

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**División de Carreras Agronómicas**



**Producción orgánica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo  
diferentes dosis de compost como sustrato en invernadero**

**POR:**

**JOSE LUIS ALCANTARA TREJO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE, 2014**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción orgánica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo  
diferentes dosis de compost como sustrato en invernadero

POR:

JOSÉ LUIS ALCÁNTARA TREJO

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:

DR. PEDRO CANO RÍOS

ASESOR:

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:

DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:

ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

DRA. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA  
COORDINADORA INTERINA DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción orgánica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo  
diferentes dosis de compost como sustrato en invernadero

POR:

JOSÉ LUIS ALCÁNTARA TREJO

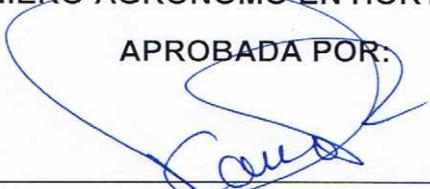
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

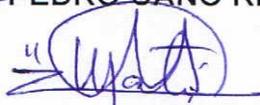
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

  
DR. PEDRO CANO RÍOS

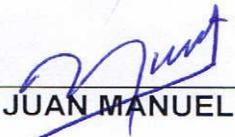
VOCAL:

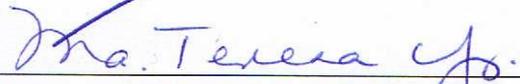
  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL:

  
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE:

  
ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

  
DRA. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA  
COORDINADORA INTERINA DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por la oportunidad de vivir, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y darme la oportunidad de tener una vida llena de aprendizajes y experiencias.

### **A mis padres:**

#### **José Luis Alcántara Cruz Y Carolina Trejo Martínez**

Quienes son el pilar de mi vida por darme la oportunidad de vivir por todo el apoyo brindado siendo dos grandes ejemplos a seguir en mi vida, les agradezco por apoyarme siempre y haberme dado la mejor herencia la educación porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión.

### **A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna**

Por abrirme sus puertas, por formar parte de mi desarrollo profesional durante y haberme dejado conocer grandes persona, Profesores, amigos.

### **A mi asesor principal Dr. Pedro Cano Ríos**

Quien desde mí llegada a la universidad me brindo todo su apoyo, quien compartió gran parte de sus conocimientos, Por su presencia incondicional, sus apreciados y relevantes aportes, criticas, comentarios y sugerencias tanto de la investigación como en toda mi formación profesional por su disposición para dirigir en todo momento el presente trabajo.

### **A Mis Asesores**

Mc. Víctor Martínez Cueto, Dr. Alfredo Ogaz Y al Ing. Juan Manuel Nava Santos quienes me brindaron grandes conocimientos y me apoyaron en la realización de esta investigación.

### **A mi novia**

**Aurora López López** Por el apoyo brindado durante estos tres años, la confianza el amor, la comprensión y todo el amor brindado, gracias te quiero.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

#### **CAROLINA TREJO MARTINEZ Y JOSE LUIS ALCANTARA CRUZ**

A mi madre Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor te quiero mamá.

A mi padre quien hoy gracias a sus consejos y enseñanzas que me dio día con día. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor, te quiero papá.

### **A MIS ABUELOS**

#### **MARTHA CRUZ BRAVO E ISIDRO MARTÍNEZ GARCIA**

A un que el día de hoy ya no se encuentran a mi lado fueron dos grandes seres humanos pro sus grandes enseñanzas que me dejaron su amor mil gracias.

### **A Mis Hermanos**

#### **CAROLINA ELVIA ALCÁNTARA TREJO**

#### **CHRISTOPHER MOISÉS ALCÁNTARA TREJO**

Por el apoyo incondicional que siempre me andado, por ese gran amor infinito de hermanos por esas tantas cosas maravillosas que hemos pasado juntos, los quiero.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE APENDICE.....	ix
RESUMEN.....	x
<b>I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
OBJETIVO.....	4
HIPÓTESIS .....	4
META.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 GENERALIDADES DEL TOMATE .....	5
2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	5
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	6
2.3 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.....	6
2.3.1 Planta .....	6
2.3.2 Hábitos de crecimiento.....	6
2.3.3 Semilla .....	7
2.3.4 Raíz .....	7
2.3.5 Tallo.....	7
2.3.6 Flor .....	8
2.3.7 Hoja .....	8
2.3.7 Fruto .....	8
2.4 TIPOS DE TOMATES .....	9
2.5 VALOR NUTRICIONAL Y MEDICINAL.....	10
2.6 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDAFOCLIMATICOS.....	10
2.6.1 Temperatura .....	10
2.6.2 Luz y fotoperiodo.....	11
2.6.3 Humedad relativa .....	11
2.6.4 Suelo .....	12
2.6.5 Altitud.....	12

2.7 ELECCIÓN DEL MATERIA VEGETAL .....	12
2.8 LABORES CULTURALES .....	13
2.8.1 Trasplante.....	13
2.8.2 Aporcado y rehundido .....	13
2.8.3 Tutorado .....	13
2.8.4 Poda .....	14
2.8.5 Poda de formación .....	14
2.8.6 Podas de brotes axilares.....	15
2.8.7 Poda de hojas o deshojado.....	15
2.8.8 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos .....	16
2.8.9 Poda Apical o despunte .....	16
2.8.10 Polinización .....	17
2.9 COSECHA Y CALIDAD.....	17
2.9.1 Sistemas de cosecha .....	18
2.9.2 Índices de Cosecha.....	18
2.9.3 Calidad del fruto .....	19
2.9.4 °Brix o contenido de sólidos solubles.....	20
2.10 GENERALIDADES DEL INVERNADERO.....	20
2.10.1 Definición de invernadero.....	20
2.10.2 Ventajas Y desventajas del uso de invernaderos .....	22
2.11 GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS .....	23
2.11.1 Definición de sustrato.....	23
2.11.2 Clasificación de sustratos.....	23
2.11.3 Sustratos más comunes en la horticultura .....	24
2.11.4 Criterios para la selección de sustrato .....	24
2.11.5 Mezcla De Sustratos .....	24
2.12 REQUERIMIENTO HÍDRICO.....	25
2.12.1 Calidad de agua .....	25
2.13 FERTIRRIGACIÓN.....	26
2.13.1 Solución nutritiva .....	27
2.14 GENERALIDADES DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA .....	27
2.14.1 Definición de la agricultura orgánica .....	27
2.14.2 La agricultura orgánica en el mundo.....	28
2.14.3 La agricultura orgánica en México .....	28
2.14.4 Agricultura orgánica bajo invernadero .....	29
2.15. Sustratos orgánicos.....	30
2.15.1 El compost.....	31

2.15.2 El compost como sustrato .....	32
2.16. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA .....	33
2.16.1 Él té de compost.....	34
2.17 ANTECEDENTES .....	36
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNERA .....	37
3.2 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	37
3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	37
3.4 FORMA DEL INVERNADERO .....	38
3.5 ACONDICIONAMIENTO DEL INVERNADERO .....	38
3.6 MATERIAL GENÉTICO.....	38
3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	38
3.8 MEDIOS DE CRECIMIENTO .....	39
3.9 MANEJO DE SUSTRATOS .....	39
3.10 PREPARACIÓN DE MACETAS .....	39
3.11 ARREGLO TOPOLÓGICO .....	39
3.12 LAVADO DE MACETAS.....	40
3.13 SIEMBRA.....	40
3.14 TRASPLANTE .....	40
3.15 FERTILIZACIÓN INORGÁNICA .....	40
3.15.1 Solución nutritiva .....	40
3.15.2 Procedimiento para la preparación de la solución nutritiva .....	40
3.15.3 Riego con solución nutritiva .....	41
3.16 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA .....	41
3.16.1 Té de compost.....	41
3.16.2 Procedimiento para la elaboración del té de compost .....	42
3.16.3 Riego con té de compost.....	42
3.17 MANEJO DEL CULTIVO.....	42
3.17.1 Tutorado .....	42
3.17.2 Podas de hojas y brotes axilares .....	43
3.17.3 Polinización .....	43
3.18 MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	43
3.19 COSECHA .....	44
3.20 VARIABLES EVALUADAS EN TOMATE .....	44
3.20.1 Peso del fruto .....	44
3.20.2 Diámetro polar .....	44
3.20.3 Diámetro ecuatorial .....	45
3.20.4 Espesor de pulpa .....	45
3.20.5 Sólidos solubles (°Brix) .....	45
3.20.6 Rendimientos .....	45

3.21 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	45
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1 RENDIMIENTO TON.HA <sup>-1</sup> .....	46
4.2 DINÁMICA DE CRECIMIENTO .....	47
4.3 CALIDAD DE FRUTO.....	48
4.3.1 Peso del fruto .....	48
4.3.2 Diámetro polar .....	49
4.3.3 Diámetro ecuatorial .....	50
4.3.4 Espesor de pulpa .....	51
4.3.5 Numero de lóculos .....	52
4.3.6 Solidos solubles o °Brix.....	53
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>56</b>
<b>VII. APENDICE .....</b>	<b>70</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1</b> Clasificación Taxonómica del Tomate .....	6
<b>Cuadro 2.2</b> Muestra de la composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco. ....	10
<b>Cuadro 2.3</b> Descripción de las propiedades de un sustrato ideal.....	27
<b>Cuadro 2.4</b> Producción orgánica de tipo de tomate en México .....	32
<b>Cuadro 3.1</b> Composición de macronutrientes para la solución nutritiva empleada en la fertirrigación inorgánica en tomate en el tratamiento testigo. ...	45
<b>Cuadro 3.2</b> Composición de micronutrientes para la solución nutritiva empleada en la fertirrigación inorgánica en tomate en el tratamiento testigo ...	45
<b>Cuadro 4.1</b> Comparación de medias obtenidas para la variable rendimiento en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	50
<b>Cuadro 4.2</b> Ecuaciones de regresión para la variable dinámica de crecimiento en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	51
<b>Cuadro 4.3</b> Gráfica de comportamiento a la variable dinámica de crecimiento en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	52
<b>Cuadro 4.4</b> Comparación de medias obtenidas para la variable peso del fruto en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	53
<b>Cuadro 4.5</b> Medias obtenidas para la variable diámetro polar de frutos en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.....	54

<b>Cuadro 4.6</b> Medias obtenidas para la variable diámetro ecuatorial en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	55
<b>Cuadro 4.7</b> Medias obtenidas para la variable espesor de pulpa en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	56
<b>Cuadro 4.8</b> Medias obtenidas para la variable número de lóculos en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	57
<b>Cuadro 4.9</b> Medias obtenidas para la variable sólidos solubles o °Brix en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	58

## INDICE DE APENDICE

<b>Cuadro A1.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.....	72
<b>Cuadro A2.</b> Análisis de varianza para la variable peso del fruto de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.....	72
<b>Cuadro A3.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro polar de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.....	73
<b>Cuadro A4.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	73
<b>Cuadro A5.</b> Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	74
<b>Cuadro A6.</b> Análisis de varianza para la variable número de lóculos de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014. ....	74
<b>Cuadro A7.</b> Análisis de varianza para la variable sólidos solubles °Brix de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.....	75

## RESUMEN

En la actualidad la demanda de alimentos producidos sanamente va en aumento en el mundo, consecuentemente la agricultura orgánica como práctica permite la garantía al consumidor de un producto sano, la principal característica de este tipo de agricultura es el uso de insumos de origen natural dado esto la producción en invernadero ha demostrado que los rendimientos, en dicho sistema aumentaría la relación beneficio-costos. Una alternativa en la agricultura orgánica es la utilización de sustratos orgánicos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad de frutos del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) desarrollado con diferentes mezclas de compost, arena y perlita utilizados como medio de crecimiento bajo condiciones de invernadero. El estudio del presente trabajo se realizó en el invernadero No.2 del departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. durante el ciclo Primavera-Verano 2014.

Para esto se utilizó Híbrido: Moctezuma F1 con un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones con 16 submuestreos en cada repetición por tratamiento los cuales fueron tres y consistieron en diferentes combinaciones de sustrato orgánico e inerte los cuales fueron los siguientes: tratamiento 1; S1 consistió en arena 50% + perlita 30% + compost 20 % con una fertilización orgánica de té de compost, tratamiento 2; S2 arena 50% + perlita 15% + compost 35 % con una fertilización orgánica de té de compost y tratamiento 2; S3 arena al 100% con una fertilización inorgánica siendo este el testigo.

El arreglo topológico de las macetas se realizó a doble hileras con arreglo en tresbolillo y separación entre hileras de 1.6 m, para una densidad de 4.1 plantas m<sup>2</sup>, Realizándose el trasplante el 27 de mayo de 2014, obteniendo la cosecha, a partir de los 103 días después del trasplante, realizándose hasta el quinto racimo con un muestreo de cinco plantas por repetición.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento total, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa, números de lóculos y sólidos solubles (°Brix).

Las variables evaluadas no reportaron diferencia estadística significativa, sin embargo, en la comparación de medias se registraron rendimientos en el tratamiento S2 a base de arena 50% + perlita 15% + compost 35% el cual obtuvo el mayor rendimiento con 61.933 ton.ha<sup>-1</sup> en cambio S1 a base de arena 50% + perlita 30% + compost 20% presentó el menor rendimiento con 51.058 ton.ha<sup>-1</sup>. En las variables de calidad de fruto el tratamiento 2 manifestó los mejores valores en la mayoría de las variables evaluadas obteniendo mejor calidad de fruto. Lo anterior demostró que es posible la producción orgánica de tomate bajo sustratos orgánicos.

Palabras Clave: alimento, Moctezuma, calidad, rendimiento, té de compost

## I INTRODUCCIÓN

El tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo. Mundialmente ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas debido a su nivel de producción, la cual es superada solamente por el cultivo de la papa (Ascencio *et al.*, 2008).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se cultiva en más de cien países con una producción de dos millones de toneladas anuales, destinado para consumo en fresco como para la industria. Los principales productores son: China, Turquía, Estados Unidos, India, Italia, Egipto, España, Irán, Brasil y México (Ascencio *et al.*, 2008).

En 2012 los principales produjeron: China Continental 50 millones de toneladas, Estados Unidos 13.2 millones de toneladas y Turquía 11.3 millones de toneladas (Velázquez, 2014).

Desde el punto de vista económico es considerada la hortaliza más importante en el mundo aunado a que es un cultivo que demanda mucha mano de obra y activa la economía. (Villarreal *et al.*, 2009)

Es un cultivo que ha aumentado su siembra a nivel mundial y nacional, puesto que es un vegetal que tiene un alto contenido de vitaminas A y C, así como potasio y licopenos. Esto le da un importante contenido nutritivo, por propiedades antioxidantes que reducen la presencia de radicales libres en el cuerpo humano, disminuyendo algunas enfermedades (Borrego *et al.*, 2001).

El consumo per cápita/año es alrededor de los 26. 9 kg, mientras que a nivel mundial es de 12.6 (Pérez *et al.*, 2003).

