
Riego (R)	Ns	Ns	***	***	***	**
RCD	6.07 <sup>a</sup>	5.30 a	4.96 a	33.3 <sup>a</sup>	84.35 <sup>a</sup>	11.935a
RC2D	5.89 <sup>a</sup>	5.14 a	3.14 b	18.0 b	54.52b	59.630b
RC3D	6.02 <sup>a</sup>	5.18 a	5.10 a	15.25 c	87.88 <sup>a</sup>	57.801 b
Sustrato (S)	**	***	**	***	***	***
AC	6.29 a	5.21 a	4.85 a	15.50 c	77.17 c	5.102 b
AVC	5.52 b	4.95 b	3.73 c	22.16 b	53.74 b	6.878 b
ACVC	6.17 a	5.46 a	4.61 a	28.91 a	95.84 a	11.699 a
S X R	**	**	**	Ns	***	Ns
AC-RCD	5.88 ab	4.96 bcd	5.32 ab	26.75 b	76.960 cde	9.08 bc
AC-RC2D	6.50 a	5.50 a	4.40 b	10.00 c	64.240 e	2.76 d
AC-RC3D	6.50 a	5.17 abc	4.85 ab	9.75 c	90.33 abcd	3.45 d
AVC-RCD	6.13 a	5.46 a	4.72 ab	36.75 a	81.168 cde	11.96 ab
AVC RC2D	5.25 bc	4.58 d	0.84 c	22.50 b	5.608 f	6.49cd
AVC-RC3D	5.17 c	4.80 cd	5.62 a	7.25 c	74.453 de	2.17 d
ACVC-RCD	6.20 ab	5.48 a	4.85 ab	36.500 a	94.92 ab	14.76 a
ACVC-RC2D	5.92 a	5.34 ab	4.18 b	21.50 b	93.74 abc	8.63 bc
ACVC-RC3D	6.40 a	5.57 a	4.82 ab	28.75 ab	98.87 a	11.71 ab
Media general	5.99	5.21	4.40	22.19	75.58	78.92
C. V	6.32	5.68	20.29	32.97	16.79	46.40

S X R= interacción riego sustrato; Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con  $P \leq 0.05$ . DP = Diámetro polar; DE = Diámetro ecuatorial; SS = Sólidos solubles; NF= número de frutos; PP= peso promedio del fruto; R = rendimiento; CV = coeficiente de variación. ns = no significativo; \* = significativo \*\* = altamente significativo; \*\*\* altamente significativo

## V. - CONCLUSIONES

Al aplicar distintas frecuencias de riego no se afectó el diámetro polar y diámetro ecuatorial, no obstante para el rendimiento la mejor frecuencia fue RCD con  $11.93 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , con respecto al peso del fruto la mejor frecuencia fue RC2D con 87.88 g, para número de frutos por planta la frecuencia que sobresalió fue RCD con 33.33 frutos y el contenido de sólidos solubles se afectó bajo la frecuencia RC3D con 5.10 °Brix.

El mejor sustrato para las variables rendimiento, peso promedio del fruto, número de frutos por plantas y diámetro ecuatorial fue el AVC+té de vermicompost con:  $11.69 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 95.84g, 28.91 frutos y 5.46 cm, respectivamente. Para el contenido de sólidos solubles y diámetro polar el mejor sustrato fue el AC con: 4.85 °Brix y 6.29 cm.

Para la interacción de riego x sustrato, tomando en cuenta la cantidad de agua utilizada, la mejor fue ACVxRC3D ya que obtuvo valores estadísticamente igual a los datos con mayor valor en todas las variables los resultados fueron: en rendimiento:  $11.70 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , peso promedio: 98.873 g, número de frutos: 28.75, SS: 4.82°Brix, diámetro polar: 6.40 cm y diámetro ecuatorial: 5.57cm.

Al considerar los volúmenes totales de agua aplicados por maceta y por frecuencia de riego, cuyos valores correspondieron a 174.0, 111.0 y 91.05  $L \cdot maceta^{-1}$ , para RCD, RC2D y RC3D, respectivamente, y los mayores valores de rendimiento 14.76, 8.63 y 11.71  $kg \cdot m^{-2}$ , obtenidos en los sustratos S3, S6 y S9 y que por metro cuadrado se incluyeron 4 macetas, entonces se puede estimar que la productividad del agua fue de 21.21, 19.44 y 32.17  $kg \cdot m^{-3}$ , respectivamente.

