

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en sustratos de compost y arena con solución nutritiva en invernadero.**

**POR:**

**JOSÉ EDUARDO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ.**

**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 de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en  
sustratos de compost y arena con solución nutritiva en  
invernadero.

POR:  
JOSÉ EDUARDO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ

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



Sinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE, 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en  
sustratos de compost y arena con solución nutritiva en  
invernadero.

POR:

JOSÉ EDUARDO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ

TESIS

QUE SOMETE A 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

Primero que nada a **Dios** por darme la oportunidad de vivir, de acompañarme día con día en este proceso de formación, por permitir que llegara con bien en mis estancias con mi familia y a la institución.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por darme la oportunidad de la realización de mis estudios, que serán de gran importancia en mi vida profesional.

De manera particular al **Dr. Pedro Cano Ríos**, por todo el apoyo brindado para la realización de este proyecto, por sus consejos, por su amistad dentro y fuera de la institución y por enseñarme que en esta vida las cosas se obtienen a base de trabajo y esfuerzo.

A mi primo **Uriel Medina**, que cuando necesite de su apoyo estuvo presente en el momento indicado.

A mi tío **Jorge Chepetla**, por su apoyo económico para que pudiera ser el pago de la carta pasante, gracias.

A mis amigos de la generación: chuy, Hugo, Elías, Orlando, pájaro, alejo, Sergio, toño, Aurelio, daviel, Josué, a segura gracias por tu amistad durante toda la carrera, a rafa y José luís por su apoyo en la elaboración de este proyecto a todos mis amigos de futbol y que conocí y fueron parte de este proceso mil gracias.

Al entrenador de futbol el **profesor nava**, por dejarme ser parte de la selección durante el tiempo que estuve aquí, para mí fue un orgullo representar a la institución en este deporte.

A **Santiago "la cuiji"**, por sus grandes consejos de seguir en mi camino y no darme por vencido de verdad me sirvieron de mucho. Gracias.

Quiero agradecer de manera muy especial y con todo el respeto que se merece, a una persona que significa mucho en mi vida y que ha sido pieza fundamental en ella, y que siento que la conozco de toda la vida, gracias por estar en los buenos y malos momentos, que me enseñó a enfrentar las cosas de manera madura por muy difíciles que estas sean, quiero decirte que te adoro con toda mi alma y que siempre estarás en mi corazón donde quiera que estés, gracias por todo tu apoyo por estar ahí siempre  
**EMILYA ALEJANDRA SANTANA D' AVILA.**

**A toda la gente que creyó en mis muchas gracias.**

## DEDICATORIAS

Le doy gracias a **DIOS** por cuidar siempre de mi y por darme fuerzas para seguirme superando; por permitir ser lo que hasta ahora soy.

A los que me dieron la vida mis padres **Lucila Sánchez Sánchez** y **Pablo Domínguez Medina**, por todo el apoyo que me han brindado para ser alguien en la vida, por creer en mí, por darme la oportunidad de tener lo que algún día ellos no tuvieron. Les estaré siempre agradecido por el resto de mi vida. Gracias por todos papás. "Los Amo".

A mis hermanos: **Abril**, **Christian** mis hermanos pequeños los quiero demasiado y en especial mi hermana mayor **Viridiana** porque a lo largo de mis estudios siempre conté con su apoyo incondicional para poder salir adelante con mis estudios, de todo corazón muchas gracias.

A mi cuñado **Moisés Sánchez**, por ser una gran persona y brindarme su apoyo en todo momento por no dejarme solo en este proceso de formación que para mi es muy importante. De verdad mil gracias siempre le estaré agradecido.

A mi abuelita **Juana Medina Parral**, por todo su apoyo, sus consejos que me sirvieron bastante en mi vida. La quiero mucho.

A mi tía **Araceli Sánchez**, por brindarme su apoyo para que pudiera salir adelante. Muchas gracias.

A mis abuelos **Inocente y Eudocio**, por todos sus consejos y su apoyo esto también va por ustedes mis queridos viejos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	VIII
RESUMEN.....	X
<b>I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Metas.....	3
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 El tomate.....	4
2.2 Generalidades del tomate .....	4
2.2.1 Origen.....	4
2.2.2 Domesticación .....	5
2.2.3 Importancia del cultivo.....	5
2.2.4 Clasificación taxonómica y morfología .....	6
2.3 Características Morfológicas .....	7
2.3.1 Determinadas. ....	7
2.3.2 Indeterminadas.....	7
2.3.3 Semilla .....	7
2.3.4 Raíz .....	8
2.3.5 Tallo.....	9
2.3.6 Planta .....	9
2.3.7 Hoja .....	10
2.3.8 Flor.....	10
2.3.9 Fruto .....	11
2.3.10 Amarre de fruto .....	11
2.4 Propiedades nutricionales.....	12
2.5 Velocidad de crecimiento .....	13
2.6 Densidad de población .....	13
2.7 Requerimientos edafoclimaticos .....	13
<b>2.7.1 Temperatura .....</b>	<b>13</b>
2.7.2 Humedad.....	14
2.7.3 Luminosidad.....	14

2.7.4 Radiación en invernadero.....	14
<b>2.8 Labores culturales.</b> .....	<b>15</b>
<b>2.8.1 Aporcado</b> .....	<b>15</b>
<b>2.8.2 Entutorado</b> .....	<b>15</b>
2.8.3 Poda de formación.....	16
2.8.4 Podas de hoja o deshojado.....	16
2.8.5 Poda de brote apical.....	17
2.8.6 Eliminación de tallos axilares.....	17
2.8.7 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos.....	17
<b>2.8.8 Polinización</b> .....	<b>18</b>
2.8.9 Cosecha.....	18
2.9 Riego.....	19
2.10 Fertirriego.....	19
2.10.1 Elementos nutritivos.....	20
2.10.2 Nitrógeno (N).....	21
2.10.3 Fosforo (P).....	21
2.10.4 Calcio (Ca).....	21
2.10.5 Magnesio (Mg).....	22
2.10.6 Azufre (S).....	22
2.10.7 Boro (B).....	22
2.10.8 Potasio (K).....	22
2.11 Soluciones nutritivas.....	23
2.11.1 Conductividad Eléctrica (CE) de la Solución Nutritiva.....	24
2.11.2 pH de la Solución Nutritiva.....	25
2.11.3 Temperatura de la Solución Nutritiva.....	26
<b>2.12 Sustratos</b> .....	<b>27</b>
<b>2.12.1 Tipo de sustratos</b> .....	<b>27</b>
2.12.2 Cultivo en arena.....	28
2.13 Composta.....	28
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
3.1 Ubicación geográfica del experimento.....	30
3.2 Clima.....	30
3.3 Condiciones del invernadero.....	31
3.4 Preparación de los medios de crecimiento.....	31



3.5 Materiales vegetales .....	31
3.6 Diseño experimental .....	32
3.7 Unidad experimental .....	32
3.8 Trasplante .....	32
3.9 Riegos de las macetas .....	32
3.10 Manejo de cultivo .....	32
3.10.1 Podas .....	32
3.10.2 Entutorado .....	33
3.10.3 Polinización .....	33
3.11 Plagas y enfermedades .....	33
3.12 Variables evaluadas .....	33
<b>3.13 Rendimiento.</b> .....	<b>34</b>
<b>3.13.1 Tamaño de fruto</b> .....	<b>34</b>
3.13.2 Grados Brix .....	34
3.13.3 Numero de lóculos .....	34
<b>3.13.4 Grosor de pulpa</b> .....	<b>34</b>
<b>3.14 Análisis de resultados</b> .....	<b>35</b>
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>36</b>
4.1. Rendimiento ton.ha <sup>-1</sup> .....	36
4.2 Peso de fruto .....	37
4.3 Diámetro polar .....	38
4.4 Diámetro Ecuatorial .....	39
4.5 Grosor De Pulpa .....	40
4.6 Numero De Lóculos .....	41
4.7 Grados °Brix .....	42
<b>VI LITERATURA CITADA</b> .....	<b>46</b>
<b>APENDICE</b> .....	<b>52</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Peso de fruto (gr) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014 .....	37
Figura 2.	Diámetro polar (cm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014 .....	38
Figura 3.	Diámetro ecuatorial (cm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014. ....	39
Figura 4.	Grosor de pulpa (mm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014 .....	40
Figura 5.	Numero de lóculos en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014. ....	41
Figura 6.	Grados Brix en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.	42
Figura 7.	Grados Brix en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.	44

## ÍNDICE DE APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para peso del fruto en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014.....	54
Cuadro 2. Análisis de varianza para diámetro polar en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014.....	54
Cuadro 3. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014.....	55
Cuadro 4. Análisis de varianza para grosor de pulpa en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014 .....	56
Cuadro 5. Análisis de varianza para número de lóculos en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles. UAAAN-UL. 2014.....	56
Cuadro 6. Análisis de varianza para grados brix en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014.	
Cuadro 7. Análisis de varianza para rendimiento por hectárea por tonelada en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014.....	56
Cuadro 8. Análisis de varianza para peso del fruto en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	56
Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro polar en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	57

Cuadro 10. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	57
Cuadro 11. Análisis de varianza para grosor de pulpa en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	57
Cuadro 12. Análisis de varianza para número de lóculos en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma.....	57
Cuadro 13. Análisis de varianza para grados brix en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	57
Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento por tonelada por hectárea en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.....	58

## RESUMEN

El presente estudio fue llevado a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro perteneciente a la ciudad de Torreón, Coahuila México. Se comparo los diferentes resultados que se pueden obtener al tener un cultivo en arena y en composta. En este ensayo las plantas de las dos variedades (Aquiles y Moctezuma) se ubicaron en un sustrato inorgánico (arena) al 100% y en composta (35%). Se incluyeron 4 tratamientos con dos repeticiones. Como planta indicadora se utilizo el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques al azar en parcelas divididas. Se evaluaron las siguientes variables: peso en gramos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, numero de lóculos, grosor de pulpa y grados brix. Se realizo un análisis de dichos resultados y se compararon las medias respectivas. Donde se obtuvieron rendimientos  $61\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  sustrato 3 arena, seguido por el compost al 35% con  $51.279\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  y por último compost al 20% con un rendimiento de  $44.224\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en este trabajo se evaluó hasta el quinto racimo.