Los principales países importadores de tomate son Estados Unidos, Rusia, Alemania, Francia y el Reino Unido, y los principales países exportadores de esta

hortaliza son México, Países Bajos, España, Turquía y Jordania, esto en el 2011 según datos de la FAOSTAT (Velázquez, 2014).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ocupa el segundo lugar dentro de las hortalizas cultivadas en México por la superficie explotada, en el 2001, el 30.2% de las exportaciones hortícolas mexicanas fueron de tomate, con un valor estimado de 591.7 millones de dólares (Carrillo *et al.*, 2003).

A nivel nacional se siembran alrededor de 81,000 ha donde se obtienen cerca de 2 millones de ton, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán; y a menor escala: Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo y Puebla (Ascencio *et al.*, 2008).

Durante 2008, se produjeron en todo México 2.26 millones de toneladas de jitomate, siendo el principal productor el estado de Sinaloa, cuya producción representó el 35% del total nacional, monto 3.8 veces mayor al producido por el segundo lugar, Baja California, con 9%. Siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8%, 6% y 5%, sin embargo, la zona productora de mayor importancia es la noroeste. (SAGARPA, 2010).

La agricultura protegida ha venido evolucionando, multiplicándose y ganando terreno durante los últimos años. Esto es debido a que representa una mejor respuesta a las demandas y necesidades de los consumidores por productos hortícolas de calidad, sanos, inocuos y disponibles durante todo el año (Díaz *et al.*, 2011).

En los invernaderos la demanda nutritiva de los cultivos se satisface con el uso de fertilizantes sintéticos, a través de soluciones nutritivas, cuyos componentes pueden provocar efectos nocivos, para el cultivo y el ambiente, cuando éstos se utilizan indiscriminadamente y de manera irracional. Adicionalmente, la elaboración de los fertilizantes sintéticos depende de diversos recursos naturales no renovables e.g. el petróleo (Moreno *et al.*, 2008).

La producción orgánica ha representado una opción para la generación de este tipo de alimentos, ya que es un método agrícola que no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (De la Cruz *et al.*, 2009).

Este sistema de producción se presenta como una alternativa sustentable que utiliza el reciclado de los productos naturales y diversos servicios ecológicos para la producción. Por ser productos libres de contaminantes y que son producidos a través de prácticas que promueven la conservación y mejoramiento del ambiente, la demanda de los productos orgánicos se ha venido incrementando continuamente desde hace varias décadas. De esa forma se convierten en una alternativa de desarrollo para los diferentes países (García *et al.*, 2010).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (De la Cruz *et al.*, 2009).

## **Objetivo**

Evaluar el rendimiento y calidad de frutos del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) desarrollado con diferentes mezclas de compost, arena y perlita utilizados como medio crecimiento bajo condiciones de invernadero.

## **Hipótesis**

Los sustratos orgánicos de compost en combinación satisfacen el desarrollo fisiológico, obteniendo un rendimiento productivo aceptable y alta calidad de tomate.

## **Meta**

Determinar y establecer la concentración óptima entre la combinación de sustratos orgánicos e inorgánicos compost-arena-perlita para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del tomate

#### 2.1 Origen y distribución geográfica

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta (Jaramillo *et al.*, 2007).

El nombre de jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, tomate, que significa tomate de ombligo. (SAGARPA, 2010).

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió por España, entre 1523, año de la conquista de México. Los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México. En el siglo XVI e inicios del siglo XVII, el tomate fue cultivado en Europa como ornamental, Esta planta en principio se consideró como venenosa, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas (Jaramillo *et al.*, 2007).

El consumo de tomate como fuente de alimento ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos, y sólo a partir de esta fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico. Sólo a partir del siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo. En 1900 surgió la primera variedad mejorada, denominada ponderosa (Jaramillo *et al.*, 2007).

## 2.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Nuez, (2001) cita a Hunziker, la taxonomía general aceptada es:

**Cuadro 2.1** Clasificación taxonómica del tomate

Clasificación Taxonómica	
Clase	<i>Dicotyledoneas</i>
Orden	<i>Solanales (Personatae)</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Subfamilia	<i>Solanoideae</i>
Tribu	<i>Solaneae</i>
Genero	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>esculentum Mill.</i>

Fuente: Nuez, (2001)

## 2.3 Clasificación botánica

### 2.3.1 Planta

El tomate es una planta perene de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera semierecta, o erecta, y el crecimiento es limitado en variedades determinadas e ilimitadas en variedades indeterminadas, pudiendo llegar, en estas últimas a 10 m en un año (Nuez, 2001).

### 2.3.2 Hábitos de crecimiento

Determinado e indeterminado: La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado (Escalona, *et al.*, 2009).

### **2.3.3 Semilla**

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

### **2.3.4 Raíz**

El sistema radical del tomate tiene como funciones la absorción y el transporte de agua y nutrientes así como sujeción y anclaje de la planta al suelo, consta de una raíz principal y una gran cantidad de ramificaciones secundarias. En los primeros 30 cm. De la capa del suelo se concentra el 70 % de la biomasa radical. Bajo condiciones de suelo la raíz principal crece unos 2.5 cm diarios hasta llegar a los 60 cm de profundidad simultáneamente se producen ramificaciones y raíces (Castellanos, 2009).

### **2.3.5 Tallo**

El tallo es el eje sobre el cual se desarrolla las hojas, flores y frutos, (Castellanos, 2009). Tiene de 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayuda a soportar el tallo (Nuez, 2001).

En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales; tiene forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas. (Castellanos, 2009)

### **2.3.6 Flor**

Las flores aparecen en racimos, siendo sencillas en la parte baja y después más divididos ramificados, Las flores son pequeñas, pedunculadas de color amarillo, formando corimbos axilares; el cáliz tiene 5 pétalos, corola soldada inferiormente, con 5 pétalos que conforman un tubo pequeño, los 5 estambres están soldados en estilo único que a veces sobresale de los estambres, el ovario contiene muchos óvulos. El número de flores depende del tipo de tomate. En tomates de grueso calibre el ramillete tiene de 4-6 flores; en tomates de calibre mediano aumenta de 10-12 flores por ramillete y en los tomates de tipo cereza o “cherry” se desarrollen hasta 100 flores por racimo (Castellanos, 2004).

### **2.3.7 Hoja**

Las hojas de tomate son pinnado compuestas, una hoja típica tiene unos 0,5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales que pueden a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas esta recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo, las hojas son de tipo dorsiventral o bifacial (Nuez, 2001).

Las hojas son responsables de la fotosíntesis, en la hoja se encuentran los estomas, estructuras por donde se realiza el intercambio gaseoso (transpiración y asimilación de CO<sub>2</sub>) (Castellanos, 2009).

### **2.3.7 Fruto**

Es una baya bi o plurilocular Se desarrolla a partir de uno ovario de unos 5-10 mg. Y alcanza un peso final de 5-500 g. en función de la variedad y condiciones de desarrollo (Nuez, 2001).

El fruto es de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno; el más común es el rojo en la madurez, la pulpa contiene una proporción del 33% del peso fresco del fruto (Rodríguez *et al.*, 2001).

### **2.3.7.1 Estructura del fruto**

El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión, El fruto está constituido por el pericarpo, el tejido placentario, y las semillas, La epidermis está cubierta por una fina cutícula que se engrosa a medida que se desarrolla el fruto, las cavidades locales son huecos en el pericarpo un fruto posee de dos a más, los lóculos contiene dentro las semillas rodeadas por una masa gelatinosa de células (tejido placentario), El pericarpo lo componen la pared externa, las paredes radiales o septos que separan los lóculos y pared interna o columela (Nuez, 2001).

### **2.4 Tipos de tomates**

Jaramillo *et al.*, (2007) menciona que en el comercio existen diversas formas, colores y tamaños de tomates en nuestro país. Los tomates se diferencian de acuerdo con su uso, ya sea para consumo en fresco o industrial, y según la forma externa de los frutos. Generalmente se tienen cuatro tipos: milano, chonto, cherry e industrial.

Milano: es de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y con un peso promedio entre 200 y 400 gramos.

Chonto: son de forma redonda a ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos, y tienen un peso promedio de 70 a 220 gramos.

Cherry: posee frutos de tamaño muy pequeño, de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso promedio de 10 gr, se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos y existen variedades de colores muy variables, como amarillos, rojos o naranjas. Los frutos pueden ser del tipo pera o redondo.

Industrial: Se caracteriza por tener gran cantidad de sólidos solubles, su forma puede variar, desde redondo hasta piriforme, y es de un color rojo intenso.

## 2.5 Valor nutricional y medicinal

El tomate es una rica fuente de vitaminas, tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico.

**Cuadro 2.2** Muestra de la composición nutricional del tomate por 100 gramos de tomate fresco.

Elemento	Cantidad
Agua	93,5 %
Proteína	0,9 g
Grasa	0,1 g
Calorías	23
Carbohidratos	3,3 g
Fibra	0,8 g
Fosforo	19 mg
Calcio	7 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina A1	1,100 UI
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,02 mg
Vitamina C	20mg
Niacina	0,6mg

Jaramillo *et al.*, (2007)

El tomate es rico en licopeno, pigmento que le proporciona su característico Color rojo, El licopeno es el más potente de los antioxidantes: se ha demostrado que este componente puede prevenir e incluso combatir el cáncer debido a que protege las células de los efectos de la oxidación (Jaramillo Y Atehortua, 2002).

## 2.6 Requerimientos climáticos y edafoclimaticos

### 2.6.1 Temperatura

Jaramillo *et al.*, (2006) La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo durante el día debe estar entre 18-22°C y en la noche no superior a 16°C. Para el desarrollo productivo es necesaria una temperatura diurna entre 23 y 28°C y en la noche, entre 15 y 22°C. Cuando las temperaturas son mayores de 25°C y menores de 12°C, la fecundación es defectuosa o nula, porque se disminuye la cantidad y calidad del polen, produciendo caída de flores y deformación de frutos.

Con temperaturas menores de 12°C, se producen ramificaciones en las inflorescencias. A nivel del fruto, este se puede amarillear si se presentan temperaturas mayores de 30°C y menores de 10°C.

### **2.6.2 Luz y fotoperiodo**

El tomate requiere de una buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, y las prácticas culturales que optimizan la recepción de los rayos solares (SAG. 2005).

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 a 16 horas, y requiere de una buena iluminación. Iluminaciones limitadas originan reducción en la fotosíntesis neta e implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y en la producción. Valores de radiación total diaria alrededor de 0.85 MJ m<sup>-2</sup>, son los umbrales considerados mínimos para la floración y formación de fruto, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminaciones bajas durante un mayor tiempo (Jasso *et al.*, 2007).

San Martín, (2011) cita a Brandt (*et al.*) menciona que la intensidad óptima se sitúa entre 1000 a 1400 joules de fotones m<sup>-2</sup> S-4 para plantas en producción, En virtud que una fuerte radiación solar directa sobre el fruto (aprox. 2990 mj m<sup>2</sup> por 1.5 a horas) es perjudicial

Para el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación ineficiente fuera del invernadero de 14 a 16 MJ/m<sup>2</sup> por día. (Castellanos, 2009).

### **2.6.3 Humedad relativa**

En el cultivo de tomate, humedades relativas inferiores al 90 % son deseables pues estos valores superiores favorecen de desarrollo de enfermedades criptogámicas, especialmente botrytis, siendo óptimos valores del 70 al 80 % incluso con temperaturas nocturnas bajas de aire (13°C) (Nuez, 2001).

#### **2.6.4 Suelo**

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, aunque los más indicados son los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno y capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes (Cadenas *et al.*, 2003).

Preferentemente deben ser suelos profundos o al menos que tenga 30 cm. la planta resistente a la salinidad, pues con una CE de 4.0 ms/cm, el rendimiento solo se afectara en un 10%. La CE óptima normal es de 3 ms/cm. El pH que mejor se desarrolla es de 6.7. Sin embargo, tolera pH relativamente elevados de 8.5 o bajos de 5.8 donde el rendimiento puede reducirse al disminuir (Mondragón, 2005).

#### **2.6.5 Altitud**

El tomate puede cultivarse desde los 20 a los 2000 msnm, tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido (Rodríguez *et al.*, 2006).

#### **2.7 Elección del Materia Vegetal**

La elección de la variedad de tomate para invernadero debe hacerse con mucho cuidado debido a que existen en el mercado cientos de variedades disponibles, pero no todas son apropiadas para la producción intensiva en invernadero (Pérez y Castro, 1999)

Según Pérez y castro (1999) Los principales criterios para la elección del genotipo que se pretende establecer son los siguientes:

- alta precocidad,
- características de la variedad comercial y vigor de la planta,
- tipo de fruto,
- resistencia a enfermedades y/o plagas,
- calidad externa e interna del fruto
- adaptación a condiciones ambientales de estrés.

## **2.8 Labores culturales**

### **2.8.1 Trasplante**

El establecimiento del cultivo, en este caso el tomate, se realiza cuando se ha llevado a cabo una serie de preparativos a iniciar un ciclo productivo en el invernadero en éxito tales preparativos son:

Definir fecha del trasplante, Tener una planta sana y vigorosa con suficiente raíz; realizar el trasplante cuando la planta tenga el tamaño, vigor y desarrollo radicular deseado, Tener preparado el suelo del invernadero bien mullido y húmedo, buscar las condiciones climáticas más favorables del día para realizar el trasplante ya sea durante la mañana muy temprano o durante la tarde, definir el marco de plantación. Esto vari de 2.5 a 3 plantas por m<sup>2</sup>. (Garza y Molina, 2008).

### **2.8.2 Aporcado y rehundido**

El aporcado es una práctica que consiste en abrigar la planta con arena o tierra con objeto de fomentar la creación de un mayor número de raíces, y se hace después de la poda de formación. El rehundido es una variante del aporcado y consiste en doblar la planta hasta que ésta entra en contacto con la tierra, rascando un poco en ella y depositando con cuidado la misma, echando después arena y dejando fuera la yema terminal y un par de hojas. Esta última operación está en desuso, por lo que carece de importancia en agricultura moderna. Debido a la intensificación de cultivos, se tiende a aminorar mano de obra y como consecuencia la plantación se está haciendo últimamente sobre la arena evitando ser aporcadas (Cadenas et al., 2003).

### **2.8.3 Tutorado**

El tutorado consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda, Permite un crecimiento vertical de las plantas evitando que las hojas y, sobre todo, los frutos tengan contacto con el suelo. Entre las ventajas de la instalación de un adecuado tutorado se tienen: evitar daños mecánicos a la planta, tanto sea por el peso de los frutos o durante las prácticas culturales; obtener frutos de mejor calidad, ya que éstos no tienen contacto con el suelo; mejorar la aireación general de la planta, facilitar el control fitosanitario y la cosecha de los

frutos, y favorecer el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. (Jaramillo *et al.*, 2007).

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia), sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado por encima de la planta (1.8 - 2.4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo se sujeta al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcanza el alambre (Paredes, 2009)

Cuando las plantas desarrollan una altura de 10 a 20 cm de altura se atan a la rafia esta se sujeta al tallo ya sea mediante un nudo o un clip desarrollado para este fin conforme se va desarrollando el tallo, este se va liando con la rafia o mediante el clips quedando este por debajo del ramillete.