Con los resultados obtenidos podemos concluir que el uso de vermicompost como sustrato pudo satisfacer las necesidades nutrimentales como las necesidades hídricas, podemos sugerir el uso de la interacción AVCRC3D para la producción de tomate.

## VI. -LITERATURA CITADA

- Adams, P. and L. C. Ho. 1993. Effect of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant Soil* 154: 127-132.
- Abad, M., Noguera, P. Noguera, V. Roig., A. Cegarra, J. Paredes., C. 1997. "Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo". *Actas de Horticultura* 19. I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación. SECH.
- Alarcón V. A. L. 2005. Soluciones nutritivas y fertiriego. Consideraciones, manejo y diagnóstico en cultivos sin suelo. *Rev. Tecnoagro* 6:16-19
- Atiyeh R., M. Dominguez J, Subler S, Edwards C. A. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44: 709-724.
- Atiyeh, R., M. C.A. Edwards, S. Subler and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78, 11-20.
- Aviv, M., Medina, S. Krasnovsky., A. y Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12:6–10.
- Ayers R., S. D. W., Westcot. 1994. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO Rome. 174 p.
- Baixaui, S. C., Aguilar, O. J.M., 2003. Cultivo sin suelo de hortalizas. Principales sustratos empleados, características y propiedades. México 2003. PP. 15-26.

- Ballester-Olmos, J. 1992. Sustratos Para el cultivo de plantas ornamentales. Hojas divulgadoras. 11 p.
- Batida-Tapia, A. 2002. Sustratos Hidropónicos. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 72 p
- Cuadrado, J. 2000. "Sustratos para Hidroponía en Semilleros". 2. Ed. Asehor. Carlos Alberto De Sanzo; Aníbal Rubén Ravera. 2000. Como criar Lombrices roja californianas, programa de autosuficiencia regional. 11 p.
- Chaney, D.E., Drinkwater, L.E. and Pettygrove, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- Castellanos R., J.Z. y Peña C., J.J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 8(1):113-126.
- Castellanos, J.Z. 1987. Características de los estiércoles de bovino y gallinaza en la Comarca Lagunera. Informe de investigación agrícola en forrajes, 1984. Campo Experimental de la Laguna. INIFAP. Pag. 79-89.
- Castellanos, J.Z. 1984. El estiércol para uso agrícola en la Región Lagunera. Folleto Técnico no. 1. Campo Agrícola Experimental La Laguna. CIAN-INIA. 19 Pág.
- Castillo, J. E., F. Herrera, R. J. López B., L. López B., and E. J. Fernández. 2004. Municipal solid waste (MSW) compostas a tomates transplant médium. Compost Sci. Util. 21: 86-92.
- Castillo E., A. Quarín H., S. e Iglesias C., M. 2000. Caracterización química y física de composta de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica (Chile). 60:74–79.
- Castilla-Prados, N. 2004. Invernaderos de plástico: tecnología y manejo. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Cristóbal-Alejo, J., E. Herrera-Parra., V. Reyes-Oregel., E. Ruiz-Sánchez., J.M. Tun-Suárez y T. Celis-Rodríguez. 2010. *Glomus intraradices* para el control de *Meloidogyne incognita* (kofoid&White) Chitwood en condiciones