**Palabras clave:** (*Lycopersicon esculentum* Mill.), arenas, solución nutritiva, invernadero.

## I INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más importante en numerosos países y su popularidad aumenta constante. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo (Nuez, 2001).

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie. Es cultivado en muchas zonas, con amplia variabilidad de condiciones de clima y suelo, aunque se cultiva principalmente en climas secos, tanto para producción en estado fresco como para uso agroindustrial. La producción global de tomates para consumo en fresco y proceso se estimaba en 108 millones de toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 36 ton / ha. Asia produce más de la mitad del tomate que se produce en el mundo (Escalona, 2009).

El tomate es también la principal hortaliza cultivada en invernadero y representa al 70% de la superficie hortícola nacional en invernadero. De las aproximadamente 6.400 hectáreas cultivadas comercialmente de tomate de consumo fresco, 1.100 hectáreas (17%) se cultivan bajo invernadero. Se calcula que actualmente la superficie hortícola bajo invernadero en México asciende a 1200 has, y la mayoría destinada a la producción de tomate (Bastida y Ramírez, 2002).

El cultivo sin suelo, es la técnica que más se utiliza para producir hortalizas en invernadero. Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene los elementos esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos. (Favela *et. al.* 2006)

Para Baldomero uno de los principales factores que determinan el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato. Las características de las propiedades

físicas y químicas de los sustratos, es fundamental para su uso efectivo y en gran medida condiciona el potencial productivo de las plantas.

El cultivo en arena es una de las técnicas utilizadas para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero donde la arena es el material más fácilmente disponible como en los desiertos. Las partículas deben ser menores que 2 mm y mayores que 0.6 mm de diámetro. El principal sistema de riego que se asocia a esta técnica es el riego por goteo. Se deben aplicar de dos a cinco riegos por día, dependiendo de la especie cultivada, la etapa fenológica, la variedad y las condiciones del ambiente (Herrera, 1999).

Las principales funciones de un sustrato dentro del sistema de cultivo sin suelo es el de proporcionar un medio ambiente “ideal” para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas. (M. Abad, P.F. Martínez y J. Martínez Corts 1992).

Desde un punto de vista práctico, los cultivos hidropónicos pueden clasificarse en: cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico) (Abad y Noguera, 1997).

Por lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del sustrato (arena) y vermicomposta en el crecimiento, desarrollo, rendimiento producción y calidad del fruto en dos variedades de tomate (Aguiles y Moctezuma) tipo saladette de hábito indeterminado.

### **1.1. Objetivo**

Evaluar el efecto de los sustratos (arena y compost) en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de dos variedades de tomate (Aquiles y Moctezuma) bajo condiciones de invernadero.

### **1.2. Hipótesis**

Existen diferencias en crecimiento, producción y calidad de tomate por el uso de sustratos (arena y compost) en diferentes variedades (Aquiles y Moctezuma) bajo invernadero.

La arena cumple con las características físicas y químicas para ser empleado como sustrato en la producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

### **1.3. Metas**

Contar con la evaluación del genotipo respecto a su comportamiento en rendimiento y calidad.



## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 El tomate

El tomate es uno de los cultivo hortícolas más redituables en el mundo (hilhorst et al., 1998). México esta considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación del tomate. Esta hortaliza fue llevada a Europa en 1554, empezando a comercializarse en estados unidos hacia el año de 1835 (Ojo de agua, 2007).

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

En México, el tomate es la segunda especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada, en sistemas protegidos superan las 2000 ha, con rendimientos entre las 100 y 500 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en función del nivel de tecnificación del invernadero (Sandoval, 2005; SIAP, 2012).

A pesar de cultivarse en todos los estados de la República Mexicana, solo siete concentran en promedio 64.3 % de la producción, destacando Sinaloa como el principal productor, seguido de Baja California Norte, Michoacán, Zacatecas, Jalisco, Baja California Sur y San Luis Potosí (SIAP, 2012).

### 2.2 Generalidades del tomate

#### 2.2.1 Origen

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. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá. (Escalona, 2009).

### **2.2.2 Domesticación**

La domesticación y cultivo del tomate fuera de su centro de origen parece que tuvo lugar inicialmente con las primeras civilizaciones de México (Rick y Holle, 1990; Pérez et al., 1997). Precisamente, la palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "tomatl"; en 1554 fue llevado a Europa, empezando a comercializarse en estados unidos hacia el año 1835, cuando el jitomate empieza a adquirir popularidad que lo ha hecho un alimento muy consumido hasta nuestros días. Todavía puede encontrarse una gran diversidad de formas cultivadas de jitomate en los primeros centros de domesticación (Perez et al., 1997; Tigchelaar et al., 2001).

### **2.2.3 Importancia del cultivo**

El tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum*) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada y producción global. México ocupó el noveno puesto en la producción con 2,1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31,6 y Estados Unidos el segundo con 12,7. En cuanto a la exportación de tomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan mil millones de dólares (FAO, 2004). Dada la importancia económica de este cultivo, se hace más patente el esfuerzo tecnológico en cuanto a identificación y tratamiento de plagas y enfermedades, así como en la producción de semillas resistentes, nutrición y técnicas de cultivo adecuadas a la zona productora.

Además este cultivo tiene las siguientes ventajas: genera empleo, debido a que requiere mucha mano de obra desde la siembra hasta el empaque; estimula el empleo urbano proporcionando oportunidades de negocios en aspectos como manufactura, venta de agroquímicos, maquinaria y equipo; se necesita semilla de calidad; su exportación va en aumento, lo mismo que los precios pagados a los productores, generando importantes cantidades de divisas, mejora la nutrición de los consumidores; es muy versátil en su uso porque se puede consumir en fresco, cocinado, frito y procesado industrialmente en conservas, salsas, jugos y en polvo (Cruz, 2007).

#### **2.2.4 Clasificación taxonómica y morfología**

La clasificación taxonómica del tomate según Pérez (2001), es la siguiente:

Nombre común: tomate o Jitomate

Reino: Vegetal

División: espermatofita

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum* Mill.

## **2.3 Características Morfológicas**

Las plantas de tomate de invernadero requieren de un manejo intensivo, las decisiones a tomar se relacionan con la fenología y la respuesta fisiológica a las variables ambientales.

### **2.3.1 Determinadas.**

Las variedades de crecimiento determinado, tienen forma de arbusto, las ramas laterales son de crecimiento limitado, y la producción se obtiene en un período relativamente corto. Esta característica es muy importante porque permite concentrar la cosecha en un período determinado según sea la necesidad del mercado (Escalona, 2009).

### **2.3.2 Indeterminadas.**

La planta de tipo indeterminada crece hasta alturas de 2 metros o más, según el tutorado que se aplique. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical si no lateral. Este tipo de planta tiene tallos axilares de gran desarrollo (Van Haeff, 1983).

### **2.3.3 Semilla**

La semilla del tomate es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está construida por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocolito y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable.

La aplicación de ciertos reguladores de crecimiento como las auxinas y giberilinas estimulan la germinación. Las raíces blancas indican buena sanidad y crecimiento, además de que la planta está en condiciones óptimas para el trasplante. (Nuez, 2009).

El proceso de germinación está muy influenciado por la temperatura; el rango óptimo se encuentra entre 18 y 29.5 °C, la temperatura mínima está entre 8 y 11 °C (Picken et al., 1986) y la máxima es de 35 °C (Jones, 1999). Sin embargo, estos valores pueden cambiar considerablemente de acuerdo a la variedad del tomate (Kemp, 1968).

#### **2.3.4 Raíz**

El sistema radicular del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias. Este sistema es de tipo fibroso y robusto consta de una raíz principal que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad, aunque puede alcanzar hasta 1.8 m de profundidad, sin embargo cuando la planta se propaga mediante trasplante, la raíz se ve parcialmente detenida en su crecimiento en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo (Garza, 1995; Valdez, 1990).

En los primeros 30 cm. De la capa de 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. El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de agua y nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. La raíz juega un papel fundamental en el rendimiento del cultivo y su desarrollo está también asociado a las condiciones físicas del suelo (Castellanos, 2009).

### **2.3.5 Tallo**

El tallo típico tiene 2-4cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen en la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tiene clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo (Nuez, 1995).

En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Chamarro, 2001). En cada axila de las hojas del tallo principal suele brotar un tallo hijo a su vez, en las axilas de las hojas de estos tallos hijos brotan otros tallos nietos y así sucesivamente hasta que se detiene el desarrollo vegetativo, por tal motivo cuando el cultivo se establece bajo condiciones de invernadero es necesario controlar estas ramificaciones mediante podas (Serrano, 1979).

La ramificación del tallo principal da lugar a dos grupos de plantas que son determinados e indeterminados (Garza, 1985).

### **2.3.6 Planta**

El tomate puede presentar básicamente dos 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, 2009).

### **2.3.7 Hoja**

Las hojas son compuestas e imparipinadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares, las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Nuño, 2007).

Los foliolos son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. El meso filo o tejido parenquimatoso está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambos sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes sobre todo en el envés y constan de un nervio principal (Chamarro, 2001).

### **2.3.8 Flor**

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3-10. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Nuño 2007). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal.

La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del corte (Chamarro, 2001).

La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y racimos de forma helicoidal a intervalos de 35° de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y de un ovario bi o plurilocular (Valàdez, 1990).

### **2.3.9 Fruto**

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. (Escalona, 2009).

El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del peciolo, o bien puede separarse por la zona pedúnculo de unión al fruto (Chamarro, 2001).