#### **2.8.4 Poda**

La poda es una práctica agronómica utilizada para obtener plantas equilibradas y vigorosas, y a su vez buscar que los frutos no queden ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones. Sin embargo, la poda no debe ser excesiva, ya que los excesos de radiación solar pueden provocar en el fruto el llamado “golpe de sol”, que afecta la calidad (Jasso *et al.*, 2007).

Garza y Molina (2008) Menciona que la poda se realiza con las mayores medidas de asepsia usando tijeras desinfectadas con alcohol al 70% ó con una solución de Hipoclorito de sodio al 2%.

#### **2.8.5 Poda de formación**

Ésta es la primera poda que se le realiza a la planta en los primeros 25 a 30 días después del trasplante, y que define el número de tallos que se van a desarrollar. En el momento de la poda de formación, y en ella se eliminan los brotes o chupones que se desarrollan en la base del tallo que están por debajo del primer racimo floral, Se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **2.8.6 Podas de brotes axilares**

Con la técnica del desbrote se pretende limitar el número de puntos de crecimiento de la planta, favoreciendo el flujo de fotoasimilados hacia el ápice terminal, el tallo, las raíces y los racimos con frutos (Argerich *et al.*, 2010).

Los chupones son los pequeños brotes que crecen en el tallo principal y los peciolos de las hojas, debiendo ser eliminados antes que desarrollen demasiado, pues tomarían parte de los nutrientes que son precisos a los frutos (Resh, 2001).

Según Argerich *et al.*, (2010). Los brotes en las axilas de las hojas comienzan a manifestarse cuando florece el primer racimo floral, y la dominancia apical se ve disminuida. En este momento se hace el primer desbrote del cultivo, eliminando todos los brotes por debajo del racimo floral

Los brotes deben de quitarse cuando alcancen una longitud de una o dos pulgadas (2.5 a 5 cm) en el este momento son frágiles y pueden arrancar se con los dedos sin causar daño en la zona axilar (área entre el tallo y el peciolo) Cuando los chupones están muy desarrollados abra que Cortarlos. Con tijeras de podar o navajas (Resh, 2001).

### **2.8.7 Poda de hojas o deshojado**

Según Paredes, (2009) en esta actividad es recomendable eliminar tanto en las hojas senescentes para facilitar la aireación, disminuir la humedad relativa y mejorar el color de los fruto, esta poda facilita el manejo de los problemas sanitarios y permite mayor entrada de luz a la planta, se debe hacer cuando el segundo racimo haya florecido completamente, y se eliminan las primeras 5 hojas basales, dejando 2 hojas por debajo del primer racimo; la segunda poda se hace cuando florezca el tercer racimo, y se debe eliminar la segunda hoja del primer entrenudo, o sea, la hoja de la mitad entre el primero y el segundo racimo.

Las podas siguientes se hacen a medida que la planta va floreciendo, con el siguiente orden: Poda de segunda hoja del segundo entrenudo, cuando florezca el cuarto racimo. La Poda de segunda hoja del tercer entrenudo, cuando florezca el

quinto racimo y así sucesivamente. Siempre se poda la segunda hoja, puesto que es la que menor aporte hace al llenado del racimo (8%) (Paredes, 2009).

En plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres (hojas A, B, C) seguidas de un racimo floral; la hoja A es la que está inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral, es la responsable del 75% del llenado del fruto; en tanto que la hoja B se ubica en posición intermedia a la hoja A y C y colabora con cerca del 15% del llenado del fruto; la hoja C aporta el 8%, repartiendo sus fotosintatos en forma bilateral para el racimo anterior y posterior (Jaramillo, *et al.*, 2006).

### **2.8.8 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos**

El objetivo de este tipo de poda es balancear el crecimiento vegetativo y generativo de la planta, y homogenizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad (Jaramillo, *et al.*, 2007)

Garza y Molina (2008) describe que de forma general se pueden distinguir dos tipos de aclareo:

Aclareo sistemático: es una intervención que tiene lugar sobre los racimos dejando un numero de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados y el aclareo selectivo: que tiene lugar sobre los frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre.

### **2.8.9 Poda Apical o despunte**

Esta poda permite detener el crecimiento de la planta, y se debe realizar una vez que se haya determinado el número de racimos que se quiere producir. Le permite a la planta dirigir buena parte de los nutrientes que estaba usando para crecer hacia los últimos racimos, y por lo tanto se obtienen mejores calibres y peso de frutos. La poda consiste en eliminar el brote terminal, y se debe hacer dejando 5 hojas por encima del último racimo seleccionado, con el objeto de que estas hojas hagan la labor de “bomba succionadora”, para subir el agua y los nutrientes para el llenado de los últimos racimos (Paredes, 2009).

### **2.8.10 Polinización**

La polinización consiste en la transferencia del polen de los estambres al pistilo. La flor del tomate es hermafrodita, lo que quiere decir que la flor tiene los dos sexos y es capaz de auto polinizarse (Jasso *et al.*, 2007).

Los tomates son polinizados normalmente por él. Viento. Cuando crecen al aire libre; no obstante, en los invernaderos, el movimiento de aire es insuficiente para que las flores se polinicen por si mismas (Resh, 2001).

Castellanos, (2004) describe que para el cuajado de frutos se utilizan varias técnicas: mecánica, mediante insectos o con fitorreguladores, la polinización mecánica es eficiente, siempre y cuando las condiciones de humedad relativa y temperatura sean favorables para un mayor desprendimiento del polen, los métodos son variados como es el movimiento de la planta con un chorro de aire con bombas de mochila, o como golpes vibrantes al emparrillado del entutorado.

El uso de insectos básicamente concierne a la polinización con abejorros del género *Bombus Terrestris*, es el que por su rusticidad se ha impuesto. El abejorro visita las flores en busca de polen como fuente de proteína para alimentar las larvas de su colonia visita entre 6 y 10 flores por minuto, de manera que la colmena llega a visitar entre 20 y 50 mil flores diariamente, la vida útil de la colmena va de 8 a 12 semanas dependiendo del manejo, el uso y las condiciones ambientales. Los abejorros dejan unas marcas de color naranja en flores visitadas. Esta característica se toma en cuenta para evaluar la actividad de los mismos.

### **2.9 Cosecha y calidad**

El estado de madurez es uno de los factores de mayor incidencia en la vida postcosecha y calidad del producto. Los frutos cosechados verdes son sensibles a la deshidratación y son de menor sabor y valor nutritivo; los maduros son menos sensibles a los daños por frío durante el almacenamiento, El momento de cosecha dependerá, entre otros factores, del mercado de destino al que accederá el producto. Si se quiere un mayor período de vida comercial o el mercado es distante, los frutos deberán cosecharse con menor madurez (Argerich *et al.*, 2010).

Usualmente el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, Por tanto, el color en tomate es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Casierra *et al.*, 2008).

La maduración del tomate involucra una serie de cambios cualitativos y cuantitativos de la composición química del fruto en el que participan ácidos orgánicos, azúcares solubles, aminoácidos, pigmentos y alrededor de 400 compuestos volátiles que determinan el sabor y el aroma del fruto, estas variaciones en el contenido y composición química del tomate están relacionados con la variedad, grado de madurez, prácticas de cultivo, condiciones de temperatura y luminosidad, existentes durante la producción y comercialización del fruto (Luna y Delgado. 2014)

### **2.9.1 Sistemas de cosecha**

Alarcón, (2013) menciona que Los sistemas de cosecha del tomate pueden ser manuales o mecanizados. En general los frutos destinados a la industria se cosechan mecánicamente y los de consumo fresco preferentemente a mano, lo que implica mayor cantidad de mano de obra con mayores costos. Para realizar la cosecha mecánica se requiere de cultivares adaptados para ella y que presenten uniformidad en la producción y maduración.

La cosecha de tomate manual es generalmente escalonada en la planta y se realiza en varias etapas, según el periodo de producción de las plantas. Al cosechar se debe considerar el estado de madurez, el destino que se le dará al producto; entre otros.

### **2.9.2 Índices de Cosecha**

Trevor y Cantwell (2002) menciona las Normas para cosechar Tomate: La mínima madurez para cosecha Verde Maduro 2, (Mature Green 2) se define en términos de la estructura interna del fruto: las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto; el material gelatinoso está presente en al menos un lóculo y se está formando en otros.

Tomates de Larga Vida de Anaquel. La maduración normal se ve severamente afectada cuando los frutos se cosechan en el estado Verde Maduro 2 (VM2). La mínima madurez de cosecha corresponde a la clase Rosa (Pink) (estado 4 de la tabla patrón de color utilizada por United States Department of Agriculture, USDA; en este estado más del 30% pero no más del 60% de la superficie de la fruta muestra un color rosa-rojo.

Padrón *et al.*, (2012) describe el estándar estadounidense, establecido por USDA (1997), para la clasificación de tomates frescos se utilizan distintos conceptos para indicar el estado de maduración, tales como: 'green' completamente verde; 'breakers' con ruptura definitiva en el color de verde a amarillo oscuro, rosado o rojo en no más del 10% de la superficie; 'turning' con más del 10% pero no más del 30% de la superficie en conjunto que muestra un definitivo cambio de color de verde a amarillo oscuro, rosado, rojo o una combinación; 'pink' con más del 30% pero no más del 60% de la superficie, muestra un color rosado o rojo; 'light red' con más del 60% de la superficie, en conjunto muestra un color rosado rojizo o rojo y no más del 90% es de color rojo; 'red' con más del 90% de la superficie es de color rojo y 'mixed color' que resulta ser cualquiera que no cumpla las designaciones anteriores en la gama de colores.

### **2.9.3 Calidad del fruto**

Trevor Y Cantwell, (2002) mencionan que La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial.

Forma: Bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo).

Color: Color uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro). Sin hombros verdes.

Apariencia: Lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo pequeñas. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato, sutura, quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico o magulladuras.

Firmeza: Firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobre maduro.

Los grados de calidad en los Estados Unidos son: U.S. No. 1, Combinación, No. 2, y No. 3. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa, firmeza e incidencia de magulladuras, Los tomates de invernadero se clasifican solamente como U.S. No. 1 o No. 2.

#### **2.9.4 °Brix o contenido de sólidos solubles**

La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, dentro de la industria agroalimentaria ya que en realidad lo que se determina es el contenido de sólidos solubles totales, dentro de esta y centrándonos en la industria agrícola, los técnicos siempre hacen referencia al contenido de azúcares y se utiliza para hacer un seguimiento in situ en la evolución de la maduración de frutos y su momento óptimo de recolección (Domene y Segura, 2014)

### **2.10 Generalidades del invernadero**

#### **2.10.1 Definición de invernadero**

Desde el punto de vista de proyecto y construcción, de acuerdo a la norma de la unión europea: UNE-EN-13031-1, “El Invernadero Es Una Estructura Usada Para El Cultivo y/o protección de plantas y cosechas, el cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas, para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior” (Castellanos, 2009).

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control en el medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica). Mediante estas técnicas de protección se cultivan plantas modificando su entorno

natural para prolongar el periodo de recolección, alterar los ciclos convencionales, aumentar los rendimientos y mejorar su calidad, estabilizar las producciones y disponer de productos cuando la producción al aire libre se encuentra limitada (Castilla, 2005).

Juárez, *et al.*, (2011). Define a un invernadero como una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo 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 las especies vegetales. De acuerdo a la Norma Mexicana para el diseño de estructuras para invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008), los aspectos relevantes a considerar en las estructuras son los materiales utilizados. Estos deben ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos, que formen estructuras poco voluminosas a fin de evitar sombras sobre las plantas, ser de fácil mantenimiento y conservación, modificables y adaptables. Por tanto, debe procurarse que en la adquisición de estos materiales se cumplan las especificaciones de fabricación mencionadas en las normas, para cumplir con las especificaciones mínimas de un buen diseño, resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad, incluyendo las cimentaciones.

Jasso *et al.*, (2011). Describe a un invernadero como toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas, que permitan alcanzar alta productividad, a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiéndose de las lluvias, granizo, heladas, insectos y excesos de viento que pudieran perjudicar al cultivo

García *et al.*, (2007). Cita a Sammons *et al.*, (2005). La función Principal de un invernadero es la de recrear las condiciones más apropiadas para dar vida y generar la reproducción de las plantas de cualquier propósito, ya sean comestibles

(como Frutas y verduras), con fines medicinales, o de ornato. Para lograr lo anterior, se necesita simulas condiciones fisicoquímicas optimas de temperatura, bióxido de carbono y humedad entre otras para el adecuado cuidado y crecimiento que requiere dichas plantas

Estas instalaciones están formadas por una estructura o armazón ligero (metálico, madera, hormigón, etc.) sobre lo que se asenté una cubierta de material transparente (polietileno, copolietileno, copolimero EVA, policarbonato, ploricloruro de vinilo, poliéster, cristal etc.) con ventanas frontales y cenitales y puertas para el servicio de invernadero (Serrano, 2005)

### **2.10.2 Ventajas Y desventajas del uso de invernaderos**

Serrano, (2005) Describe algunas ventajas y desventajas del invernadero

#### **Ventajas del Invernadero**

- Cultivar fuera de época y conseguir mayor precocidad.
- Realizar cultivos 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.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.
- Aumento de producción
- Obtención de mejor calidad
- Mejor control de plagas y enfermedades
- Alta eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes.
- Posibilidades de acceder al mercado de exportación
- Trabajar con más comodidad y seguridad y seguridad

#### **Desventajas**

- Alta inversión inicial.
- Elevados costos de producción y de operación.

- Se requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos

## **2.11 Generalidades de los sustratos**

### **2.11.1 Definición de sustrato**

El cultivo bajo invernadero requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo. Uno de los principales factores que determinan el éxito es el sustrato o medio de crecimiento Ortega *et al* (2010).

Cruz, *et al.*, (2012) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada. Mientras que Röber, (2000) señala que un sustrato hortícola es la tierra para las plantas, como las mezclas a base de turbas y otros materiales, que sirven de ambiente para las raíces.

Por su parte, Abad *et al.*, (2004) define que sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal.

En general, podemos resumir que un sustrato para el cultivo de plantas es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrimentos, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales deberán ser colocados en un contenedor Cruz *et al.*, (2012)

### **2.11.2 Clasificación de sustratos**

Desde el punto de vista de su utilización hortícola, los sustratos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos o minerales. Los sustratos orgánicos pueden ser de origen natura (turbas) o sintético (espumas de poliuretano). Incluyendo también a diversos subproductos de origen natural (aserrín, fibra de coco, residuos de corcho etc.) los sustratos minerales pueden ser de origen

natural (arena, grava, etc.) o transformados artificialmente (lana de roca perlita etc.) incluyendo en este grupo diversos subproductos industriales (Castilla, 2005).

### 2.11.3 Sustratos más comunes en la horticultura

Según castellanos, (2009) los sustratos más comúnmente se usa en la horticultura protegida en los sistemas de cultivo sin suelo son: tezontle, perlita, arena, lana de roca, fibra de coco, tepetzil, tepojal y pumacita.