- protegidas. Fito sanidad. 14(1): 25 -29.
- (CWEA). California WaterEnvironmentAssociation. 1998. Manual of good practice for agricultural land application of biosólidos. California Water Environment Association. Oakland, CA.
- Cruz, M., S. 1982. Abonos orgánicos, Universidad Autónoma Chapingo, imprenta Universitaria, Chapingo, México. 129 pp.
- De Sanzo, C y A. Ravera.1990.como criar lombrices rojas californianas. Provincia de Buenos Aires-Argentina. <http://www.visitweb.com/lombriz>.
- Diez, N.M. 2001. Tipos varietales. In: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Dorais, M., A.P. Papadopoulos and A. Gosselin. 2001.Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
- De la Cruz-Lázaro, E., MA Estrada-Botello, V Robledo-Torres, R Osorio-Osorio, C Márquez-Hernández, R. Sánchez-Hernández, 2009. Producción de Tomate en Invernadero con Compost y Vermicompost como Sustrato Universidad y ciencia vol.25 no.1 Villahermosa.
- De la Cruz-Lázaro, E., Rodolfo Osorio-Osorio, Eusebio Martínez-Moreno, Alejandro J. Lozano del Río, Armando Gómez-Vázquez y Rufo Sánchez-Hernández, 2010. Uso de Compostas y Vermicompost para la Producción de Tomate Orgánico en Invernadero
- Edwards CA. Burrows I. Fletcher KE, Jones BA. 1984. The use of earthworms for composting farm wasted. *In: Gasser JKR (ed). Composting of agricultural and other wastes.* Els. App. Sci. Publ. London. 241pp.
- Evans, M., R. Konduru, S. Stamps., R. H. 1996.Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust.*HortScience* 31(6): 965–967.
- Flores, J. Ojeda-Bustamante, W. López, I. Rojano, A. Salazar, I.2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 25, Núm. 2, abril-junio, pp. 127-134 Universidad Autónoma Chapingo México.
- Fonseca A., E. 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. pp:1-8.
- García-Salazar, J. A., y Mora-Flores, J. S. 2008. Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925.
- García, C. 2000. Producción de semillas de jitomate en altas densidades de plantación bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis de M. C. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. 101 p.
- García-Salazar, J. A., y Mora-Flores, J. S. 2008. Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925.
- Gómez-Cruz., M. Á. Schwentesius., R. y Gómez., T. L, 2005, Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica en México 2005: Situación, Retos y Tendencias. CONACYT, SAGARPA, UACH, Chapingo, México.
- Gómez-Tovar., L. M. Á. Gómez-Cruz., R. Schwentesius Rindermann. 2012. Agricultura Orgánica en México y Mercado de Productos Orgánicos. In: Memorias de la XXIV Semana Internacional de Agronomía, UJED. P191.
- González N. J. F. 2006a. Productores mayas explotan chile habanero, tomate y pepino a la Unión Europea. Hortalizas, frutas y flores. . Editorial Agro Sin. S. A de C. V. México DF. :8-11.
- González N. J. F. 2006b. Avanzan los sistemas hidropónicos en México. Hortalizas, Frutas y Flores. Editorial Agro Sin. S. A de C. V. México DF. 6 p.
- Goykovic-Cortés, V. y G. Saavedra-del-Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. IDESIA (Chile). 25(3): 47 – 58.
- Hashemimajd, K.,Kalbasi, M.,Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004.Comparison of vermicomposta and compost as potting media for growth of tomatoes.Journal of PlantNutrition 27:1107–1123.

- Hernandez-Santiago., Q. Sanchez- Del Castillo., F. Peña-Lomelí., A. Montalvo-Hernandez., D. 2005. Sustratos y frecuencias de riego para la producción de jitomate en hileras a diferente altura. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 23, pp341-349.
- IFOAM. 2011. *The World of Organic Agriculture: Statistics & Emerging Trends 2011*. FiBL and IFOAM. Germany. 283p.
- Labrador, M. J. 2001. *La materia orgánica en los agros ecosistemas*. 2° edición, Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación Edicionales Mundi Prensa. Madrid España. 90-107 pp.
- López, J. C., P. Lorenzo, N. Castilla, J. Pérez-Parra, J. I. Montero, E. Baeza, A. Antón, M. D. Fernández, A. Baille y M. González- Real. 2001. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. Estación experimental "Las Palmerillas" Caja Rural de Almería y Málaga (CAJAMAR). Almería, España.
- Luévano G. A. y Velazquez G. N. E. 2001. Ejemplo singular en los agros negocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. 5, 306-318.
- Manivannan, S., M. Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran and L.S. Ranganathan. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity--beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Environ. Biol.* 30(2): 275-281.
- Marouelli, W.A., W.L.C. Silva and C.L. Moretti. 2004. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. *Hortic. Brasileira.* 22(2): 226-231
- Márquez H., C y Cano R, P. 2005. Producción de tomate Cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura.* 5:219-224.
- Márquez-Hernández., C., P. Cano-Ríos., y Rodríguez-Dimas N. Uso de Sustratos Orgánicos para la Producción de Tomate en Invernadero. 2008. *Agricultura Técnica en México* Vol. 34 Núm., p. 69-74.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Rodríguez-Dimas, N., Moreno-Reséndez, A., de La Cruz-Lázaro, E., García-Hernández, J.L., Preciado-Rangel, P., Castañeda, G., García, C., 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. In: Cano-Ríos P. (Ed.), *I Simposio de Producción Moderna de Melón y Tomate*. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Torreón