El fruto del tomate pertenece a los frutos simples, carnosos, indehiscentes y polispermos, y por lo tanto es una verdadera baya. Su forma y tamaño son variables, su superficie es lisa y está formado por un epicarpio delgado pero resistente y brillante al exterior antes de la maduración. Su olor es aromático y característico, y de sabor agridulce (Tiscornia, 1989).

### **2.3.10 Amarre de fruto**

Esta actividad es particularmente crítica en invierno y durante largos periodos húmedos y nublados ya que el polen tiende a estar pegajoso y a segregarse. La ausencia del movimiento de la flor genera una mala polinización. Otra causa de una mala o nula polinización es crecimiento del estigma más allá del cono de las anteras. La longitud del estilo está determinada genéticamente y se incrementa con la baja luminosidad, alta temperatura, alta disponibilidad de nitrógeno y tratamientos con giberelinas (Casseres, 1984).

Esta etapa crítica también es muy afectada por factores ambientales, aun cuando la polinización es facilitada por la estructura floral, usualmente se requiere del movimiento del racimo mediante la vibración que hace el abejorro, por viento por actividades culturales o por otros medios artificiales. Las flores abren en la mañana y el



estigma receptivo durante el transcurso de los 6 días después de la antesis. La receptividad del estigma es dañada por las altas temperaturas, y un periodo de 4 horas a 40°C entre las 24 y 96 horas después de la polinización, causan degradación del endospermo y daños al pre-embrión (Castellanos, 2009).

Los ovarios fecundados pueden dejar de hincharse rápidamente debido a la baja radiación, alta temperatura o la interacción entre otros factores. El número de frutos por racimo está relacionado positivamente con la radiación solar, sobre todo, a partir de la antesis inicial. Una baja luminosidad durante las dos semanas siguientes a la antesis de la primera flor de la inflorescencia, impide el crecimiento de los frutos; los cuales se mantiene en la estructura reproductiva, pero un mes después de la antesis pueden seguir con un diámetro menos a 25mm (Castellanos, 2009).

## **2.4 Propiedades nutricionales**

El perfil nutricional del tomate se basa en una combinación equilibrada de antioxidantes (vitamina C, Carotenoides y Flavonoides) minerales (altos niveles de potasio y zinc. Alto contenido de ácido fólico y un bajo nivel de grasa. La cualidad más importante es su poder antioxidante, y que posee licopeno, que junto con las vitaminas y minerales reduce el riesgo de contraer cáncer.

Es poco energético (un tomate mediano aporta unas 11 calorías), un 94% de su peso es agua y un 4% hidratos de carbono, es diurético, recomendado para dietas de adelgazamiento y control de peso. Comparados con otros vegetales los frutos de tomate son los menos perecederos y más resistentes a daños de transporte. Se utiliza tanto a través de su consumo fresco, industrializado, zumos concentrados y salsas entre otros (Buso, 2000).

## **2.5 Velocidad de crecimiento**

El tiempo aproximado desde el trasplante hasta la madurez comercial del primer racimo de frutos depende principalmente de la precocidad de la variedad y del clima. Con temperaturas muy cálidas tiene una duración aproximada de 60 días, y con temperaturas frescas llega a durar hasta 95 días. Para las condiciones de México este rango se mueve alrededor de 70 días para las plantaciones de primavera en zonas cálidas y 90 días para variedades tardías y plantaciones de otoño (Escalona, 2009).

## **2.6 Densidad de población**

La densidad de plantación es un factor determinante para la intercepción de la radiación solar y la captación de agua y nutrientes por las plantas. Así, este factor de manejo afecta directamente eventos fisiológicos relacionados con la producción y acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta (Rodríguez, 2000).

## **2.7 Requerimientos edafoclimaticos**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (Infoagro, 2004.)

### **2.7.1 Temperatura**

Es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. La temperatura optima de desarrollo oscila entre 20 y 30 ° C durante el día y entre 13 y 17 durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por el mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y el sistema radicular en

particular. Temperaturas inferiores a los 12-15°C también ocasionan problemas en el desarrollo de la planta. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que los valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Infoagro, 2014).

### **2.7.2 Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Lesur, 2006).

### **2.7.3 Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Lesur, 2006).

### **2.7.4 Radiación en invernadero**

Bouzo y Garinglio (2002) Mencionan que la intensidad de la radiación, el fotoperiodo y la nubosidad son los factores naturales que determinan la radiación diaria. La orientación del invernadero, la forma de techumbre y la pendiente de la cubierta pueden modificar la luminosidad en su interior, además de la influencia que pueden tener los materiales de cubierta elegidos.

La radiación del cultivo del tomate; Howard (1995) señaló, que el tomate es insensible al fotoperiodo. Una iluminación limitada puede inducir en forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo. La densidad de plantación, el sistema de poda y el tutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en época invernal cuando la radiación es más limitante, porque la reducción implica una reducción lineal de la cosecha, (Cockshull, 1988; Kinet 1977).

## **2.8 Labores culturales.**

### **2.8.1 Aporcado**

Practica que realiza en suelos enarenados tras la poda de formación, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta con arena. El rehundido es una variante del aporcado que se lleva acabo doblando la planta, tras haber sido ligeramente escarbada, hasta que entre en contacto con la tierra, cubriéndola ligeramente con arena, dejando fuera la yema terminal y un par de hojas, esta práctica se lleva a cabo en campo e invernadero (Pérez y Castro, 1999).

### **2.8.2 Entutorado**

Planta suspendida mediante un hilo, sobre el que se va desarrollando el tallo principal conforme va creciendo. Si el cultivo es de ciclo largo el hilo no irá atado directamente al alambre portante, sino a una pieza a modo de carrete que permite soltar hilo, que junto a su desplazamiento lateral permite continuar indefinitivamente con la parte productiva de la planta erguida a la misma altura (Rodríguez, 2006).

### **2.8.3 Poda de formación**

A un solo tallo principal, destallado los laterales. Se suprimen hojas basales conforme van envejeciendo conservando en todo caso el follaje completo en, al menos, 1,6-1,8 m hasta el ápice (Rodríguez, 2006).

Es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15- 20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo se determinara el número de brazos (tallos) a dejar por planta. Son frecuentes las podas a 1 o 2 brazos, aunque en tomates tipo de tipo sherry suelen dejarse 3 y hasta 4 tallos (Pérez y Castro 1999).

### **2.8.4 Podas de hoja o deshojado**

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo (Pérez, Castro1999).

Es una operación orientada a mejorar la aireación de la planta, eliminar las hojas con alguna enfermedad y favorecer la maduración de los frutos. En primavera apenas se realiza esta operación porque se necesita proteger los frutos de la radiación directa y tener la máxima área foliar para refrigerar el ambiente del invernadero. En cambio cuando las plantas tienen un vigor excesivo, es recomendable realizar lo que denomina Cadenas (2003) un «entresaque de hojas», sobre todo si éstas se solapan demasiado unas con otras y ocultan completamente los frutos. Como norma general, se quitará la hoja que hay sobre el ramo para mejorar la aireación y favorecer que llegue la luz a los frutos, a no ser que el ramillete superior descansa sobre ésta, y a ser posible se eliminará la hoja orientada hacia el norte o el este. Es muy importante no quitar la hoja que se sitúa enfrente del ramo, porque es la que más foto asimilados aportará a ese

ramo. Cuando en el ramillete floral los frutos inician el viraje a rojo, se procederá a la eliminación de todas las hojas por debajo de su nivel. Normalmente los ramilletes ya recolectados deben ser eliminados para evitar posteriores desarrollos florales que producen frutos de baja calidad (Escobar et al., 1995).

### **2.8.5 Poda de brote apical**

Los materiales de crecimiento indeterminado tienen una yema vegetativa en la parte apical del tallo principal que permite el crecimiento continuo de la planta por lo que el sistema de tutores no permite la conducción de la planta a más de diez racimos. Por tanto es necesario eliminar la yema apical y dejar dos o tres hojas arriba del último racimo floral (Pérez, Castro1999).

### **2.8.6 Eliminación de tallos axilares**

Consiste en eliminar brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor de la frecuencia posible para evitar la pérdida de la biomasa fotosintéticamente activa y facilitar la cicatrización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario (Rodríguez, 2006).

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

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en racimo, y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad.

De forma general podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático es una intervención que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El aclareo selectivo, tiene lugar sobre 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 (Lara,2000).

### **2.8.8 Polinización**

En las variedades comerciales de jitomate a cielo abierto las plantas se auto polinizan y no necesitan de polinizadores, la polinización ocurre cuando la temperatura nocturna es entre 13-24°C y la diurna es de 15.5-32.2°C, temperaturas más altas o más bajas, particularmente en la noche provocan que las flores caigan sin tener fruto. En condiciones de invernadero la polinización se puede llevar a cabo con vibrador de mano; de otra manera también se puede realizar moviendo las rafias con las que se guían. La polinización ha tomado relevancia y consiste en liberar polinizadores desde la cuarta semana después del trasplante. La especie comercial que se utiliza son abejorros, a una densidad de población de cuatro colonias por hectárea (Miranda, 2000).

La polinización manual mediante la agitación de las flores y la polinización entomófila la producen tomates con mejor calidad y cantidades satisfactorias. Respecto de la polinización del tomate, este requiere de un insecto grande como los abejorros, en la actualidad los polinizadores más utilizados dentro de los invernaderos (Velthuis y van Doorn, 2006). A pesar de eso, la utilidad de los abejorros en invernaderos es limitada ya que sus colonias a diferencia de las de meliponinos, no son perennes y su actividad de pecoreo puede verse severamente limitada bajo condiciones de clima tropical (Kwon y Saeed, 2003; Palma et al., 2004).

### **2.8.9 Cosecha**

La primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de la siembra dependiendo de la variedad y clima.

Debe iniciarse cuando los frutos principian a cambiar de su color verde característico a rojo pálido; por ser muy firmes, se minimiza el daño por manejo. Es usual realizar una preselección para clasificar los frutos en material de primera calidad, de segunda y de tercera.