### 2.11.4 Criterios para la selección de sustrato

La elección de un material particular viene determinada usualmente por: su suministro y homogeneidad debe reunir las características de disponibilidad abundante y homogeneidad, su coste no debe invalidar otros aspectos o factores ya que debe permitir alcanzar el objetivo propuesto, sus propiedades examinar con detalles las propiedades del mismo, las analogías y las diferencias entre los distintos materiales, Tomar en cuenta la experiencia local en su utilización por medio de los panes o programas de investigación , experimentación y extensión. La mezcla de materiales resulta determinante en la obtención de un sustrato adecuado para la producción (Nuez, 2001).

### Cuadro 2.3 Descripción de las propiedades de un sustrato ideal

densidad aparente	0,22 g/cm <sup>3</sup>
densidad real	1,44 g/cm <sup>3</sup>
espacio poroso total	85%
fase sólida	10-15%
contenido de aire	20-30%
agua fácilmente disponible	20-30%
agua de reserva	6-10%
Ph	5,5-6,5
capacidad de intercambio catiónico	10-30 meq/100 g peso seco
contenido de sales solubles	200 ppm (2mS/cm)

Fuente FAO 2002

### 2.11.5 Mezcla De Sustratos

Sánchez *et al.*, (2006). menciona que un material por si solo es difícil que cumpla con las mejores condiciones físicas y químicas para el desarrollo de las plantas,

por lo que es necesario hacer mezclas de materiales con diferentes propiedades físicas y químicas, lo cual se aprovecha en la elaboración de un nuevo sustrato para obtener mejores condiciones de crecimiento al respecto, Cruz *et al.*, (2010) mencionando que la mezcla de la mayoría de los materiales inertes con materiales orgánicos juega un papel importante en la obtención de buenas propiedades físicas y químicas, dado que la materia orgánica es un componente activo y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico.

## **2.12 Requerimiento hídrico**

La cantidad de agua a aplicar al cultivo de tomate dependerá de factores como: las condiciones climáticas del lugar, tipo de suelo, estado de desarrollo del cultivo. El primer riego se debe realizar, inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas y luego realizar riegos periódicos, Los riegos no se deben realizar en las horas de la tarde, porque la evaporación del agua aumenta la humedad relativa dentro del invernadero en las horas de la noche y la madrugada, lo que conlleva a problemas de enfermedades en las plantas (Jaramillo *et al.*, 2006)

La duración y frecuencia del riego varía dependiendo de factores ambientales, tales como la temperatura, la intensidad de la radiación solar, el tipo de sustrato utilizado, la humedad relativa y la fase fenológica del cultivo. Conforme la planta se va desarrollando, la demanda de agua y de la solución nutritiva se incrementa, Durante los primeros 30 días después del trasplante el tomate requiere alrededor de 0.3 litros por planta y finalmente el resto del ciclo demanda de 1.0-1.5 litros por planta diariamente. (Velazco *et al.*, 2011)

### **2.12.1 Calidad de agua**

La calidad del agua se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. La calidad de agua usada para riego de los cultivos es determinante para la producción y calidad en la agricultura, el mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y para la protección del medio ambiente; su evaluación debe ser en base a su potencialidad para producir efectos

adversos al suelo, a los cultivos y a las personas y animales que consumen dichos cultivos Díaz (2010).

### **2.13 Fertirrigación**

La agricultura es la actividad que mayor demanda de agua mundial, representando globalmente el 69 %. De acuerdo con lo anterior se han implementado métodos modernos de producción con el fin de hacer eficiente el uso de agua y de los insumos agrícolas, como el fertirriego, que es una técnica que suministrar nutrientes a los cultivos a través del agua de riego, que pueden maximizar rendimientos y minimizar la contaminación ambiental (Castellanos, 2014).

El fertirriego es una técnica que tiene por objetivo aprovechar el flujo hídrico para transportar los nutrimentos que necesita la planta como complemento a los que le proporciona el suelo. Al mismo tiempo, ofrece la posibilidad de optimizar el agua y los fertilizantes, componentes de gran importancia en la explotación agrícola; además, representa una buena opción para utilizar agua con alto contenido iónico (Martínez *et al.*, 2006).

El riego localizado se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema de riego se centran en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes, ofrecen la posibilidad de realizar una fertilización día a día. En función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato, y un agua de riego determinados, para unas condiciones definidas (Codahia, 1997).

Con el riego localizado, se reduce las pérdidas de agua por evaporación directa y el volumen de suelo húmedo es relativamente bajo, asimismo se reduce la capacidad almacenamiento de agua, de ahí la necesidad de aplicaciones frecuentes de un volumen bajo con esto se reduce las pérdidas por escurrimiento y percolación (Castellanos y Muños, 2003).

Quesada y Bertch (2012) Menciona que el fertirriego garantiza un suministro de nutrimentos directamente en el bulbo de humedecimiento, sitio

donde se encuentra el mayor volumen de raíces absorbentes. Esto favorece la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, lo que mejora su distribución y localización. Si se emplea este recurso en forma adecuada, con el aporte de los nutrimentos que la planta demanda en el tiempo y la cantidad precisa para cada etapa fenológica, la mejora en el rendimiento alcanzado y en parámetros de calidad de la fruta (tamaño, firmeza, sanidad, sólidos solubles) es notable.

### **2.13.1 Solución nutritiva**

Favela *et al.*, (2006) cita a Steiner, (1961) donde describe que una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente. La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas.

## **2.14 Generalidades de la agricultura orgánica**

### **2.14.1 Definición de la agricultura orgánica**

La demanda de alimentos producidos sanamente va en aumento en el mundo, consecuentemente la agricultura orgánica como práctica que permite la garantía al consumidor de un producto sano también va en aumento. La principal característica de este tipo de agricultura es el uso de insumos de origen natural para cubrir los requerimientos nutricionales y aquellos que van destinados al control de las plagas y enfermedades de los cultivos (Nieto *et al.*, 2010).

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM por sus siglas en inglés). La agricultura orgánica 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 medio ambiente que compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (CONAP, 2009).

#### **2.14.2 La agricultura orgánica en el mundo**

En las últimas décadas, el mundo ha observado un rápido desarrollo del segmento de agricultura orgánica (AO) Rodrigues *et al.*, (2006).

Cada vez más, los consumidores prefieren alimentos libres del uso de agroquímicos, incluidos los fertilizantes inorgánicos. Se ha logrado desarrollar un sector de los consumidores conocido como “consumidor ecológico”, dispuesto a pagar un precio extra por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánico certificado (Márquez *et al.*, 2013)

En el mundo se cultiva ecológicamente alrededor de 10.5 millones de hectáreas de las cuales Australia ocupa 5.5 millones de has, Italia 958 687 has y Estados Unidos 900 000 has. (Pérez, 2006)

#### **2.14.3 La agricultura orgánica en México**

El desarrollo de la agricultura ecológica en México ha sido sorprendente; surgió desde la década de los años ochenta en solo algunos lugares y en pocos años se ha extendido a muchos otros multiplicando su superficie e incursionando cada vez más en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores campesinos e indígenas de escasos recursos. (Pérez, 2006).

Los primeros procesos de agricultura orgánica en México se dieron en 1967 (CONAP, 2009).

El sector de la agricultura orgánica ha experimentado un progreso asombroso en México en los últimos años. De las poco más de 20,000 hectáreas orgánicas cultivadas en el país a mediados de los noventa, se ha pasado a aproximadamente 400,000 en el año 2008 (Boza, 2010).

Actualmente los estados con más producción de orgánicos son; Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Baja California Sur, Guerrero, Yucatán, Chihuahua, Sinaloa, Colima y Veracruz. México está ubicado en el contexto internacional como país productor exportador de alimentos orgánicos se exporta cerca del 85 por ciento de su producción principalmente a Europa, Estados Unidos, Canadá y Japón. (CONAP, 2009).

**Cuadro 2.4** Producción orgánica de tipo de tomate en México

Producción Orgánica por tipo de tomate en México (Toneladas)					
Tipo	2004	2005	2006	2007	2008
Tomate Rojo Orgánico	3,800	350	18,118	6008	22801
Tomate Cherry (Orgánico)	684	2,797	2,909	4,061	5,119

Fuente (SAGARPA, 2010)

#### 2.14.4 Agricultura orgánica bajo invernadero

La producción en invernadero aumenta los rendimientos, según se ha observado, es decir, producir orgánicamente en dicho sistema aumentaría la relación beneficio-costos, además elimina algunos de los problemas de la agricultura orgánica, ya que se garantizarían frutos durante todo el año, se evitarían los contratiempos ambientales y, sobretodo, aumentarían las ganancias debido a la mayor productividad con relación a la producción en campo (Márquez *et al.*, 2006)

Márquez *et al.*, (2010). La producción de tomate orgánico certificado en invernadero es posible; permite la obtención de tomate aumentando los rendimientos considerablemente respecto a campo, además, se puede obtener producción durante todo el año además de mejorar la calidad de los productos y facilitar el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria; no obstante, para evitar el tiempo de reconversión de tres a cinco años, hay que producir en un sustrato, que cumpla con los estándares de las certificadoras, o bien, poner el invernadero en un terreno virgen o que no se haya cultivado en los últimos diez

años. En el caso de los sustratos, estos pueden ser inertes y/o químicamente activos, o bien, una mezcla de ambos. Las tendencias de la agricultura hacia sistemas protegidos, en especial a los invernaderos, es una realidad; se sugiere se diseñen de tal manera que se apeguen y cumplan fácilmente los estándares de las producciones orgánicas, para que así, el productor, pueda producir tomate con altos rendimientos, excelente calidad además de facilitar el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria pero sobretodo garantizar que el sistema de producción y el producto, contenga el sello orgánico de alguna de las certificadoras, originando un bienestar social, económico y medioambiental.

### **2.15. Sustratos orgánicos**

En los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad menciona que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes sintéticos; razón por la cual, el productor convencional, no intenta ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobre precio por concepto orgánico (Márquez *et al.*, 2008)

A esto Márquez *et al.*, (2013). Señala que se convierten en una limitante para los productores para incorporarse inmediatamente al sistema de AO, ya que es posible únicamente al cultivar en un suelo virgen o bien en un sustrato creado con materias primas aprobadas por las normas orgánicas. Al respecto, las normas de certificación, permiten la elaboración de insumos agrícolas, así como también el uso de insumos comerciales formulados a base de sustancias naturales que han sido evaluados por el Instituto Revisor de Materiales Orgánicos (OMRI por sus siglas en inglés).

Márquez *et al.*, (2008) comenta que Con el propósito de evitar dicho período una alternativa, sería la creación de un sustrato.

Los abonos orgánicos permiten como medios de crecimiento mejorar las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre. Es de gran importancia incrementar el conocimiento acerca de los componentes que conforman los sistemas de producción orgánicos bajo condiciones protegidas,

como son: cambios en el sistema de producción, uso y dosificación de diferentes abonos orgánicos, normatividad y cultivos (Rodríguez *et al.*, 2009).

### **2.15.1 El compost**

Ansorena, *et al* (2014) cita a (European Commission and Joint Research Centre, 2014) definiendo a el compost como un material sólido particulado, que ha sido higienizado y estabilizado por un proceso de tratamiento biológico, del que la última etapa es una etapa de compostaje aeróbico. El compostaje es un proceso de descomposición controlada de materiales biodegradables bajo condiciones dirigidas, que son predominantemente aerobias y que permiten el desarrollo de temperaturas adecuadas para las bacterias termofílicas, como resultado del calor producido biológicamente.

Defrieri, *et al.*, (2005) mencionando que El compostaje es un método biológico que transforma restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable, cuyo uso se ha incrementado en los últimos años como una alternativa efectiva para mejorar la productividad y la calidad de los suelos .que requiere un grado de oxigenación y humedad adecuados y que implica el paso por un proceso de higienización a través de una etapa termófila

Llevándose a cabo el proceso de degradación por la acción de hongos y bacterias estos organismos degradan moléculas hidrocarbonadas para formar materiales húmicos supramoleculares Los ácidos húmicos y fúlvicos mejoran la aireación y la capacidad de retención de agua y parte del C en la biomasa del suelo (Venegas *et al.*, 2005)

El compostaje consta de una fase de alta degradación y una de maduración; la primera, se caracteriza por la acción de los microorganismos sobre las sustancias de menor complejidad y, la segunda, por la transformación de los componentes recalcitrantes en sustancias húmicas que mejoran la calidad del suelo (Venegas *et al.*, 2005)

La calidad de un compost se define en función de su contenido de ácidos húmicos; las normas italianas exigen como mínimo 75 g de ácidos húmicos kg<sup>-1</sup> de sólidos totales. El pH es un parámetro indicador del grado de humificación de la materia orgánica y, por lo tanto, de su madurez; al inicio, en general, es menor que 5.5, debido a la generación de ácidos orgánicos de bajo peso molecular, en tanto que al alcanzar la madurez, se eleva hasta valores alcalinos, en ocasiones hasta mayores que 7.5, adquiere su madurez cuando el valor de su CIC llega a ser mayor que 67 me 100 g<sup>-1</sup> y el de la relación C/N < 12 (Venegas *et al.*, 2005).

Da como resultado un producto final (composta) que es estable, libre de patógenos y elementos fitotóxicos para las plantas y que puede ser aplicado benéficamente al suelo, Además, es un proceso que puede desarrollarse con baja tecnología y satisfactoriamente (Widman *et al.*, 2005)

Márquez *et al.*, (2013). Las normas orgánicas señalan como requisito para el uso del estiércol, que éste debe pasar por un proceso de compostaje. El compost, así obtenido, tiene algunas ventajas sobre otros abonos orgánicos. Por ejemplo, respecto a su tasa de liberación de nutrientes, se ha reportado que del 70 al 80% de fósforo, 80 al 90% de potasio, y 11% del nitrógeno quedan disponibles para la planta en el primer

De la Cruz *et al.* (2009) Señala que Los beneficios son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente. Venegas *et al.*, (2005) Por su contenido de sustancias húmicas, tienen alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y algunos efectos específicos sobre el crecimiento de las plantas, debido a que la actividad de las sustancias húmicas es muy parecida a la del ácido indolacético.

### **2.15.2 El compost como sustrato**

Ansorena *et al.*, (2014). Menciona que el uso del compost como sustrato o componente de sustratos se ha analizado los principales factores limitantes y se

efectúan unas recomendaciones genéricas, planteándose alternativas de futuro que permitan obtener compost de calidad, con unas propiedades adecuadas para su empleo como sustrato o componente de sustratos de cultivo. El grado de madurez del compost es, juntamente con la salinidad, una de las características más importantes que condicionan la promoción del compost de biorresiduos, ya que los compost frescos, no suficientemente maduros, presentan fitotoxicidad residual, que puede afectar negativamente a la fisiología de las raíces y las plantas. Por esta razón, en mercados de alto valor como el de los sustratos ornamentales, se recomienda el empleo de compost muy maduro, con valores de 7-8 para el índice de maduración en la escala del ensayo Solvita® (WRAP & Growing Media association, 2004).

Díaz, (2004) cita a Lemaire, (1997) mencionan que la bioestabilidad es la principal propiedad biológica y se refiere a la estabilidad de un sustrato orgánico frente a los organismos que lo pueden degradar. Esta propiedad nos permite saber si un sustrato orgánico permanece sin alterar o con poca alteración durante el ciclo de un cultivo. Para conocer si un material ha sufrido alteración biológica se cuantifica el contenido de materia orgánica inicial y después de un tiempo y estimar el grado de degradación del material utilizado.