Coahuila. México. p. 1-24

- Márquez-Quiroz, C., V, Robledo-Torres., A. Palomo-Gil., P. Cano-Ríos., A. Moreno-Reséndez., S. T. López-Espinosa.,M.Santiago-López.,M. Marcelino-Roque. 2011. Respuesta en la Calidad de Tomate Cherry, al uso de Sustratos Orgánicos bajo Condiciones Protegidas.*In*: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. P 125.
- Márquez-Quiroz, C., A. Palomo-Gil., A. Moreno-Reséndez., U. Figueroa-Viramontes., J. A. Cueto-Wong., E. Sánchez-Chávez., S. T. López-Espinosa., P. Cano-Ríos. 2011. Respuesta en el crecimiento, rendimiento y calidad de tomate saladette, al uso de sustratos orgánicos bajo condiciones protegidas. *In*: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango.
- Márquez-Quiroz, C., A. Moreno-Reséndez, U. Figueroa-Miramontes, A. Palomo-Gil,V. Robledo-Torres, A. Espinoza-Banda, E. Sánchez-Chávez, E. De la Cruz-Lázaro, S T. López-Espinosa y P. Cano-Ríos, 2011. Impacto del té de vermicompost sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en chile jalapeño bajo condiciones protegidas.*In*: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango.
- Martínez R.,J.G., Castellanos R.,J.Z. y Ortega, A. 2001. Determinación de la vulnerabilidad del acuífero de Ciudad Juárez, Dgo. A la contaminación por nitratos mediante GIS. *In*: Memorias del XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp. 47-52.
- Méndez J. Franky. 1995. Efecto de Cuatro Frecuencias de Riego Sobre el Comportamiento de Dos Variedades de Tomate en un Suelo Aridisol. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Actualmente en la Universidad Central. Facultad de Agronomía.
- Moreno-Reséndez, A., M. T Valdés-Perezgasga., y T. Zarate-López. Desarrollo de Tomate en Sustratos de Vermicompost/Arena Bajo Condiciones de Invernadero. 2004. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Agricultura Técnica. Pp.3-6.

- Moreno-Reséndez, A., C. Márquez-Quiroz., A. E. Morales-Morales., M. L. Cruz-Segundo., M. Marcelino-Roque., P. E. Solar-Cruz., C. A. Rodríguez-Escandón. 2011. Aplicación de Vermicompost como Alternativa para Cubrir Demanda Hídrica y Nutritiva del Tomate en Invernadero. *In: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.* Gómez Palacio, Durango. P 149-153.
- Moreno-Reséndez, A., J. L. Negrete Cervin., J. Reyes González., M. García Carrillo., H. Madinaveitia Ríos., J. L. Reyes Carrillo. 2011. Desarrollo de Chile Hungaro en Mezclas de Vermicompost-Arena. *In: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.* Gómez Palacio, Durango. P. 154-158.
- Muñoz R., J. J. 2003. La producción de hortalizas bajo invernadero en México. *In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero.* PP. 14-16.
- Noruega, P.; Abad, M.; Punchades, R.; Maquieira, A. Noruega, V. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34(3 & 4): 593–605.
- Nieto-Garibay., A. Murillo-Amador., B. Troyo-Diéguez., E. Larrinaga-Mayoral., J. A. García-Hernández., J. L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas *Interciencia* 27(8): 417-421.
- NMX-FF-031-1997-SCFI. 1997. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano –hortalizas frescas – tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)- Especificaciones. SAGARPA. Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/normas/agricolas/catalogos/agricolas/ho rtalizas/jitomates/nmx\\_jitomate. pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/normas/agricolas/catalogos/agricolas/ho rtalizas/jitomates/nmx_jitomate. pdf). (Consulta 5 de febrero del 2006). *And Natural Resources. Publication 21505.* 36 p.
- Ochoa-Martinez., E. Figueroa-Viramontes., U. Cano-Rios., P. Preciado-R angel., P. Moreno-Reséndez., A. Rodriguez-Dimas., N. 2009. Te de compost como fertilizante Organico en la Produccion de Tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en Invernadero, *Revista Chapingo, Serie horticultura.* Pp.245-250.