La cosecha se efectúa cada tres o cuatro días según la velocidad de maduración de los frutos. El número de cortes depende del manejo dado al cultivo y de las condiciones climáticas durante su ciclo de cultivo.

Sin embargo, pueden realizarse en promedio de siete a ocho cortes en variedades de crecimiento determinado y de 12 a 15 cortes en variedades indeterminadas. La producción total puede variar en un rango entre 7 a 12 kg/planta, esto depende de la variedad utilizada. (Rodríguez, 2006)

## **2.9 Riego**

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 y la pendiente del terreno. El primer riego se debe realizar, inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas y luego realizar riegos periódicos, para mantener un adecuado nivel de humedad durante todo el ciclo de desarrollo de la planta. 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; lo ideal es regar el cultivo en las horas de la mañana (Jaramillo, 2006).

## **2.10 Fertirriego**

Gonzales, (1996). Reporta que el costo de la fertilización en tomate representa entre 4.5 a 5.6% del costo total del cultivo, lo que es bajo considerando su impacto en el rendimiento y también menciona algunos pasos para la fertilización adecuada en



tomate como: a) fertilizar en base a rendimientos esperados y con un adecuado balance de nutrientes. Cuidar relaciones Ca/K, Ca/Mg y K/Mg; b) balance de nitrógenos; nítrico y amoniacal (ideal de 50% y 50% de nitrificación: c) aplicar fuentes de potasio solubles y libres de calcio; d) Fertilización completa con nutrimentos secundarios y micronutrientes; e) en su caso de hacer análisis foliar, y también parcializar la aplicación de nutrientes de acuerdo a su época en la planta.

El cultivo de especies en invernaderos sobre sustrato inerte requiere un especial y precisó control de fertirriego. Esto se debe a que la capacidad de intercambio catiónico de estos medios de cultivos es muy baja. Esta situaciones potencializa aún más cuando se cultiva en recipiente o macetas donde las raíces están confinadas en un volumen limitado (Bautiza, Alvarado,(2006).

Otro aspecto de importancia es el monitoreo donde el uso de recipientes para el cultivo en invernadero permite la recolección de la solución nutritiva y su comparación con la solución nutritiva entrante. El monitoreo del volumen lixiviado, el pH, la conductividad eléctrica y la concentración de nutrimentos en la solución lixiviada permite detectar si están aplicando fertilizantes y el agua en exceso o en diferencia por lo tanto permite ir corrigiendo el régimen del fertirriego (Bautista y Alvarado, 2006).

### **2.10.1 Elementos nutritivos**

Los elementos químicos que se encuentran en las células vegetales pueden ser muchísimos pero el hecho de encontrar un elemento en alguna planta no es suficiente para concluir que sea esencial para la vida de ella ya que los minerales son absorbidos principalmente por intercambio iónico del medio, de acuerdo a las leyes físicas y no a la importancia que tengan en el metabolismo. Los elementos de mayor importancia para la nutrición de esta, son las siguientes: (Rojas, 1982).

### **2.10.2 Nitrógeno (N)**

Este elemento es absorbido mayoritariamente por las plantas en la forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), aunque también puede ser asimilado como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), pero salvo situaciones puntuales muy especiales, nunca debe suministrarse en esta forma más allá del 10% del total de N en la solución nutritiva. Este elemento participa en numerosas funciones de la planta, destacando en la síntesis de proteínas. Un elemento fundamental en el crecimiento y producción del cultivo (Castellanos, 2009).

### **2.10.3 Fosforo (P)**

Este elemento es absorbido por las plantas en la forma de fosfato monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), aunque en condiciones de pH superior a 7.2, puede ser asimilado en la forma de fosfato divalente ( $\text{HPO}_4^-$ ). El fosforo es un constituyente de enzimas y proteínas y un componente esencial de los ácidos nucleicos. Juega un papel fundamental en las funciones reproductivas, tales como la floración, la precocidad, la madurez y la calidad del fruto. En las etapas tempranas de la planta está implicado en el crecimiento de la raíz. Participa prácticamente en todos los procesos metabólicos de la planta y juega un papel regulatorio en la formación y translocación de azúcares y almidones (Castellanos, 2009).

### **2.10.4 Calcio (Ca)**

El calcio se presenta en la planta como pectato de calcio, componente de toda pared celular de las plantas. Está implicado en la elongación y división celular, en la permeabilidad y estabilidad de las membranas celulares y en su tolerancia a los patógenos. Su disponibilidad está muy asociada al pH de la solución nutritiva. Ante una caída severa de pH, el primer nutriente que se afectará será el calcio cuyos efectos se pueden apreciar rápidamente en el tejido meristemático de la parte aérea o de la raíz (Castellanos, 2009).

### **2.10.5 Magnesio (Mg)**

El Magnesio forma parte esencial de la molécula de la clorofila. Participa en la formación de azúcares, aceites y grasas y es cofactor de una serie de enzimas (Castellanos, 2009).

### **2.10.6 Azufre (S)**

Forma parte de las proteínas pues es constituyente de los aminoácidos, cistina, cisteína, metionina (Rojas, 1982).

### **2.10.7 Boro (B)**

Está implicado en el metabolismo y transporte de azúcares, interactúa con auxinas, juega un papel importante en la división y elongación celular, en particular del tubo polínico (Castellanos, 2009).

### **2.10.8 Potasio (K)**

La principal función del potasio se asocia con las relaciones hídricas y absorción de agua por planta. Mantiene el potencial osmótico de las células. Participa como activador de innumerables enzimas y juegan un papel importante en casi todos los procesos metabólicos de la planta. A menudo el potasio es descrito como elemento de la calidad debido a que las frutas y vegetales que se producen con adecuados niveles de dicho nutriente presentan mejor calidad pos cosecha y mayores niveles de azúcar (Castellanos, 2009).

## 2.11 Soluciones nutritivas

La SN consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la SN (Steiner, 1968).

La solución nutritiva es el conjunto de elementos nutritivos requerido por las plantas, disueltos en agua. En los sistemas hidropónicos a excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de soluciones nutritivas y en forma asimilables por las raíces de las plantas, por lo que se considera un prerequisite la solubilidad de los iones esenciales en el agua. Se debe ajustar el pH de las soluciones de acuerdo a la necesidad de la especie a cultivar (Sánchez y Escalante, 2001).

Para que la SN tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Carpena *et al.*, 1987; Adams, 1994b).

De acuerdo con Graves (1983) y Steiner (1984), las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos de importancia económica son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrimentos (representada por la CE), el pH, la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  y la temperatura de la SN.

### 2.11.1 Conductividad Eléctrica (CE) de la Solución Nutritiva

Existe una relación directa entre la concentración de nutrientes y la CE de la SN. Al aumentar la CE, la planta debe destinar mayor energía para absorber agua y nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Ehret y Ho, 1986a). Este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica. El conjunto de estos fenómenos puede ser reflejado en una disminución del desarrollo de la planta. La CE de la SN influye en la composición química de las plantas, al aumentar la CE aumenta la concentración de  $K^+$  en las plantas a expensas principalmente de  $Ca^{2+}$ . También se incrementa la concentración de P y en menor medida la de  $NO_3^-$ , ambos a costa de  $SO_4^{2-}$ . Este comportamiento se presenta independientemente de la etapa de desarrollo (Steiner, 1973).

En la medida que la SN aumenta su CE, disminuye la capacidad de la planta para absorber agua (Ehret y Ho, 1986b; Adams, 1994a) y nutrientes (Steiner, 1973). Pero una SN con CE menor que la que requieren las plantas (menor que 2 dS  $m^{-1}$ ), puede inducir deficiencias nutrimentales. Al aumentar la CE de la SN a más de 6 dS  $m^{-1}$ , además de inducir una deficiencia hídrica, aumenta la relación  $K^+ : (K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + NH_4^+)$ , ocasionando desbalances nutrimentales. No todos los nutrientes son afectados en igual medida. Los que se mueven por flujo de masas, como el  $Ca^{2+}$  y en menor medida el  $Mg^{2+}$  se absorben en menor cantidad, de esta manera se puede inducir deficiencia de  $Ca^{2+}$  (Ehret y Ho, 1986b). La CE apropiada para la producción de tomate está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura y luz). Steiner (1973) y Resh (1991) observaron que las plantas toleran una mayor CE en invierno que en verano.

### 2.11.2 pH de la Solución Nutritiva

El pH de la SN es una propiedad inherente de la composición mineral (De Reijck y Schrevens, 1998).

El pH óptimo de la SN es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra:

El pH de la SN se amortigua cuando una parte del N se adiciona en forma de  $\text{NH}_4^+$ . Graves (1983) y Steiner (1984) reportaron que no más de 10 % del N debe ser administrado en forma de  $\text{NH}_4^+$ , pero McElhannon y Mills (1978) y Sasseville y Mills (1979) señalaron que la mayor producción de tomate se tuvo con 20 % de N- $\text{NH}_4^+$  con relación al N total. En México, Caraveo (1994) encontró los mejores resultados cuando la SN tuvo 16.6 % de  $\text{NH}_4^+$ . La razón de la variación de la respuesta a diferentes relaciones  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  se debe al efecto que tiene esta relación en función de la variedad, la etapa de desarrollo de la planta y la luminosidad, entre otros fenómenos (Mengel y Kirkby, 1987).

La absorción de  $\text{NH}_4^+$  requiere de su inmediata asimilación debido a que este ion es tóxico a la planta. Su asimilación consume energía, la cual depende de la energía luminosa; la administración de  $\text{NH}_4^+$  en días nublados puede reducir el rendimiento (Veen y Kleimendort, 1985).

El  $\text{NO}_3^-$  puede ser asimilado para sintetizar compuestos orgánicos, o almacenado en las vacuolas. Este último tiene entre sus funciones regular el balance entre cationes y aniones, por osmorregulación (Granstedt y Huffaker, 1982).