## **2.16. Fertilización orgánica**

La fertilización orgánica es una alternativa que en muchos casos resulta de bajo costo y fácil de preparar, además presenta la ventaja de aumentar la cantidad de materia orgánica y microorganismos que se encuentran disponibles en el suelo. Los abonos orgánicos son portadores de nutrientes en baja concentración por lo que se sería necesario aplicar grandes dosis para suministrar los nutrientes necesarios, por ello raramente puede justificarse las aplicaciones de estos abonos, además de actuar como regulador de la lixiviación, aportar microelementos, así como los efectos quelanizantes y solubilizadores de la materia orgánica sobre los elementos del suelo. La materia orgánica actúa sobre la estructura del suelo y favorece la aireación, el drenaje, el enraizamiento y la capacidad de retener agua (Aguirre y Fernández, 2005).

Los abonos orgánicos, ofrecen la posibilidad de potenciar las interacciones entre los fitopatógenos, los agentes de control biológico, la materia orgánica del suelo y las raíces de las plantas. Esto sugiere la posibilidad de que las interacciones sinérgicas entre microorganismos del suelo y substratos preparados basados en subproductos agrícolas puedan promover el crecimiento y la protección de las plantas (Aguirre y Fernández, 2005)

Preciado *et al.*, (2010) describe que existe un enorme potencial para el aprovechamiento de desechos pecuarios (estiércol); ya que pueden ser procesados para obtener composta y algunos subproductos, para la nutrición de los cultivos. Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes inorgánicos es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como: extracto líquido de estiércol Capulín *et al.* (2001); Capulín *et al.* (2005); Capulín *et al.* (2007), lixiviado de compost Jarecki & Voroney (2005), té de composta Ochoa *et al.* (2009).

Rodríguez *et al.*, (2009) cita a (NOSB, 2004). Recientemente, uno de los abonos orgánicos que ha estado siendo fuertemente impulsado es la aplicación del té de compost ya que representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial

Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son capaces de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fosforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad, metales pesados y exceso de pesticidas, por parte de la planta y/o poseer la capacidad de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Romero *et al.*, 2012)

### **2.16.1 Él té de compost**

Uta *et al.*, (2006). Menciona que el uso del té de compost en la agricultura data desde hace miles de años en diferentes culturas. Los griegos, los egipcios o la cultura maya han utilizado esta técnica para mejorar sus cultivos y sus cosechas. Hoy esas mismas prácticas se están implementando otra vez, para mejorar la vida en el suelo, la fertilidad de las plantas y están siendo incluidas en

los programas de erradicación de plagas y de enfermedades como método efectivo y alternativa económica a los productos químicos. El té de compost se utiliza por todo el mundo en la agricultura convencional, en la agricultura de control integrada y en la agricultura ecológica o biológica.

Salas *et al.*, (2010) Define a el té de compost como un extracto líquido obtenido a partir de la fermentación aeróbica de compost en agua, y ha sido usado en fertirriego debido a su contenido de microorganismos, nutrientes solubles y compuestos benéficos para las especies vegetales.

Roma *et al.*, (2013) describe que El proceso de producción de té de compost tiene como fin aumentar la carga microbiana del compost, para lo cual al proceso se pueden incorporar aditivos que actúan como catalizadores para inducir el metabolismo microbiano y con ello aumentar las poblaciones más rápida y eficientemente.

El té de composta, es una solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrimentos solubles, microorganismos benéficos y compuestos favorables para las especies vegetales Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Vázquez *et al.*, 2014)

Céspedes, (2009) recomienda el uso de té de compost, ya que permite restaurar o mejorar la microflora del suelo e indirectamente incrementar la fertilidad integral del mismo, por ello también se utilizan en el manejo sanitario preventivo, lo que permite suprimir plagas y enfermedades a través del estímulo del control natural.

#### **2.16.1.1 Beneficios del té de compost**

Roma *et al.*, (2013) menciona algunos:

- La Fijación biológica de nitrógeno y biofertilización: Igualmente, como el compost, el té de compost puede contener (normalmente en menor proporción) bacterias asociadas a la fertilización de cultivos. Estas son las

fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter* sp., o *Rhizobium* sp., *Klebsiella* sp.) y a la solubilización de fosfatos.

- Incremento del número de los microorganismos del compost: El té de compost emplea diferentes productos para ayudar a los microorganismos en su multiplicación durante el tiempo de preparación. Estos productos llamados catalizadores, favorecen el paso de los microorganismos desde el compost hasta el agua, y sirven también como fuente de nutrientes. Se usa azúcar, melazas, emulsión de pescado y roca fosfórica como sustratos efectivos en este proceso catalítico.

### **2.17 Antecedentes**

En 2004, la producción orgánica nacional de tomate se llevó a cabo en 380 ha con rendimientos promedio de 10 t ha<sup>-1</sup>, con un precio 5.84 veces mayor que el convencional. En condiciones de invernadero se han obtenido rendimientos de 90 t ha<sup>-1</sup> cuando se fertiliza con gallinaza Tuzel *et al.* (2003) y de 100 t ha<sup>-1</sup> con compostas y vermicomposta (Márquez *et al.* 2008), es decir, la producción orgánica en invernadero aumenta la relación beneficio-costo (De la Cruz *et al.*, 2009).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera**

La Comarca Lagunera, región mexicana ubicada en el centro-norte de México, está conformada por parte de los Estados de Coahuila y Durango se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la región lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de aridez. Esta enorme y comarcana planicie, con grandes llanuras reseca, bolsones y valles muy extensos, cuenta con pocas prominencias orográficas (SEMARNAT, 2010).

#### **3.2 Localización del experimento**

La presente investigación se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna que se encuentra ubicada en el predio de San Antonio de los Bravos, en la ciudad de Torreón, Coach., México, sobre el periférico que conduce a Gómez Palacio, Dgo., y carretera a Santa Fe. Que Cuenta con una superficie de 37 ha. Se encuentra entre los paralelos 25° 25' y 25° 30' de latitud norte, y entre los meridianos 102° 51' y 103° 40' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

#### **3.3 Descripción del área de estudio**

El trabajo experimental se realizó en el invernadero de 200 m<sup>2</sup> cuenta con cubierta plástica, piso de grava y sistema de enfriamiento automático con pared húmeda y dos extractores, en el ciclo Primavera-Verano 2014, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) situada en 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud norte en Torreón, Coahuila. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y su temperatura media anual es de 18,6°C.

### **3.4 Forma del invernadero**

La forma del invernadero es semicircular, con estructura completamente metálica, cubierta con una película plástica transparente, el piso es de piedra granulada de color blanco, el sistema de enfriamiento consta de una pared húmeda y un par de extractores de aire caliente, dentro del invernadero se encuentran 4 ventiladores para un mejor control climático. Ambos sistemas están sincronizados para accionarse por los sensores.

### **3.5 Acondicionamiento del invernadero**

Se realizaron actividades para mantener el invernadero en óptimas condiciones para el cultivo se eliminara cualquier tipo de maleza, se reparó y dio mantenimiento al sistema de enfriamiento automático tanto la pared humedad y los dos extractores así como la pila de agua y el bombeo de agua se le dio mantenimiento a la estructura metálica interior pintándola al piso de graba se niveló para un cómodo adecuado de las hileras de las macetas.

### **3.6 Material genético**

Se utilizó el híbrido: Moctezuma F1 (HMX 7865) de la empresa (HARRIS MORAN) tomate tipo saladette de crecimiento indeterminado.

### **3.7 Diseño experimental**

Se evaluaron tres tratamientos los cuales consistieron en diferentes dosis de compost como sustrato fueron los siguientes:

Tratamiento 1: (S1); Arena 50% + perlita 30% + composta 20 %

Tratamiento 2: (S2); Arena 50% + perlita 15% + composta 35%

Tratamiento 3; (S3); Arena al 100% (testigo)

El diseño experimental fue en bloques al azar con dos repeticiones con 16 submuestreos en cada repetición por tratamiento.

La unidad experimental estuvo compuesta por una maceta en la cual se colocó una planta en cada una de ellas. Se evaluaron dos repeticiones cada una compuesta por 16 macetas.

### **3.8 Medios de crecimiento**

Se utilizaron tres tipos de sustratos los cuales fueron compost sin cernir, perlita con buena granulometría y arena de río.

### **3.9 Manejo de sustratos**

Para la desinfección de la compost se efectuó la solarización de esta eliminando cualquier tipo de patógenos que pudieron afectar a la investigación, esto se obtuvo humedeciendo el sustrato homogéneamente, posteriormente se cubrió con plástico durante 30 días esto aumento la temperatura a un grado crítico para los microorganismos.

### **3.10 Preparación de macetas**

Para el llenado de macetas se utilizaron bolsas de polietileno color negro de 20 litros de capacidad, las cuales fueron llenadas con base al volumen, y de acuerdo a los tratamientos. T1.: 50%arena - 30%perlita - 20%compost, T2: 50% arena -15% perlita - 35% compost y T3: 100% de arena.

### **3.11 Arreglo topológico**

Se acomodaran las macetas en doble hileras con arreglo en tresbolillo y separación entre hileras de 1.6 m, para una densidad de 4.1 plantas m<sup>2</sup>

### **3.12 Lavado de macetas**

Para eliminar el exceso de sales tanto de la compost como de la arena se realizó un riego utilizando 20 litros de agua por maceta aplicándolos en cuatro tiempos diferentes con 5 litros

### **3.13 Siembra**

La siembra se realizó en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, se colocó una semilla por cavidad, utilizando como sustrato peat Moss. Los riegos se realizaron frecuentemente cada tres días manteniendo la humedad hasta realizado el trasplante.

### **3.14 Trasplante**

Esta actividad se efectuó el 27 de mayo de 2014, a 30 días después de la siembra cuando la planta alcanzó 15 cm de altura. Se colocó una planta por maceta, con su respectivo tratamiento.

### **3.15 Fertilización inorgánica**

#### **3.15.1 Solución nutritiva**

Para satisfacer las necesidades nutritivas del tratamiento testigo, se preparó una solución nutritiva de acuerdo al análisis químico de agua.

#### **3.15.2 Procedimiento para la preparación de la solución nutritiva**

Para la elaboración de la solución nutritiva se utilizó un taque de plástico con un volumen de 200 litros de agua. Posteriormente se le agregaron los fertilizantes con las cantidades abajo indicadas según el caso para macronutrientes y micronutrientes.

**Cuadro 3.1** Composición de macronutrientes para la solución nutritiva empleada en la fertirrigación inorgánica en tomate en el tratamiento testigo.

Fertilizante	Gr./200 L.
Fosfonitrato	20.58
Nitrato de potasio	85.66
Nitrato de calcio	21.32
Nitrato de magnesio	49.82
Ac. Nítrico	15.5
Ac. Fosfórico	10.64 ml.

**Cuadro 3.2** Composición de micronutrientes para la solución nutritiva empleada en la fertirrigación inorgánica en tomate en el tratamiento testigo.

Fertilizante	Gr./200 L.
Sulfato de hierro eptahidratado	2.98
Sulfato de cobre pentahidratado	0.16
Sulfato de manganeso tetrahidratado	1.26
Sulfato de zinc eptahidratado	0.26
Ác. bórico	0.80
Ác. molibdico	0.02

### 3.15.3 Riego con solución nutritiva

El riego se aplicó manualmente para lo cual, se utilizó un recipiente de plástico. Este se realizó de acuerdo a las condiciones climatológicas que se manifestaron dentro del invernadero así como, el estado fenológico de la planta. Durante los primeros 30 días se aplicaron 500 ml por planta, para posteriormente regar 1 L. por maceta.

### 3.16 Fertilización orgánica

#### 3.16.1 Té de compost

Este se comenzó a preparar diariamente a partir del trasplante, se elaboró de acuerdo al modelo de Edwards et al., (2010).

### **3.16.2 Procedimiento para la elaboración del té de compost**

En un recipiente de 200 de plástico con un volumen de 200 L. se le colocaran 200 litros de agua se dejó oxigenar durante 24 horas mediante una bomba de aire la cual generaba turbulencia la cual provee un flujo continuo de oxígeno dentro de la solución y creando bastante turbulencia por consiguiente eliminar exceso de sales contenido en el agua.

Enseguida se colocaron y pesaron 20 kilos de compost en una bolsa de plástico tipo red. En un recipiente de 50 L. se agregó agua a la mitad introduciendo el compost por un tiempo de cinco minutos, con la finalidad de eliminar el exceso de sales que contiene el compost.

En seguida se introdujo la bolsa con el compost dentro del tanque con agua previamente oxigenada. Finalmente se agregará 40 gr de piloncillo como fuente de carbono soluble, La mezcla se dejó fermentar por 24 horas con la bomba de aire encendida.

### **3.16.3 Riego con té de compost**

El riego fue manual y se aplicó diariamente; el volumen por día variará con la etapa del cultivo, de 500 ml en los primeros 30 días después del trasplante por maceta para posteriormente después a 1000 ml de floración a la cosecha.

## **3.17 Manejo del cultivo**

### **3.17.1 Tutorado**

Consistió básicamente en guiar verticalmente a las plantas cuando alcanzaron una altura que osciló entre los 20 a 35 cm. a través de un amarre en la base del tallo principal con la ayuda de una rafia agrícola que fue sostenida a una altura no mayor de 1.80 cm por un gancho que se le aportó la rafia estimada para el ciclo sobre la línea principal de tutoraje que fue alambre galvanizado. Con el objetivo de mantener la planta erguida, promoviendo mayor entrada de luz y

ventilación, evitando que los frutos quedaran en contacto con el suelo. Con forme la planta iba creciendo era desenredada la rafia del gancho, bajada, guiada y acomodada sobre las macetas, esta labor se realizaba de acuerdo al crecimiento del tratamiento.

### **3.17.2 Podas de hojas y brotes axilares**

El experimento se realizó con plantas a un solo tallo por lo consiguiente se realizó la eliminación de los brotes axilares, estos se eliminaron con forme a la observación de las plantas cuando estos tenía un altura no mayor a 15 cm. utilizando tijeras desinfectando las previamente con una solución a cloro al 5 % esto para evitar daños al tallo y no infectar a las plantas. La finalidad es la de evitar competencia con el tallo principal.

Poda de hojas senescentes o viejas, esta labor se realizó para evitar que estas hojas se volvieran parasitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos, también para eliminar las hojas enfermas y mejorar la ventilación entre plantas, en esta poda se eliminó las hojas basales hasta donde se encontraba el primer racimo y luego se dejó una hoja antes de cada racimo en producción a lo largo del ciclo de este cultivo.

### **3.17.3 Polinización**

Esta labor se realizó manualmente cuando comenzó la etapa de floración por las mañanas. Se hizo con el movimiento de los tutores haciendo una ligera vibración y con ayuda de ventiladores lo cual ayudo a una mejor polinización.