- Ortega-Martínez, L., D. 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. Ra Ximhai, Universidad Autónoma Indígena de México, ISSN: 1665-0441, México.
- Papadopoulos, A. P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E. Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, Ontario, Canada.
- Peet, M. M. and D. H. Willits. 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. HortScience 30: 65-68.
- Raviv, M.; Medina, S. Krasnovsky, A. y Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. Compost Science & Utilization 12:6–10.
- Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. Bioresource Technology 96:419–427.
- Rodríguez-Dimas., N. Cano-Ríos., P. Favela-Chávez., E. Figueroa-Viramontes., U. 2007. Vermicompost como Alternativa Orgánica en la Producción de Tomate en Invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 13, Núm. 2, julio-diciembre, pp. 185-192.
- Rodríguez., M. M. N. Alcantar., G.G.AGUILAR., S. A. Etcheveres., B. J.D. Santizo., R.J.A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16 (2): 8135-141.
- Rodríguez-Dimas., N. Cano., R. P. Figueroa., V. U, Palomo., G. A. Favela., Che. Álvarez R. V. P. Márquez HC, Moreno RA. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Méx. 31(3): 265-272.
- Rudich, J. y U. Luchinsky. 1986. Water economy. pp. 335-367. In: Atherton, J.G. y J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall. New York.

- Salas, E., y Ramírez, C. 2001. Determinación del N y P en abonos orgánicos mediante la técnica del elemento faltante y un bioensayo microbiano. *Agronomía Costarricense*. 25(2): 25-34.
- Salazar-Sosa E., M. Fortis-Hernández., A. Vázquez-Alarcón., C. Vázquez-Vázquez. Abonos orgánicos y plasticultura. 2003. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. COC y TED 2003. 233 p 24
- Sandoval., V.M. 2005. Densidad de plantas. Un dilema técnico en la producción de tomate rojo en hidroponía e invernaderos. *Productores de hortalizas. Especial de tomate. Número especial*. p. 14-17.
- Samperio., R.1997. Hidroponia; el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. Ed. Diana,S.A de C.V. Mexico.153 p.
- Serrano., Z. 1990. Técnicas de invernadero. España: Sevilla, 644 p.
- (SIAP).Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2005. Producción de jitomate rojo orgánico. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011]
- (SIAP)Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera . 2011. Producción de jitomate rojo bajo invernadero. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- (SIACON) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. 2009. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. 2009. Disponible en: <[www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html](http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html)>.Fecha de consulta: 10 de enero de 2010).
- Soto, G y C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura. Manejo integrado de plagas y Agroecología. Sección Agricultura Orgánica. Agricultura ecológica CATIE, Turrialba. Costa Rica. No 65. P. 123-125.
- Snyder., R. G. 1992. Greenhouse tomato handbook.Publication 1828.Cooperative Extension Service.Mississippi State University.USA. Disponible en: <Http://msucares.com/pubs/publications/>. (Consulta: agosto 17, 2007).
- Sharma., S. Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review.*J. Am.*

Sci. 1(1): 1-16.

- Trinidad, S. A. 1999. El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos. *Lobricultura y Abonos orgánicos. Simposio Internacional y Primera Reunión Nacional. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Unidad de Identificación de Mercados. Chapingo, México. 3-16.pp.*
- Valadares-Veras, L.R., and Povinelli, J. 2004. A vermicomposta gem de lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. *Eng. Sanit. Ambient. 9(3): 218-224.*
- Vásquez-Ortiz, R., J.C. Carrillo-Rodríguez y P. Ramírez-Vallejo. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra de jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo 8 (2): 49 – 64.*
- Willits, D. H. 2003. The Penman-Monteith equation as a predictor of transpiration in a greenhouse tomato crop. *ASAE Annual International Meeting. Paper 034095. Las Vegas, NV Flores.*
- Zarate-Nicolas., H. B. 2007. Produccion de tomate (*lycopersicum esculentum mill* ) Hidroponico con Ssustratos, Bajo Invernadero. *Instituto Politecnico Nacional. P.15-20.*
- Zuang, H. Musard, M. 1986. Cultivos hortícolas sobre sustratos, Instalación y conducta. *Centro Técnico Interprofesional de las frutas y hortalizas, Francia. Pag.12-19.*