En el proceso de asimilación del  $\text{NO}_3^-$ , las raíces liberan iones  $\text{OH}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$  a la SN y se sintetizan aniones de ácidos orgánicos con el fin de mantener el balance de cargas (aniones y cationes) y el pH (ácidos y bases) en la vacuola (Martínez *et al.*, 1994; Marschner, 1995).

### 2.11.3 Temperatura de la Solución Nutritiva

La temperatura de la SN influye en la absorción de agua y nutrientes. La temperatura óptima para la mayoría de las variedades de tomate es de aproximadamente 22 °C, en la medida que la temperatura disminuye también disminuye la absorción y asimilación de los nutrientes (Cornillon, 1988). Sin embargo, Adams (1994b) reportó que la temperatura de la SN tiene aún mayor efecto en la absorción de P que de N y agua. Con temperaturas menores que 15 °C, Moorby y Graves (1980) encontraron deficiencias de Ca<sup>2+</sup>, P y Fe<sup>2+</sup>. A bajas temperaturas la suberización de la endodermis se extiende al ápice de la raíz e influye en la absorción de los nutrientes. La deficiencia de Ca<sup>2+</sup> debida a la baja temperatura ocasiona mayor incidencia en la pudrición apical del fruto (Graves, 1983). En el agua, además de disolver las sales que corresponden a los nutrientes, en forma natural se disuelve el oxígeno que requieren las raíces de las plantas. La temperatura de la SN tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta e inversa con el oxígeno disuelto en la SN. A temperatura menor que 22 °C el oxígeno disuelto en la SN es suficiente para abastecer la demanda de este nutriente; sin embargo, el requerimiento es pequeño debido a que se reduce la velocidad de un buen número de procesos fisiológicos, entre ellos la respiración y, por lo tanto, también se reduce el crecimiento de la planta. A temperaturas mayores que 22 °C las condiciones son contrarias, la gran demanda de oxígeno no es satisfecha por la SN debido a que a mayor temperatura aumenta la difusión de este gas. Con altas temperaturas de la SN también se incrementa el crecimiento vegetativo en una magnitud mayor que la deseable y disminuye la fructificación (Graves, 1983). El control de la temperatura de la SN es un factor que adquiere importancia secundaria en los lugares de clima templado. En las zonas o temporadas frías, es conveniente tener un sistema de calefacción para la SN. Es necesario evitar temperaturas menores que 15 °C para prevenir la reducción de la absorción de nutrientes (Moorby y Graves, 1980). Lo ideal es mantenerla lo más cercana posible a 22 °C.

Según herrera (1999) no existe una SN que sea apropiada para cualquier condición, los cuatro primeros factores dependen de las condiciones del ambiente, las características genéticas y la etapa de desarrollo de la planta. El pH para cualquier condición debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0 y la temperatura lo más cercana a 22 °C. Un inapropiado manejo de la SN en cualquiera de estos factores o la interacción entre ellos, afecta la nutrición de la planta y, por ende, el rendimiento y la calidad de los frutos.

## **2.12 Sustratos**

El termino sustrato se refiere a todo material solido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que es colocado en un contenedor de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular (Pastor, 2000; Samperio, 2004).

Esto clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). en el caso de los materiales químicamente inertes estos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que los químicamente activos actúan en proceso de adsorción y fijación de nutrimentos (Resh, 2001).

El sustrato adecuado para cada caso concreto depende de numerosos factores: tipo de planta que se produce, fase del proceso productivo en el que interviene, condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato (Maroto, 1990; Pastor, 2000; Samperio, 2004).

### **2.12.1 Tipo de sustratos**

Castellanos (2003), menciona que los sustratos que más comúnmente se usan en horticultura protegida en los sistemas de cultivo sin suelo son:

1. Perlita
2. Lana de roca
3. Tezontle



4. Arena
5. Turba
6. Corteza de pino
7. Fibra de coco

### **2.12.2 Cultivo en arena.**

Esta técnica es utilizada donde la arena es el material más fácilmente disponible como en los desiertos. Las partículas deben ser menores que 2 mm y mayores que 0.6 mm de diámetro. El principal sistema de riego que se asocia a esta técnica es el riego por goteo. Se deben aplicar de dos a cinco riegos por día, dependiendo de la especie cultivada, la etapa fenológica, la variedad y las condiciones del ambiente (temperatura y humedad relativa) (Lara, 1999).

### **2.13 Composta**

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 (Nieto-Garibay et al. 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey 2004).

Los beneficios de los abonos orgánicos 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 (Nieto-Garibay *et al.* 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al.* 2008).

De los principales elementos nutritivos presentes en las compostas y vermicompostas, del 70 al 80% de fósforo y del 80 al 90% de potasio están disponibles el primer año (Eghball *et al.* 2000).

Mientras que, el nitrógeno debe de mineralizarse para poder ser absorbido por la planta (Heeb *et al.* 2005), durante el primer año, sólo se mineraliza el 11% del nitrógeno (Márquez *et al.* 2008). Rincón (2002) determinó que se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producido.

## III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación geográfica del experimento

El experimento se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – unidad laguna, localizada en periférico y carretera Santa Fe Km. 1.5 de la ciudad de Torreón, Coahuila. La universidad se encuentra ubicada en la comarca lagunera que se localiza en la parte central de la porción norte México. Entre los meridianos 101°40' y 104° 45' long. Oeste, y 25°05' y 26°54' lat. Norte. Esta región tiene una altura de 1,139 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8 °C, una mínima de 11.68 °C y una temperatura media de 19.98 °C (CNA, 2002).

### 3.2 Clima

Palacios (1990) define al clima de la región como, muy seco con lluvias en verano. Los registros de temperatura indica una media anual de 21 °C presentando su valor más bajo en enero y el más alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales situación que limita la práctica de una agricultura de temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre. La cantidad de agua para esta región es escasa en todas las estaciones del año, en el mes más lluvioso tiene una acumulación de 36.6 mm. En cuanto al mes más seco solo alcanza 1.5 mm; la humedad varía en el año. En primavera tiene un valor promedio de 30.1 %. En otoño de 49.3 % y finalmente en invierno de un 43.1 % (CENID – RASPA, 2003).

### **3.3 Condiciones del invernadero.**

El experimento se llevo a cabo en un invernadero semicilíndrico con cubiertas de polietileno. El cual cuenta con; en el interior cuenta con piso de grava, tiene una pared húmeda y por lo tanto cuenta con extractores, cuenta con sistema de bombeo para la extracción de agua con el cual se realizan los riegos.

### **3.4 Preparación de los medios de crecimiento.**

Se realizaron diferentes actividades antes de que la planta se llevara al invernadero, entre las cuales se menciona: como primer paso se rellenaron las macetas las cuales tienen una capacidad de 20 kilogramos aproximadamente, las macetas son bolsas de polietileno de color negro de tipo vivero y se rellenaron con los diferentes materiales (arena, compost y perla), esto para definir los tratamientos que respectivamente iban hacer el medio de las evaluaciones. Una vez terminado de llenar las macetas a su máxima capacidad se colocaron dentro del invernadero. El material utilizado para el crecimiento vegetal de la planta fue arena al 100 %, y el material donde se encontraría el testigo se combino en tres diferentes proporciones las cuales fueron; 35% de compost, 15% de perlita y 50% de arena.

Tratamientos utilizados para el desarrollo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero UAAAN-UL.

- 1.- composta al 20% - arena al 50% perlita al 30% para la repetición uno.
- 2.- composta al 35% - arena al 50% perlita al 15% para la repetición dos.
- 3.- arena al 100% para el testigo.

### **3.5 Materiales vegetales**

Para esta investigación se utilizo el material de tomate Moctezuma F1 saladette indeterminado (HMX 7865). EMPRESA HARRIS MORAN. Batch: D57758. Lote: D35688.

### **3.6 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar con dos repeticiones.

### **3.7 Unidad experimental**

Dentro del invernadero se colocaron los tratamientos y repeticiones de la siguiente manera.

### **3.8 Trasplante**

El trasplante se llevó a cabo el día 27/05/14. Consistió en poner una plántula por maceta, una vez terminado el trasplante se aplicó un riego cada tercer día.

### **3.9 Riegos de las macetas**

Después del trasplante, hasta el término de 15 días se aplicaron riegos cada tercer día con agua extraída con el sistema de bombeo. El riego con la solución nutritiva para el tratamiento de arena al 100% se realizó aplicando un volumen de un litro por maceta, mientras que para los tratamientos con compost se siguió utilizando agua extraída de pozo hasta el final del ciclo productivo del cultivo.

### **3.10 Manejo de cultivo**

#### **3.10.1 Podas**

Esta práctica consistió en la eliminación de yemas axilares y de hojas viejas para darle un porte mejor tanto a la planta como al fruto. Se realizaban cada 5 días ya que el tallo tenía una altura de 8 cm aproximadamente.

### **3.10.2 Entutorado**

El entutorado se realizo ya que la planta tenía una altura de 60 cm aproximadamente. El material utilizado fue hilo blanco con el cual se enredo las plantas sujetándolos desde el tallo, esto se realizaba conforme la planta crecía de tal manera que se mantuviera siempre en posición vertical.

### **3.10.3 Polinización**

Con la ayuda de los ventiladores colocados dentro del invernadero se realizaba la polinización una vez que las flores fueran abriendo.

## **3.11 Plagas y enfermedades**

Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo de tomate fueron las siguientes: mosquita blanca (*Bemisia argentifolii bellows* y *perring*), gusano alfiler (*Keiferia Lycopersicella* *Walshingham*), pulgones (*Aphis gossypi* *Sulz*). En cuanto a enfermedades que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron cenicilla (*leveillula taurica* *Lev. Arnaud*) y al final la planta presento virosis.

En cuanto a plagas la que mas incidencia tubo dentro del invernadero y que mas afecto la planta fue mosquita blanca para la cual se utilizo el siguiente control.

- Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii bellows* y *perring*), para su detección se utilizaron trampas amarillas, las cuales mostraban un monitoreo de cierta plaga presente en el cultivo. Una vez estimada la población se aplico un insecticida de nombre comercial llamado malathion, esto aplicándolo en una dosis de 1ml por litro de agua. La bomba que se utilizaba para las aplicaciones tenía una capacidad de 10lts.