### **3.18 Manejo de plagas y enfermedades**

Se realizaron inspecciones visuales en las plantas con ayuda de una lupa de donde se identificó la presencia de plagas como la mosquita blanca (*Bemisia spp*), con un alta población, provocando como consecuencia fumagina. Para esto se recurrió a realizar aplicaciones de biorepelentes como:

PESTIL OUT, REGALIA MAXX PROGRANIC® NIMICIDE 80 con extracto de neem (*Azadirachta indica*, salanina y meliantrol) al 80% repelente de origen natural con dosis de 1000 ml /200 litros de agua contra mosquita blanca (*Bemisia spp*), pulgones (*Myzus persicae*), esto se aplicó continuamente.

### **3.19 Cosecha**

La cosecha, se realizó a partir de los 103 días después del trasplante, realizándolo hasta el quinto racimo, el criterio de la cosecha fue determinado por el cambio de color, se cosechó manualmente cuando el fruto presentaba un color rojo firme característico de la variedad.

### **3.20 Variables evaluadas en tomate**

Las variables evaluadas fueron rendimiento total, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa, números de lóculos y Sólidos solubles (°Brix),

Para estas variables los materiales que se utilizaron durante el desarrollo del trabajo fueron: una báscula digital, vernier, regla milimétrica, refractómetro, y cuchillo.

#### **3.20.1 Peso del fruto**

Para obtener esta variable se utilizó una báscula digital, la cual expreso el peso de cada fruto en gramos.

#### **3.20.2 Diámetro polar**

Para esta variable se colocó el fruto de manera vertical sobre el vernier midiendo la distancia entre el pedúnculo y la cicatriz floral.

### **3.20.3 Diámetro ecuatorial**

Para medir el diámetro ecuatorial se colocó el fruto de forma transversal la parte más ancha del fruto sobre el vernier, registrando los datos en centímetros.

### **3.20.4 Espesor de pulpa**

Se hizo un corte con un cuchillo en la parte más ancha del fruto, midiendo la parte carnosa del fruto con una regla milimétrica, tomando el dato en centímetros.

### **3.20.5 Sólidos solubles (°Brix)**

Esta variable se determinó colocando el jugo del fruto directamente en la base del refractómetro y tomando la lectura en grados °Brix.

### **3.20.6 Rendimientos**

Para evaluar rendimientos se pesaron los frutos por racimo, por planta, por tratamiento y por repetición.

## **3.21 Análisis estadístico**

Para el análisis de resultados se sometieron al análisis de varianza (ANDEVA), este se llevó a cabo mediante el paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 1.1 de PRUEBA de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León Julio, (Olivares, 2012).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento Ton.ha<sup>-1</sup>

Para la variable rendimiento se estimó la suma de todos los frutos producidos por planta hasta el quinto racimo, se calculó primero el área de cinco plantas muestreadas para posterior calcular el rendimiento en kg/ha y posterior ton/ ha

De acuerdo con el análisis estadístico en la variable de rendimiento se registró que los tratamientos utilizados no tuvieron diferencia estadística significativa (Cuadro A1) con un coeficiente de variación de 22.29 obteniendo una media general de 57.656 ton.Ha<sup>-1</sup>. No obstante, de no haber obtenido alguna diferencia significativa, en la comparación de medias se registró que el tratamiento S2 a base de arena 50% + perita 15% + compost 35% manifestó el mayor rendimiento con 61.933 ton.ha<sup>-1</sup> en cambio S1 a base de arena 50% + perita 30% + compost 20% presento el menor rendimiento con 51.058 ton.ha<sup>-1</sup>

Los resultados obtenidos en el presente experimento son ligeramente superiores a los reportados por Pérez (2007) el cual obtuvo rendimientos con el híbrido 73-48 de 50733.05 kg.ha<sup>-1</sup> con composta como sustrato bajo fertirrigacion mientras que en el tratamiento de lombricomposta como sustrato reporto 86.761.13 kg.Ha<sup>-1</sup> mostrándose superior a los obtenidos en la investigación.

**Cuadro 4.2 Comparación de medias obtenidas para la variable rendimiento de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	Peso (ton.ha <sup>-1</sup> )	Significancia
S2	Moctezuma F1	61.933 a	NS
S3	Moctezuma F1	59.979 a	NS
S1	Moctezuma F1	51.058 a	NS
CV. %		22.29	
DMS		75.717	
MEDIA		57.656	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

## 4.2 Dinámica de crecimiento

Se obtuvieron ecuaciones de regresión para la dinámica de crecimiento para estimar el rendimiento  $\text{ton.ha}^{-1}$  por cosecha (cuadro 4.8) por la cual se realizó la suma de peso de fruto por cada cosecha en cada tratamiento de acuerdo a los días después del trasplante. Posteriormente se calculó el rendimiento estimado a  $\text{Ton.ha}^{-1}$  a partir de las ecuaciones obtenidas a los 110, 124 y 138 días después del trasplante (ddt).

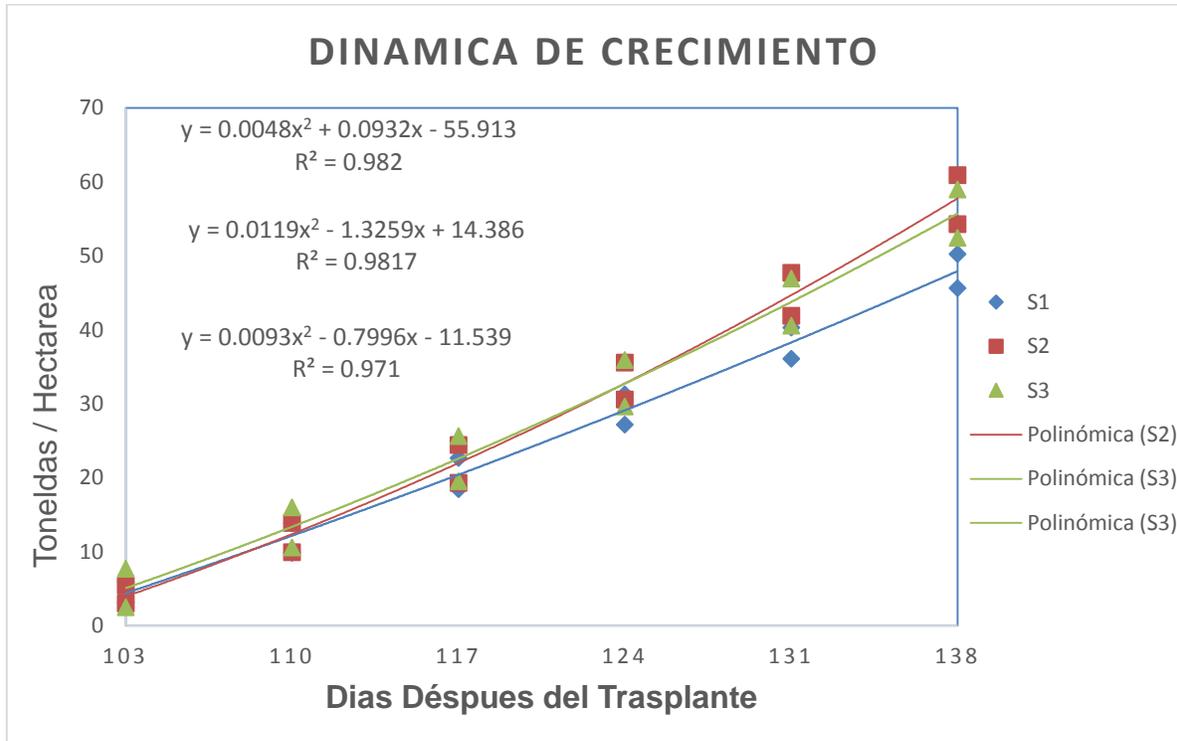
Se presenta la dinámica de crecimiento de acumulación de  $\text{ton.ha}^{-1}$  estimadas por cosecha en relación con los días después del trasplante. El mayor rendimiento en  $\text{ton.ha}^{-1}$  a los 110 ddt se presentó en el tratamiento S3 con un sustrato de arena al 100% con una fertilización inorgánica seguido por el tratamiento S2 a base de Arena 50% + Perlita 30% + Compost 35% con una fertilización orgánica a los 124 ddt. El mayor rendimiento se da en el tratamiento S3 le sigue el S2 con una diferencia mínima. A los 138 ddt el mayor rendimiento lo dio el S2 superando al S1.

**Cuadro 4.2 Ecuaciones de regresión para la variable dinámica de crecimiento en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Nutrición	Sustrato	Ecuación De Regresión	R <sup>2</sup>	Rendimiento Estimado		
				110 ddt	124 ddt	138 ddt
Orgánica	S1	$y = 0.0048x^2 + 0.0932x - 55.913$	0.982	13.8375	31.2912	50.2414
Orgánica	S2	$y = 0.0119x^2 - 1.3259x + 14.386$	0.9817	13.8826	35.5962	60.9424
Inorgánica	S3	$y = 0.0093x^2 - 0.7996x - 11.539$	0.971	15.9982	35.9037	59.0031

**S1:** Arena 50% + Perlita 30% + Compost 20% **S2:** Arena 50% + Perlita 15% + Compost 35% **S3:** Arena 100%

**Cuadro 4.3 Gráfica de comportamiento a la variable dinámica de crecimiento en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**



S1) Arena 50% + Perlita 30% + Compost 20% Con Fertilización Orgánica

S2) Arena 50% + Perlita 30% + Compost 35% Con Fertilización Orgánica

S3) Arena 100% Con Fertilización Inorgánica

### 4.3 Calidad de fruto

#### 4.3.1 Peso del fruto

Para la variable de peso de fruto se registró la suma del peso de todos los frutos de cada tratamiento

El análisis estadístico para esta variable (Cuadro A2) señaló que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados a rajando un coeficiente de variación de 22.228 obteniendo una media general de 6.918 kg sin embargo en comparación de las medias obtenidas se tiene con mayor respuesta

al tratamiento S2 a base de arena 50% + perlita 15% + compost 35% con 7.43 kg. En cambio el de menor registro de peso fue S1 a base de arena 50% + perlita 30% + compost 20% con 6.125 kg.

**Cuadro 4.4 Comparación de medias obtenidas para la variable peso del fruto en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	Peso (Kg)	Significancia
S2	Moctezuma F1	7.43 a	NS
S3	Moctezuma F1	7.2 a	NS
S1	Moctezuma F1	6.125 a	NS
CV. %		22.228	
DMS		9.081	
MEDIA		6.918	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

#### 4.3.2 Diámetro polar

El análisis de varianza para esta variable (cuadro A3) demostró que no se obtuvo diferencia estadística significativa en los tres tratamientos presentando un coeficiente de variación de 1.71 junto con una media general de 5.833 a pesar de no haber arrojado diferencia significativa en las medias obtenidas se tiene al tratamiento S2 a base de arena 50%+ perlita 15% + compost 35% con mayor diámetro polar de 6.06 cm mientras que el tratamiento S3 a base de arena al 100% fue el que registro menor diámetro polar con 5.625 cm

En cuanto a la variable diámetro polar los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos de Azures (2007) siendo similares reportando una media de 5.40 cm de diámetro polar usando tratamientos de mezcla de arena más composta y área más composta con yeso, ambos con fertilización orgánica e inorgánica y te de composta.

Los resultados obtenidos se difieren siendo ligeramente superiores a los encontrados por Pérez (2007) reporto una media 42.57 mm de diámetro polar en tratamientos con lombricomposta bajo fertilización orgánica e inorgánica.

**Cuadro 4.5 Medias obtenidas para la variable diámetro polar de frutos en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	Diámetro Polar Cm	Significancia
S2	Moctezuma F1	6.06 a	NS
S1	Moctezuma F1	5.815 a	NS
S3	Moctezuma F1	5.625 a	NS
CV. %		1.71	
DMS		0.589	
MEDIA		5.833	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

#### 4.3.3 Diámetro ecuatorial

El análisis de varianza no presento diferencia estadística significativa alguna (cuadro A4) con un coeficiente de variación de 4.96 y una media general de 4.308 por lo tanto a pesar de no haber significancia entre los tratamientos en las medias obtenidas tenemos con mayor diámetro ecuatorial fue el tratamiento S2 a base de arena 50% + perlita 15% + compost 35% con 4.375 cm mientras que el tratamiento S1 a base de arena 50% + perlita 15% + compost 20% fue el que registro menor diámetro polar con 4.195 cm existiendo diferencia mínima.

Los resultados obtenidos de media general 4.308 cm se muestran ligeramente superiores a lo reportado por Moreno (2009) quien obtuvo como media general 4.41 cm de diámetro con tratamientos de compost con yeso + arena como sustrato con una fertilización orgánica con genotipos Gironda y alondra.

Como también estos resultados se difieren mucho mostrando superioridad lo obtenido por Esteban (2007) quien reporto una media general de 7.4 cm con tratamientos de composta con yeso y sin yeso con una fertilización orgánica dando mejores resultados.

A su vez los resultado obtenidos aquí superan a los reportados por García (2006) quien reporto una media de 6.5 cm de diámetro evaluando dos genotipos con sustratos orgánicos con fertilización orgánica.

**Cuadro 4.6 Medias obtenidas para la variable diámetro ecuatorial en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	Diámetro Ecuatorial cm	Significancia
S2	Moctezuma F1	4.375 a	NS
S3	Moctezuma F1	4.355 a	NS
S1	Moctezuma F1	4.195 a	NS
CV. %		4.96	
DMS		1.263	
MEDIA		4.308	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

#### 4.3.4 Espesor de pulpa

El análisis estadístico para la variable espesor de pulpa no registro diferencia significativa alguna (cuadro A5) en los tres tratamientos con un coeficiente de variación de 2.92 y una media general de 0.765, no obstante a pesar de no haber encontrado diferencia estadística, en las medias obtenidas tenemos con mayor espesor de pulpa fue al tratamiento S2 que es arena 50%+ perita 15% + compost 35% con 0.795 cm a diferencia del tratamiento S3 que es arena 100% que registró el menor espesor de pulpa con 0.74 cm

En cuanto la variable espesor de pulpa Moreno (2009) reporto en sustratos de composta con yeso más arena una media general de 0.64 quienes fueron similares a los adquiridos en este experimento.

Por otro lado resultados semejantes fueron encontrados por Esteban (2007) quien reporto una media general de .71 cm de espesor de pulpa siendo los tratamientos arena más composta y arena más composta con yeso.

Mientras tanto el espesor obtenido en el experimento como media general 0.765 coincide con los obtenidos por (Lorenzo 2007) quien reporto una media de 0.76 con tratamientos de arena más vermicomposta al 50:50, 66:34 y 75:25 con fertilización lixiviado de composta en genotipos Miramar y Romina.

**Cuadro 4.7 Medias obtenidas para la variable espesor de pulpa en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	Espesor de Pulpa cm	Significancia
S2	Moctezuma F1	0.795 a	NS
S1	Moctezuma F1	0.76 a	NS
S3	Moctezuma F1	0.74 a	NS
CV. %		2.92	
DMS		0.132	
MEDIA		0.765	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

#### 4.3.5 Numero de lóculos

El análisis estadístico para la variable número de lóculos no presento significancia estadística (cuadro A6) con un coeficiente de variación de 6.43 y una media general de 2.306 sin embargo a un que no se encontró diferencia estadística en la comparación de medias se puede apreciar que el tratamiento S3 que es arena 100% fue superior con mayor con 2.42 lóculos siendo el tratamiento S2 arena 50% + perita 15% + compost 35% el que obtuvo menor número de lóculos con 2.21 lóculos

En esta variable Gomes (2003) evaluó la comparación de dos genotipos en mezcla de vermicomposta-arena reportando una media general de 4.56 lóculos la cual no concuerdan con los resultados obtenidos en este experimento siendo inferior ante estos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron superados por Rodríguez *et al.*, (2009) quien reporto una media general de 4 lóculos estos resultados coinciden con los obtenidos por Márquez *et al.*, (2008) con una media general de 4 lóculos quien evaluó sustratos orgánicos y no superaron a los reportados por Márquez *et al.*, (2013) quien evaluó compost como sustrato con fertirrigación orgánica e inorgánica obteniendo una media general de 5.78 lóculos

**Cuadro 4.8 Medias obtenidas para la variable número de lóculos en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	No. de Lóculos	Significancia
S3	Moctezuma F1	2.42 a	NS
S1	Moctezuma F1	2.29 a	NS
S2	Moctezuma F1	2.21 a	NS
CV. %		6.43	
DMS		0.874	
MEDIA		2.306	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

#### 4.3.6 Sólidos solubles o °Brix

De acuerdo con el análisis estadístico en la variable de °brix registro que los tratamientos utilizados no tuvieron diferencia estadística significativa (Cuadro A7) con un coeficiente de variación de 6.65 obteniendo una media general de 3.771 no obstante de no haber obtenido alguna diferencia significativa, en la comparación de medias se registró que el tratamiento S1 a base de arena 50% + perita 30% +

compost 20% obtuvo el mayor contenido de °brix con 4.295 en cambio S3 a base de arena 100% fue el menor con 3.26 ° brix.

Estos resultados difieren en contenido de solidos solubles siendo superados por Márquez *et al.*, (2008) que reporto una media de 4.04 con tratamientos de diferentes mezclas de biocomposta mas arena más perlita y vermicomposta mas arena más perlita. Mientras tanto Lorenzo (2007) reporto una media general de 4.6 °brix obtenidos de tratamientos en mezclas de vermicomposta: arena y con lixiviado de vermicomposta los cuales no concuerdan siendo superiores a los obtenidos aquí. Por otra parte García (2006) reporto una media general de 4.1 °brix evaluando dos genotipos con sustratos orgánicos con fertilización orgánica mostrando superioridad ante los resultados de la investigación, estos resultados no superaron los obtenidos por Moreno (2009) quien reporto una media general de 7.05 °brix en dos genotipos Gironda y caimán con sustratos orgánicos e inorgánicos siendo esta superior a la obtenida en esta investigación.

**Cuadro 4.9 Medias obtenidas para la variable solidos solubles o °Brix en tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

Tratamiento	Hibrido	°Brix	Significancia
S1	Moctezuma F1	4.295 a	NS
S2	Moctezuma F1	3.76 a	NS
S3	Moctezuma F1	3.26 a	NS
CV. %		6.65	
DMS		1.478	
MEDIA		3.771	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS 5%

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con el los resultados obtenidos del análisis estadístico no se presentaron diferencias estadísticamente significativa alguna en ninguna de las variables evaluadas, a pesar de esto se registraron rendimientos por otra parte en la comparación de medias se registró que el tratamiento S2 arena 50% + perlita15% + compost 35% registro el mayor rendimiento con 61.933 ton.ha<sup>-1</sup> mientras que a diferencia del tratamiento S1 a base de arena 50% + perlita20% + compost 30% registro el menor rendimiento con 51.058 ton.ha<sup>-1</sup>.

Para las variables de calidad en comparación de medias el tratamiento 2 arena 50% + perlita15% + compost 35% demostró dar mejor calidad de fruto siendo superior en las variables de peso de fruto, diámetro polar diámetro ecuatorial y espesor de pulpa siendo únicamente el tratamiento (testigo) S3 arena 100% superior en la variable número de lóculos y el tratamiento S1 arena 50% + perlita 30% + compost 20% fue superior en contenido de solidos solubles ° brix.

No obstante luego de no haber significancia alguna entre los tratamientos en las variables evaluadas. Es posible determinar que a comparación del uso de una solución inorgánica el sistema de sustratos orgánicos en combinación con sustratos inertes bajo una fertilización orgánica con te de compost puede aportar los nutrientes necesarios reduciendo costos de insumos por ser un abono que cumple las necesidades nutrimentales aportando un fruto de calidad inocuo.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M, Noguera, M. P, Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, p. 113-158.
- Aguirre, C. M. y Fernández, N.N. 2005. Fertilización orgánica en maíz dulce *Zea mays* L. var. *saccharata* (Sturtev.). Cátedra de Horticultura y Floricultura - Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. Pp. 4
- Alarcón Z. A. 2013 Calidad de pos cosecha del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos Departamento de Ingeniería Rural Madrid España p. 177 pág. Consultada 12.
- Ansorena J., B. E. Y Merino D. 2014. Evaluación De La Calidad Y Usos Del Compost Como Componente De Sustratos, Enmiendas Y Abonos Orgánicos Departamento De Innovación, Desarrollo Rural Y Turismo - Diputación Foral De Gipuzkoa. Laboratorio Agroambiental Fraisoro. Pp. 67 Pag. Consultada 2 y 35.
- Anzures M. S. (2007). Producción de tomate con te de composta bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas P. 82 Pág. Consultada 62 diciembre Torreón, Coahuila, México
- Argerich C., T., L., Rodríguez F. M., Izquierdo J., Strassera M. E., Balcaza L., Dal Santo S., Miranda O., Rivero M. I., González C. G. y Iribarren M. j. 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 1ra edición Ciudad Autónoma de Buenos Aires – Argentina Pp: 264 pág. Consultada 82 Y 184.

- Ascencio, Á., A.; López, B. A.; Borrego, E., F.; Rodríguez, H., S. A.; Flores, O., A.; Jiménez, D., F.; Gámez, V., A. J. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Julio-Diciembre, pp. 114-120. Pag. Consultadas 117.
- Ascencio, A., A.; López, B., Al; Borrego, E., F.; Rodríguez, H., S. A.; Flores, O., A.; Jiménez O., F.; Gámez, V., A. J.. 2008. Marchitez vascular del tomate: II. Herencia de la resistencia a la raza 3 de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en tres especies del género *Lycopersicon* *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol. 26, Núm. 2, julio-diciembre, pp. 180-183 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. México.
- Borrego, F.; López A.; Fernández J. M.; Murillo M.; Rodríguez S. A.; Reyes, A; Martínez J. M. Evaluación agronómica de tomate (*licopersicon esculentum m.*). 2001. en invernadero *Agronomía Mesoamericana*, Universidad de Costa Rica Costa Rica, vol.12, núm. 1, pp. 49-56, pag. Consultada 50.
- Boza, M., S. 2010. Desafío del desarrollo: la agricultura orgánica como parte de una estrategia de mitigación de la pobreza rural en México. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 19, núm. 37, pp. 92-111, Pag. Consultada 94 y 103. Instituto de Ciencias Sociales y Administración México.
- Cadenas T. F., González V. J. Y Hernández J. M. 2003. Técnicas De Producción En Cultivos Protegidos Tema 15 El Cultivo Protegido De Tomate, Tomo 2 De 2, Ediciones Agrotécnicas, S.L. diciembre España pp. 776 pag. Consultada 492 y 507.
- Carrillo, F., J., A.; Montoya, R., T. de J.; García, E., R. S.; Cruz, Ortega, J. E.; Márquez, Z., I.; Sañudo, B., A., J. 2003. Razas de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* Snyder y Hansen, en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, julio-diciembre, 123-127. Pag. Consultada 123.

- Casierra, P. F.; Aguilar, A. Óscar E. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, vol. 26, num. 2, pp. 300-307 pág. consultada 301, universidad de Colombia, Colombia.
- Castellanos, J. Z. 2004 Manual De Producción Hortícola En Invernadero 2da Edición Intagri, s c Editorial Impresos Profesionales Del Norte, P.469 Celaya, Gto. México.
- Castellanos, J. Z. 2014. Curso de Evaluación de fertilidad de suelos. Cursos Intagri S.C. México Pp. 5 Pág. Consultada 1.
- Castellanos y Muños, R., 2003 análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero P.321-332. En: Muños Ramos J. J. y Castellanos Z. J. (eds) Manual De Producción Hortícola En Invernadero.
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de producción de Tomate en Invernadero. Editorial INTAGRI. México. P.458
- Castilla. N. 2005. Invernaderos de plástico tecnología y manejo. (Ed). Mundi-prensa. P 459.
- Céspedes-León María Cecilia 2009. Agricultura Ecológica: Principios y Manejo Sustentable del Suelo memoria. Memoria Científica Núm. 1. Primer simposium internacional de agricultura orgánica. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle del Yaqui Cd. Obregón, Sonora, México. Septiembre Pp. 634 pag. Consultadas 31.
- Codahia L., C. 1997. Fertirrigacion Cultivos Hortícolas y Ornamentales. 1ª edición editorial Mundi-Prensa Pp. 475 Pág. Consultadas 65 Madrid España.
- Comisión Nacional De Áreas Naturales Protegidas. 2009. Manual Para La Producción Orgánica En Áreas Naturales. Dirección De Actividades Productivas Alternativas Subdirección De Proyectos Productivos Alternativos Pp. 41 Pág. Consultada 7 y 9

- Cruz, C., E., Sandoval, V. M., Volke, H. V., Ordaz Chaparro V., Tirado Torres J. L., Sánchez, E. J. 2010. Generación De Mezclas De Sustratos Mediante Un Programa De Optimización Utilizando Variables Físicas Y Químicas Terra Latinoamericana, Vol. 28, Núm. 3, Julio-Septiembre, Pp. 219-229, Sociedad Mexicana De La Ciencia Del Suelo, A.C. México
- Cruz, C., E; Can, C. A; Sandoval, V., M; Bugarín, M. R.; Robles, B. A; Juárez, L. P. 2012 Sustratos en la horticultura, Revista de Bio ciencias vol. 2, núm. 2 p.17-26 pág. Consultadas 18, Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit Xalisco Nayarit, México.
- De la Cruz, L., E.; Estrada, B., MA; Robledo, T., V; Osorio, O., R; Márquez, H., C; Sánchez, H., R. 2009. PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO CON COMPOSTA Y VERMICOMPOSTA COMO SUSTRATO Universidad y Ciencia, vol. 25, núm. 1, abril, pp. 59-67 pág. Consultada 59 y 60 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México.
- Defrieri, R. L.; M. P. Jimenez, D. Efron Y Palma M. 2005. Utilización De Parámetros Químicos Y Microbiológicos Como Criterios De Madurez Durante El Proceso De Compostaje. AGRISCIENTIA, 2005, Vol. XXII No. 1. Pp. 25-31 Pág. Consultada 26. Facultad De Agronomía. UBA. Buenos Aires Argentina.
- Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Ortiz, C. F., Grageda, C. G. 2011. Memorias De Las Ponencias En Cartel De La 8va. Convención Mundial Del Chile Nutrición De La Planta Y Calidad De Fruto De Chile Morrón Asociado Con Micorriza Arbuscular En Invernadero Campo Experimental Río Bravo, INIFAP; Campo Experimental Bajío, INIFAP. Páginas 332 Pag. Consultada 141
- Díaz, S., F., R., 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Instituto de Ciencias Agrícolas Universidad de Guanajuato. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah, México, p.44-68 pág. Consultada 50.

- Domene, R., M., A. Y Segura, R., M. 2014. Para metros de calidad interna de hortalizas frutas en la industria. Fichas de transferencia. Cajamar. No 5, septiembre Pp. 18 Pag. Consultada 1
- Edwards, C. A., Askar, A., Vasco-Bennet, M., and Arancon, N 2010. The use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields, in: *vermiculture technology*, ed C.A. Edwards, N. Arancon and R. Sherman. 235-248. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Escalona, C. V., A.; Monardes, M. P.; Hernán, U., Z.; Martin, B., C., A., 2009. *Manual De Cultivo De Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)* Facultad De Agrónomas Universidad de Chile Nodo Hortícola VI Región Innova Chile Corfo paginas 60. Pág. Consultada 5.
- Esteban, A., H. 2007. Evaluación de diferentes genotipos de tomate con fertilización orgánica bajo invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agrónomas diciembre Pp. 63 Pag. Consultada 41 Y 43 Torreón, Coahuila, México
- FAO. (Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación). 2002. *Cultivo Protegido En Clima Mediterráneo*. Grupo de Cultivos Hortícolas Servicio de Cultivos y Pastos División de Producción y Protección Vegetales. Pp. 318 Pág. Consultada 148
- Favela, C., E., Preciado, R., P., Benavides, M., A. 2006. *Manual para Preparar Soluciones Nutritivas*. Departamento de Horticultura pp. 146 pág., Consultadas 31. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna Torreón, Coahuila
- García, M. A., Gutiérrez S. López H. C., Rivera S. Y Ruiz A. C. 2007. Estado del Arte de La Tecnología De Robots Aplicada a Invernaderos. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 11, número 003, Septiembre, Pp. 53-61 pág. Consultada 54. Universidad de Colima, Colima México
- García, V., G., 2006 evaluación de genotipos de tomate con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas Pp. 95 Pág. Consultadas 68 y 69 Torreón, Coahuila, México.

García, H., J.L.; Orona, C., E; Salazar, S., C.; Vázquez V., R.; Zuñiga T., J.D. López, M., y Rueda, P. E., O. 2010. Filosofía, desarrollo y adopción de la agricultura orgánica: el caso de México. *AgroFaz* 10: 1-9.

Garza, A., M., y Molina, V., M., 2008 manual para la producción de tomate en invernadero en el estado de nuevo león, SAGARPA, pp. 183 pág. Consultada 46, 47, 87 y 88

Gómez, F., L., 2003 comparación de dos genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en mezclas de vermicomposta-arena bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas p.77 pág. Consultada 56 Torreón, Coahuila, México.

Jaramillo, N., J., E., y Atehortua, L., 2002. El poder de los vegetales. "Propiedades y usos populares de las hortalizas de clima frio moderado" compendio 2, Editorial Produmedios. Fondo Nacional de fomento Hortofrutícola. Asociación Hortifruticola de Colombia. Centro de investigación la selva región Antioquia Colombia Pp. 60

Jaramillo, N. J., Rodríguez, V., P., Guzmán M., A., Zapata M., A. 2006. El Cultivo de Tomate Bajo Invernadero (*Lycopersicon Esculentum. Mill*) Boletín Técnico 21 (C O R P O I C A) Centro De Investigación La Selva Rionegro, Paginas 48, Antioquia, Colombia. Pág. Consultada 27 y 30.

Jaramillo, N. J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M.; Rengifo, T.; 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva". Primera edición, Pp. 333, pág. Consultada Colombia.