## **3.12 Variables evaluadas**

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes: rendimiento, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, numero de lóculos y grados Brix.

### **3.13 Rendimiento.**

Para esta variable se tomo en cuenta la producción de cada corte considerando el tratamiento y repetición a la que pertenecieran los frutos obtenidos, llevando un registro del peso que presentaron, para lo cual se utilizo una bascula digital y así tener mayor precisión en la toma de datos. Los datos obtenidos se sumaron para sacar rendimiento por las plantas que se tomaron, se estimo rendimiento por metro cuadrado y posteriormente estimar el rendimiento por ha.

#### **3.13.1 Tamaño de fruto**

Se utilizo un vernier, registrando diámetro polar y ecuatorial de cada uno de los frutos que se evaluaron.

#### **3.13.2 Grados Brix**

Se utilizo un refractómetro de campo, el procedimiento consistía en partir los tomates y de una mitad tomar de dos a tres gotas de jugo para tomar la lectura, después de cada lectura se tenía que dejar completamente limpio el refractómetro para no alterar los datos siguientes. El mismo procedimiento fue para todas las unidades evaluadas.

#### **3.13.3 Numero de lóculos**

Esto se realizo partiendo el tomate por mitad, después se contaba los lóculos que tenia dicho fruto y se anotaba en el registro.

#### **3.13.4 Grosor de pulpa**

Se partían los tomates a la mitad y se media el grosor de la pulpa con una regla de 30 cm.

### **3.14 Análisis de resultados**

Para el análisis de resultados se utilizó el programa olivares (Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León Julio, 2012. Versión 1.1 de prueba autor: Emilio Olivares Sáenz, emolivares@gmail.com)



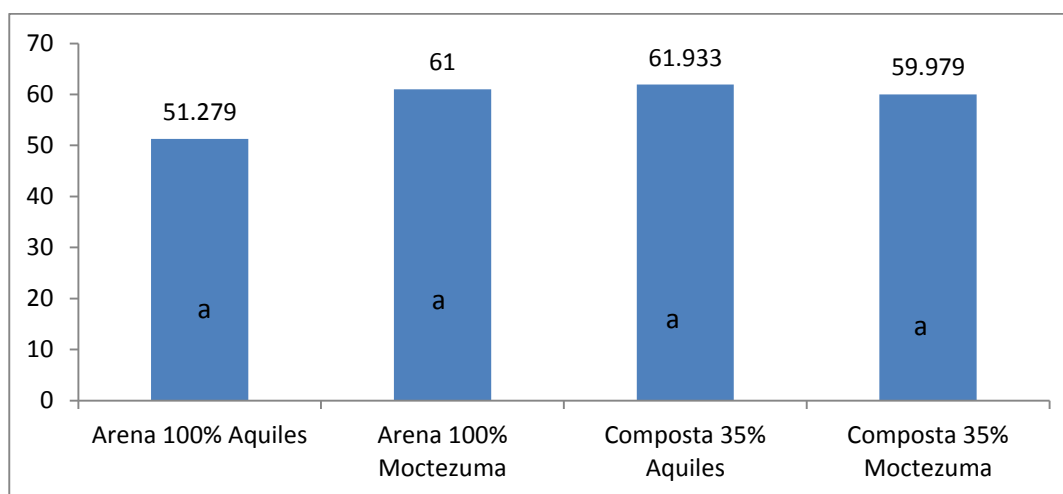
## IV RESULTADOS Y DISCUSION

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

Para la variable rendimiento se estimo la suma de todos los tomates producidos por planta por tratamiento, se calculo primero el rendimiento por m<sup>2</sup> y posteriormente el rendimiento por ha. De acuerdo con el análisis de varianza en la variable rendimiento se obtuvo que los sustratos y genotipos no presentaron diferencia significativa.

De los dos tratamientos evaluados se distingue el sustrato de compost al 35% (Aquiles) con una media de 61.933 ton.ha<sup>-1</sup> y el de arena al 100% (Moctezuma) con una media de 61 ton.ha<sup>-1</sup> donde ambos reportan rendimientos muy similares.

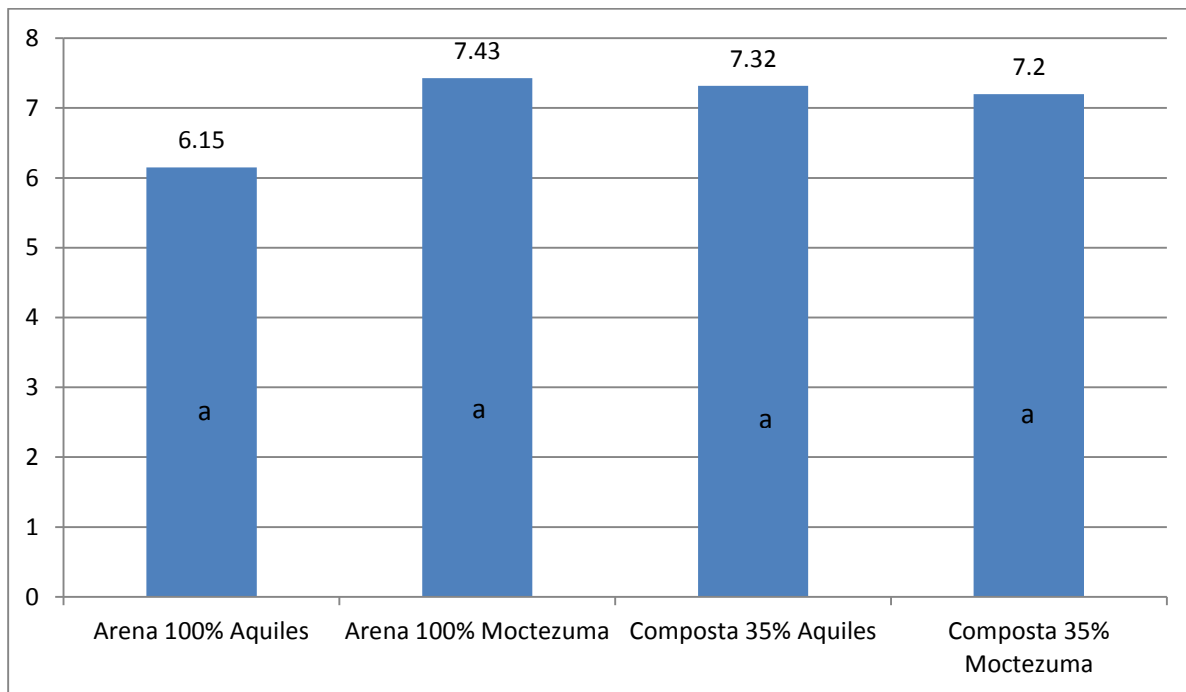
Estos resultados difieren con los obtenidos por Michel (2007) quien en su experimento reporto al tratamiento arena al 100% con una media de 66.91 ton.ha<sup>-1</sup> siendo mejor que el rendimiento obtenido en este experimento en dicho tratamiento.



**Figura 1. Rendimiento toneladas por hectárea en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

## 4.2 Peso de fruto

Para esta variable se muestreo el total de frutos cortados por tratamiento donde nos pudimos dar cuenta que estadísticamente son similares, pero se pudo observar que obtuvo un mayor rendimiento el genotipo Moctezuma con arena al 100% con una media de 7.43 kilogramos, siguiendo el tratamiento con genotipo Aquiles y composta al 35% con una media de 7.32 kilogramos. Por consiguiente se encuentra al genotipo Moctezuma con composta al 35% con una media de 7.2 kilogramos y por ultimo al genotipo Aquiles con arena al 100% con una media de 6.15 kilogramos.

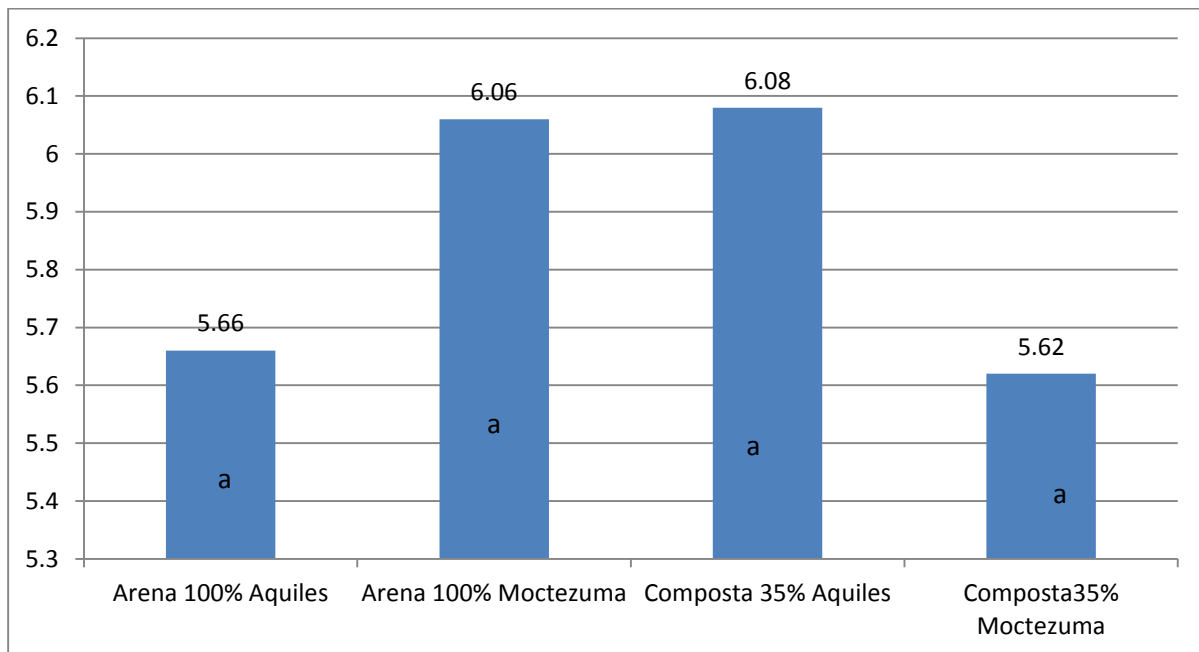


**Figura 2. Peso de fruto (kg) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

### 4.3 Diámetro polar

Para esta variable el análisis de varianza no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo semejantes para el tratamiento uno con arena al 100% genotipo Moctezuma, con el tratamiento 2 composta 35% genotipo Aquiles con una media de 6.06 cm y 6.08 cm respectivamente.