- Jaramillo, N., J. E.; Sánchez, L., G. L.; Rodríguez, V. P.; Aguilar, A, P. A.; Gil V., L. F.; Hío, J. C.; Pinzón, P., L. M.; García, M., M. C.; Quevedo, G., D.; Zapata, C., M. A.; Restrepo, J. F. y Guzmán, A., M. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA Bogotá, Pp. 482 Pág. Consultada 154
- Jasso, C., C.; Martínez, G., M. A.; Alpuche, S., Á., G.; Garza, U., E., 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis San Luis Potosí, S.L.P., Diciembre de 2011. Folleto Técnico No. 41 pp. 44 paginas Consultadas 3, 4, 29 y 30.
- Juárez, L., P.; Bugarín, M., R.; Castro, B., R.; Sánchez, M., A., L; Cruz, C., E; Juárez, R., C. R.; Alejo, S., G. Y Balois, M., R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit Y Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Revista Fuente Año 3 No. 8, Septiembre PP. 21-27 Pág. Consultada 22
- Lorenzo, M., J., A., 2007. Producción de (*Lycopersicon esculentum* Mill) en mezclas de vermicomposta: arena y con lixiviado de vermicomposta en invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas p.70 pág. Consultada 52. Torreón, Coahuila, México
- Luna, G., M. L. y Delgado, A. A. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Avances en Investigación Agropecuaria Revista de investigación y difusión científica agropecuaria, Enero-Abril, Pp.51-66 pag. Consultada 52, puebla, puebla; México.

- Márquez, H., C.; Cano, R., P.; Rodríguez, D., N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero Agricultura Técnica en México, vol. 34, núm. 1, enero-abril, pp. 69-74, pág. Consultad 70. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México
- Márquez, H., C.; Cano, R., P.; Figueroa, V., U.; Avila, D., J.A. Rodríguez-Dimas N., García-Hernández J. L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. Revista internacional de botánica experimental. vol.82, n.1, pp. 55-61 Pág. Consultada 56.
- Márquez, H., C.; Cano, R., P.; García, H., J.L.; Rodríguez, D., N., Preciado, R., P., Moreno, R., A.; Salazar, S., E.; Castañeda, G. G. Y De La Cruz, L. E. 2010. Agricultura Orgánica: El Caso De México. Agricultura Orgánica Tercera Parte Capitulo 1 Primera Edición Pp. 431. Pág. Consultada 20 y 21 Universidad Juárez Del Estado De Durango, Gomes Palacio Durango, Mex.
- Márquez, H., C; Cano, R., P; Chew, M., Y, I; Moreno, R., A Y Rodríguez., D., N. 2006. Sustratos En La Producción Orgánica De Tomate Cherry Bajo Invernadero. Revista Chapingo. Serie Horticultura, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, pp. 183-188, Pag. Consultada 184. Universidad Autónoma Chapingo México.
- Martínez-Gamiño, M. A.; Jasso-Chaverría, C.; Huerta-Díaz, J. 2006. Fertirriego y labranza de conservación en la producción de frijol TERRA Latinoamericana, Vol. 24, Núm. 3, julio-septiembre, pp. 367-374 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México
- Mondragón, S., L., 2005. Producción de jitomate en invernadero. Programa de difusión. Secretaria de desarrollo agropecuario (SEDAGRO). Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) primera edición Pp. 39 Metepec, Estado de México. Pág. Consultada 11.

- Moreno, R. L. 2009. Evaluación para la calidad de frutos de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum Mill*) en sustratos orgánicos e inorgánico bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas diciembre Pp. 72 pág. Consultada 54 y 55 Torreón, Coahuila, México.
- Moreno, R. A., Gómez, F. L., Cano R., Martínez C. V. Reyes C. J.L., Puente M. J.L. Y Rodríguez Dimas N. 2008. Genotipos De Tomate En Mezclas De Vermicompost: Arena En Invernadero Terra Latinoamericana, vol. 26, núm. 2, abril-junio, pp. 103-109, pág. Consultada 104 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.México
- Nieto, G. A.; Murillo, A., B.; Troyo, D., E., Beltrán, M., A.; Ruíz, E., F., H., Y García, H., J., L., 2010. Aprovechamiento De Residuos Orgánicos De Origen Animal, Vegetal Y Doméstico Para La Elaboración Y Uso De Composta En La Agricultura Orgánica. Agricultura Orgánica Tercera Parte Capitulo IV Primera Edición Pp. 431. Pág. Consultada 70 Universidad Juárez Del Estado De Durango, Gomes Palacio Durango, Mex.
- Nuez. F. y R. del Rincón. 2001. El cultivo del tomate. (Ed). Mundi-prensa 194-195-196-197p
- Ortega, M., L. D.; Sánchez, O., J.; Ocampo, M., J.; Sandoval, C. E.; Salcido, R., B. A.; Manzo, R., F. 2010. Efecto De Diferentes Sustratos En Crecimiento Y Rendimiento De Tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) Bajo Condiciones De Invernadero. Ra Ximhai, vol. 6, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 339-346, pág. Consultada 339. Universidad Autónoma Indígena de México, México
- Padrón P., C. A.; Padrón L. G. M.; Montes H., A. I. & Oropeza González, R. A. 2012. Determinación Del Color En Epicarpio De Tomates (*Lycopersicum Esculentum Mill*) Con Sistema De Visión Computarizada Durante La Maduración. Agronomía Costarricense, Vol. 36, Núm. 1 Pp. 97-111 Pág. Consultada 98. Universidad De Costa Rica San José, Costa Rica

- Paredes Z. A., 2009. Manual del Cultivo del tomate en invernadero. Departamento de Cundinamarca – Colombia Corpoica primera edición, junio. Pp. 56 pág. consultada 23, 26.
- Pérez C. J. 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. El Cotidiano, vol. 21, núm. 139, septiembre-octubre, pp. 101-106, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco México. Pág. Consultada 102
- Pérez H. A. 2007. Evaluación del tomate híbrido 73-48 (*Lycopersicon esculentum Mill*) de habito indeterminado con productos de intrakam bajo condiciones de invernadero con tres sustratos orgánicos UAAAN división de agronomía febrero P. 92 Pág. consultada 86 Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- Pérez, J. H. G.; Aparicio V. Q. A. y Larin M. A. 2003. Guía Técnica Del Cultivo De Tomate, (CENTA) Centro Nacional De Tecnología agropecuaria Y Forestal. Páginas 48 pag. Consultada 8 El Salvador.
- Pérez, M. Y Castro, B. 1999. Guía Para La Producción Intensiva De Jitomate En Invernadero. Boletín De Divulgación 3. Departamento De Fitotecnia, Pp. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Preciado, R. P.; Sánchez, B. F.; Velazco, V. V. A.; Frías, P. J.; Fortis, H. M.; García, H. J.L.; Rueda, P. E.; O. y Márquez, H. C. 2010. Soluciones Nutritivas Preparadas Con Fuentes Organicas De Fertilizacion. Agricultura Orgánica: El Caso De México. Agricultura Orgánica Tercera Parte Capitulo VX, Primera Edición Pp. 431. Pag. Consultada 297 Universidad Juárez Del Estado De Durango, Gomes Palacio Durango, Mexico.
- Quesada, R., G.; Bertsch, H., F. 2012. Fertirriego En El Rendimiento De Híbridos De Tomate Producidos En Invernadero Agronomía Mesoamericana, vol. 23, núm. 1, enero-junio, pp. 117-128 Pag. Consultada 118 Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica
- Resh, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos, Revisión Y Ampliación, Por Carlos De Juan 5ta Edición Ediciones Mundi-Prensa P. 558 pág. Consultada 463, 471.

- Rodríguez, D., N.; Cano R. P.; Figueroa V. U.; Favela C. E.; Moreno R., A.; Márquez H. C.; Ochoa M. E.; Preciado R. P. 2009. Uso De Abonos Orgánicos En La Producción De Tomate En Invernadero. Terra Latinoamericana, Octubre-Diciembre, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro–UI. Volumen 27 Número 4, pp. 319-327. Pág. Consultadas.319, 320.
- Rodríguez, F., H.; Muños, L., S.; Alcorta, G., E. 2006. El Tomate Rojo Sistema Hidropónico. Primera Edición, Editorial Trillas S. A. de C-V. P. 82. Pág. Consultada 45. Junio.
- Rodríguez, R.; Tavares, R.; Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Román, P.; Martínez, M., M.; Pantoja A., 2013. Manual De Compostaje Del Agricultor Experiencias En América Latina. Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura Oficina Regional Para América Latina Y El Caribe Santiago De Chile, Pp. 72, 76 y 99
- Romero R., C., O.; Ocampo M., J.; Sandoval C. E.; Tobar-Reyes J. R. 2012. Fertilización Orgánica - Mineral Y Orgánica En El Cultivo De Fresa (Fragaria x ananasa Duch.) Bajo Condiciones De Invernadero Ra Ximhai, vol. 8, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 41-49 Pág. Consultada 42. Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México.
- Salas, P. L.; Preciado, R. P.; Esparza, R. J. R.; Álvarez, R. V.; Palomo, G. A., Rodríguez, D. N.; Márquez, H. C. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica Terra Latinoamericana, vol. 28, núm. 4, octubre-diciembre, pp. 355-360, Pág. Consultada 356. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México.
- Sánchez, H., R.; Ordaz, C. V. M.; Palma, L. D. J.; Sánchez, B., J., 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Fundación

- Produce Tabasco, A. C y Colegio de postgraduados campus Tabasco. Primera edición, p.44 Villahermosa, Tabasco
- San Martin, H., C., 2011. Producción de tomate (*Solanum Lycopersicum l.*) en diferentes granulometrías de tezontle colegio de postgraduados campus montecillo Texcoco edo. México. Pp. 98 pág. Consulta 28.
- Secretaria de Agricultura y Ganadería, SAG. 2005. El cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum*). No 17 Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. Proyecto De Modernización De Los Servicios De Tecnología Agrícola, (PROMOSTA). DICTA. Abril, Pp. 16 pág. Consultada 3.
- (SAGARPA), Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Monografía de cultivos Jitomate, Subsecretaria de Fomento de Agronegocios pp. 10 pág. Consultada 3.
- SEMARNAT. 2010. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015, México, p.181.
- Serrano Cermeño Zoilo 2005. Construcción de Invernaderos 3a edición. Editorial S.A. Mundi-Prensa Pp. 504. Pág. Consultada 41.
- Tomás, D., V., T.; Valenzuela, L., M.; Lizárraga, J., R., López, L., A. Y Soto, O., R., 2010. Calidad De Agua Para Riego Y Su Efecto En La Producción De Cosechas Memoria de Capacitación Curso de agricultura Protegida Fundación Produce Sinaloa, A.C. Pp. 81 pág. Consultada 12
- Trevor V. Suslow y Marita Cantwell 2002. Tomate: (Jitomate) Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha, Postharvest Technology Center - UC Davis Department of Plant Sciences, University of California, Davis Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Pp. 4 pag. Consultada 1

- Uta & Siegfried Lübke, Urs Hildebrandt & Angelika Lübke-Hildebrandt 2006. El Compost Microbiológico Controlado (CMC®) una solución sostenible para el tratamiento de suelos y cultivos. Grupo CMC Europ, Conferencia sobre el compost CMC y el té de compost, España Pp. 24 Pag. Consultadas 17 y 18.
- Vázquez V., P.; García L., M.Z.; Navarro C., M.C.; García H. D. 2014. Efecto De La Composta Y Té De Composta En El Crecimiento Y Producción De Tomate (*Lycopersicon Esculentum Mill*) En Invernadero Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XIX, núm. 36, enero-junio, 2015, pp. 1351-1356 Pág. Consultada 1352. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México
- Velasco, H., E.; Nieto, A., R.; Navarro, L., E., R. 2011. Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. (Ed.) Mundi - Prensa México. Edición tercera, Universidad Autónoma de Chapingo. México, Pp. 126 Pag. Consultda 15.
- Velázquez, M. A. 2014. Observatorio de Precios Tomate rojo (Jitomate), Comentario 21 de marzo, Pp. 7.
- Venegas, G. J.; Lenom, C., J.; Trinidad, S., A.; Gavi, R., F.; Sánchez, G., P., 2005. Análisis químico de compost y efecto de su adición sobre la producción de biomasa en zarzamora *TERRA Latinoamericana*, Vol. 23, Núm. 3, julio-septiembre, pp. 285-292 Pag. Consultada 286. Universidad Autónoma Chapingo México.
- Villarreal, R. M., Parra T. S., Sánchez P. P., Hernández V. S., Osuna E. T., Corrales M. J.L., Armenta B. A. D. 2009. Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo de tomate en un suelo arcilloso Interciencia, vol. 34, núm. 2, febrero, pp. 135-139, Asociación Interciencia Venezuela.
- Widman A. F., Herrera R. F. Y Cabañas V. D.D. 2005. El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares Ingeniería, vol. 9, núm. 3,

septiembre-diciembre, pp. 31-38, Pág. Consultada 32. Universidad Autónoma de Yucatán México.

## VII. APENDICE

**Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	134.445	67.223	0.407	0.711 NS
Bloques	1	35.644	35.644	0.216	0.688 NS
Error	2	330.492	165.246		
Total	5	500.581			

C.V % 22.29

MEDIA GENERAL 57.656

NS: NO SIGNIFICANCIA

**Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable peso del fruto de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	1.941	0.971	0.408	0.710 NS
Bloques	1	0.510	0.510	0.215	0.689 NS
Error	2	4.754	2.377		
Total	5	7.206			

C.V. % 22.28

MEDIA GENERAL 6.918

NS: No significativo

**Cuadro A3. Análisis de varianza para la variable Diámetro polar de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	0.190	0.095	9.689	0.094 NS
Bloques	1	0.004	0.004	0.435	0.577 NS
Error	2	0.020	0.010		
Total	5	0.214			

C.V. % 1.71

MEDIA GENERAL 5.833

NS: NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	0.039	0.019	0.424	0.702 NS
Bloques	1	0.003	0.003	0.061	0.827 NS
Error	2	0.092	0.046		
Total	5	0.133			

C.V. % 4.96

MEDIA GENERAL 4.308

NS NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable Espesor de Pulpa de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	0.003	0.002	4.895	0.170 NS
Bloques	1	0.000	0.000	0.053	0.840 NS
Error	2	0.001	0.0005		
Total	5	0.004			

C.V. % 2.92

MEDIA GENERAL 0.765

NS: NO SIGNIFICATIVO

**Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable número de Lóculos de tomate en los sustratos evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	0.045	0.022	1.003	0.499 NS
Bloques	1	0.173	0.173	7.741	0.109 NS
Error	2	0.045	0.022		
total	5	0.263			

C.V % 6.43

MEDIA GENERAL 2.306

NS: NO SIGNIFICANCIA

**Cuadro A7. Análisis de varianza para la variable Solidos Solubles °Brix de tomate evaluados para el híbrido Moctezuma F1 UAAAN-UL. 2014.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>SIG.</b>
Tratamientos	2	1.072	0.536	8.458	0.106 NS
Bloques	1	0.228	0.228	3.601	0.198 NS
Error	2	0.127	0.063		
Total	5	1.426			

C.V % 6.65

MEDIA GENERAL 3.771

NS: NO SIGNIFICANCIA