Estos resultados son mayores respecto a los presentados por García (2006) en su experimento evaluación de genotipos de tomate con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero en donde presenta al genotipo Ivonne con una media de 5.72 cm y genotipo romina con una media de 5.7 cm.



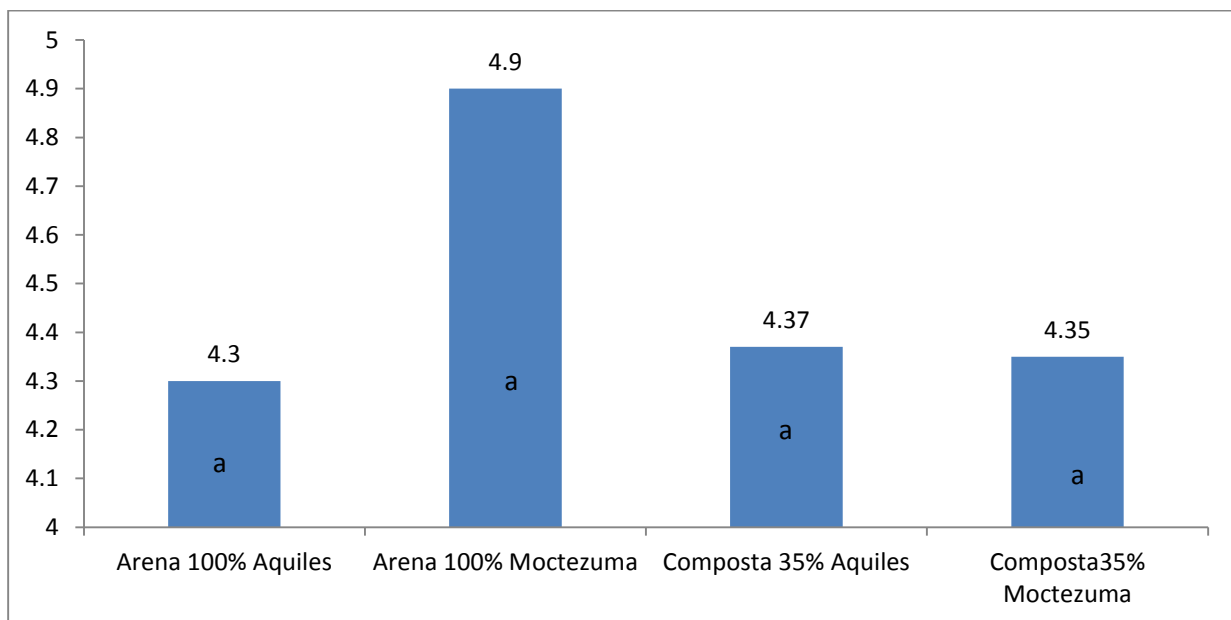
**Figura 3. Diámetro polar (cm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

#### 4.4 Diámetro Ecuatorial

El análisis de varianza no registro diferencia estadística significativa entre los tratamientos, observándose al tratamiento de arena al 100% con genotipo Moctezuma como el mejor con una media de 4.9 cm dentro de la variable evaluada diámetro ecuatorial.

Estos resultados superan a los evaluados por Michel (2007) quien reporta en su experimento una media para el T6 (arena y compost con yeso y fertilización inorgánica) de 4.01 cm para la variable evaluada.

Pero este trabajo no supera a los obtenidos por Cobarrubiaz (2004), que evaluando genotipos de tomate en invernadero obtuvo un diámetro ecuatorial máximo de 7.1 cm.

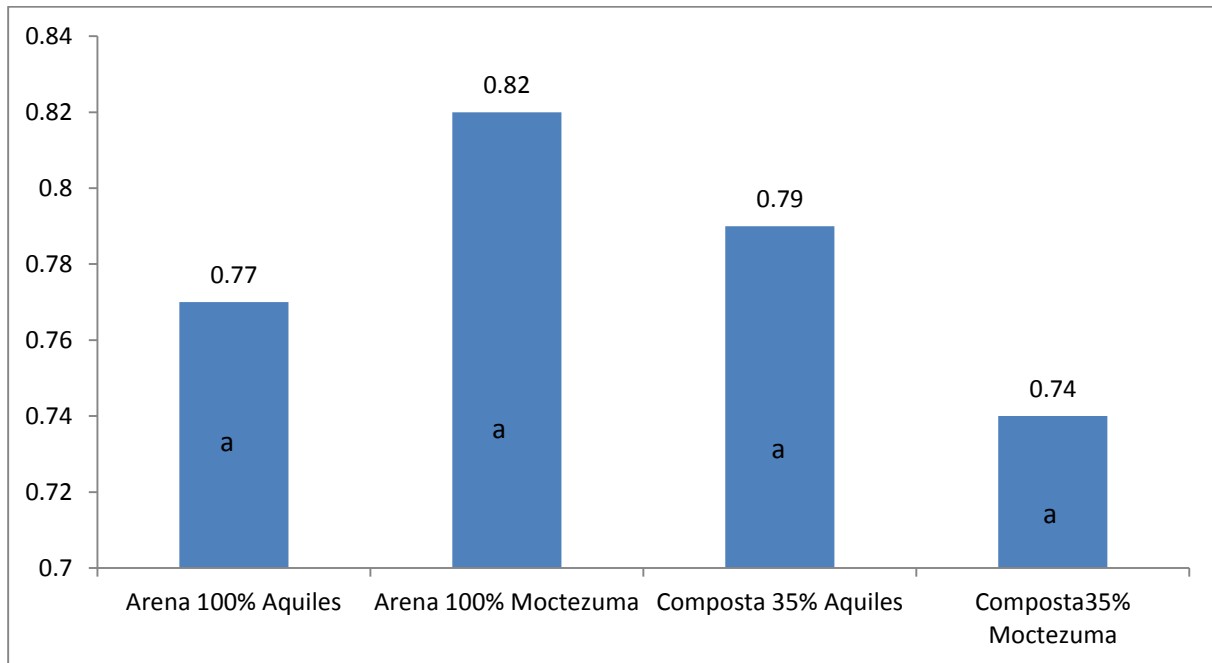


**Figura 4. Diámetro ecuatorial (cm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

## 4.5 Grosor De Pulpa

Al realizar el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre los genotipos, observándose que el mayor grosor lo presentó el genotipo Moctezuma con arena al 100% con una media de 0.82 cm.

El presente experimento superó a los datos obtenidos por Acosta (2003) quien evaluando tomate con niveles de vermicomposta encontró diferencia significativa entre los tratamientos, reporta valores de 0.65 y 0.63 cm de grosor.

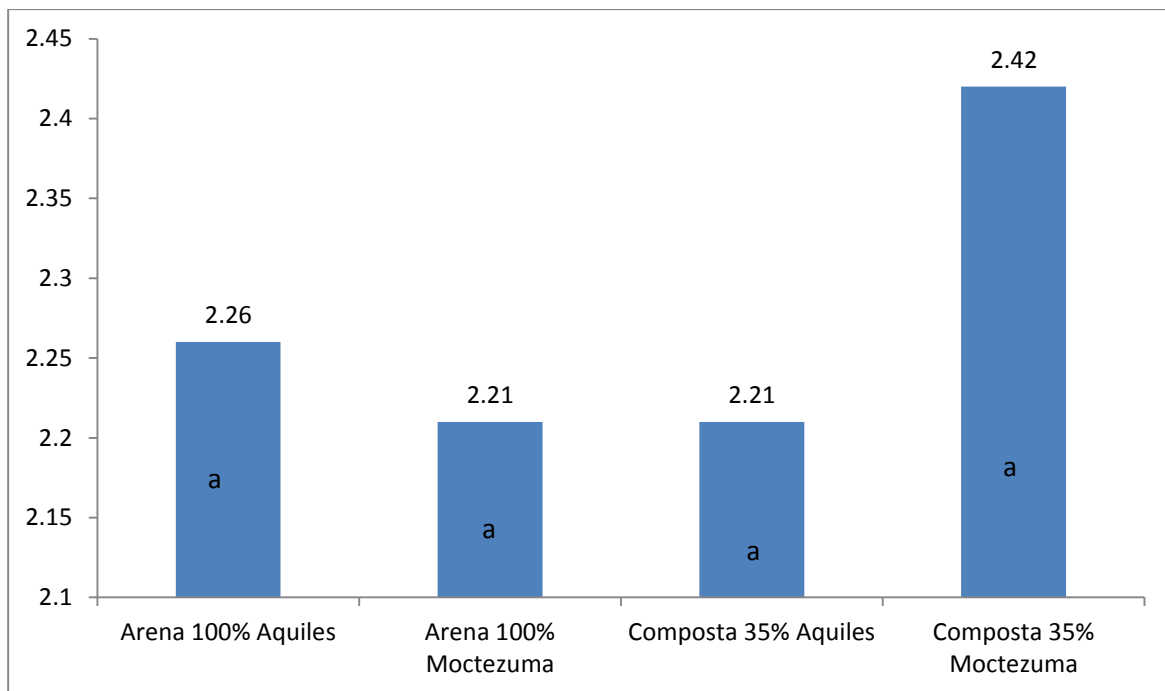


**Figura 5. Grosor de pulpa (cm) en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

#### 4.6 Numero De Lóculos

El análisis de varianza no registro diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo como se puede observar en la figura 6, el mejor número de lóculos lo obtuvo el genotipo Moctezuma con 35% de compost.

Los resultados aquí obtenidos nos superan a los reportados por Hernández (2003), quien obtuvo una media de 3.7 número de lóculos.



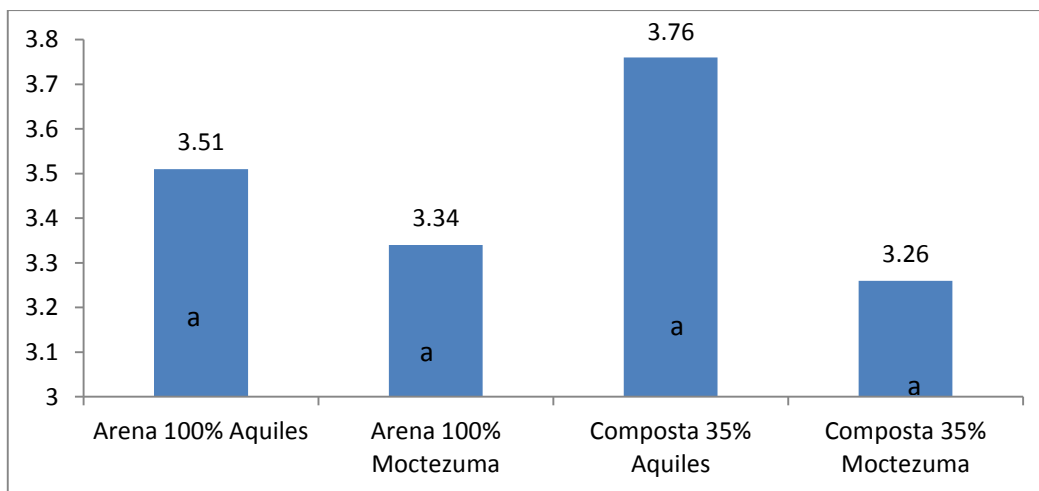
**Figura 6. Numero de lóculos en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

#### 4.7 Grados °Brix

El análisis de varianza no presento diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Para la variable °Brix se observa en la figura 7 que el porcentaje de compost al 35% con el genotipo Aquiles fue el que presento mayor concentración de sólidos solubles con una media de 3.76 grados. Siguiéndole el de arena al 100% con genotipo Aquiles con una media de 3.51 grados. En tercer lugar se tiene al de arena al 100% con genotipo Moctezuma con una media de 3.34 grados y por ultimo tenemos al de compost al 35% con genotipo Moctezuma con una media de 3.25 grados.

Estos resultados no superan a los citados por Hernández (2004) que evaluando tomate en invernadero reporta una media de 6.9 °brix. Así como tampoco los de avalos (2003) evaluando tomate en invernadero con mezclas de vermicomposta y arena encontró valores de 5.9-6.2 °brix.

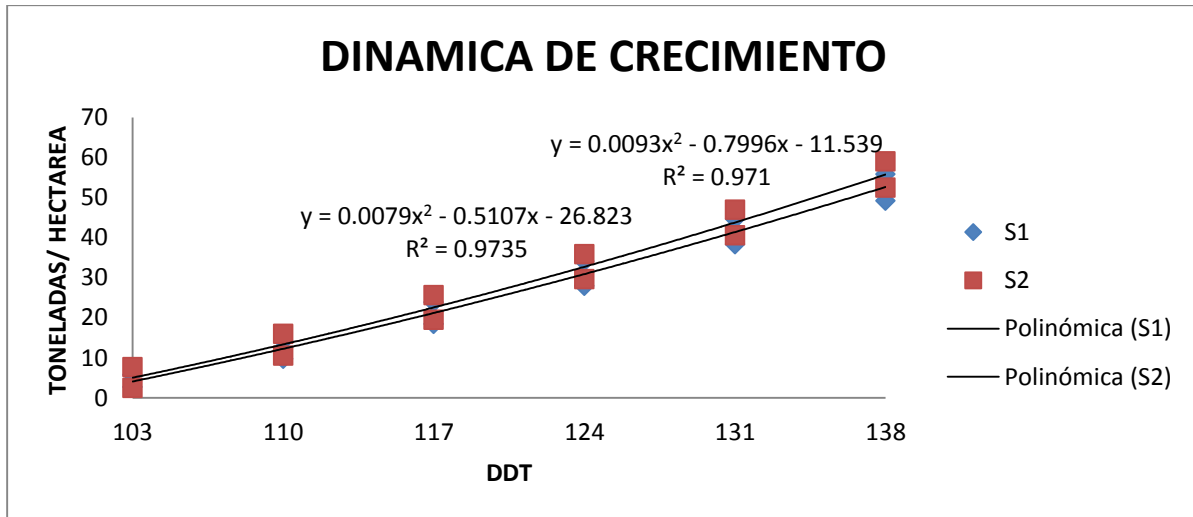
Los resultados obtenidos no cumplen con la norma citada por Diez (1995) quien afirma que en tomate destinado para procesado y consumo en fresco, el contenido de los sólidos solubles (°Brix) se sitúa entre 4.5 y 5.5 °Brix, estos es, que en la presente investigación el tomate no sería aceptado, debido a los valores que fueron presentados como bajos



**Figura 7. Grados Brix en la producción de tomate en sustratos de compost y arena en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL 2014.**

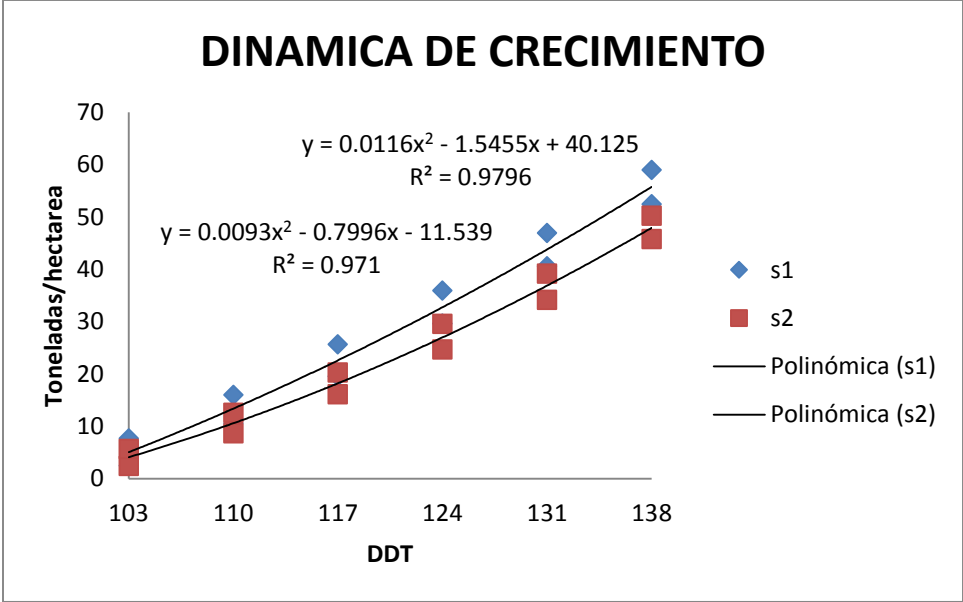
## Dinámica de crecimiento

Se obtuvieron ecuaciones de regresión para toneladas por ha de los tratamientos. Posteriormente se estimó las toneladas por hectárea para la comparación de tratamientos a partir de las ecuaciones obtenidas a los 103 días y 138 días después del trasplante (DDT).



**S1: compost al 35% de arena + perlita al 15% y arena al 50% con fertilización orgánica. S2: arena al 100% con fertilización inorgánica.**





**S1: composta al 35%, perlita 15%y arena 50%. S2: arena 100%**

## V. CONCLUSIONES

Como se pudo demostrar durante las evaluaciones, se observó que no hubo diferencia significativa en las variables evaluadas las cuales son peso de fruto, diámetro ecuatorial y polar, espesor de pulpa, número de lóculos y grados brix.

Con ello podemos decir también que en cuanto a los tratamientos el que presentó mejores resultados durante dichas evaluaciones fueron mayoritarias para el tratamiento tres (arena 100%), siguiendo el tratamiento 2 (compost al 35%) y quedando como último el tratamiento 1 (compost 20%).

En cuanto al rendimiento por hectárea se pudo observar que los tratamientos con mayor peso fueron el de composta al 35% genotipo Aquiles y el de arena al 100% con genotipo Moctezuma teniendo como rangos  $61.933 \text{ ton.ha}^{-1}$  y  $61 \text{ ton.ha}^{-1}$  respectivamente. Estos resultados comparando con los demás tratamientos hay una diferencia mayor debido a que manejan rangos entre  $50 \text{ ton.ha}^{-1}$ .

Esto quiere decir por resultados vistos, que cultivar en arena (100%) con solución nutritiva inorgánica resulta ser rentable en cuanto a producción por tonelada ya que este sustrato poco es utilizado en cuanto a la producción de tomate bajo condiciones de invernadero, a comparación con los tratamientos evaluados con respectivos genotipos estuvo en un rango sobresaliente.

## VI LITERATURA CITADA

- Acosta, B., B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila México.
- Anónimo, 2008. Manual de cultivo de tomate. Chemonics International Inc.
- Avalos G., L. De C.2003. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en vermicomposta bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila. México, p. 47
- Baixauli Soria carlos. 2002. CULTIVO SIN SUELO DE HORTALIZAS. Generalitat valenciana. Valencia, España, pp. 11-76.
- bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos''. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 3 - No.2 - pp. 188-198
- Betancur cano Sandra marcela. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CALCIO Y FÓSFORO EN UN SUELO ÁCIDO Y LA RESPUESTA EN EL CULTIVO DE TOMATE CHONTO (*Solanum lycopersicum* (L.) Mill).
- Bojaca Carlos Ricardo 2009 ''Análisis de la productividad del tomate en invernadero
- Bouzo C.A. y F. Garinglio N. 2002. Invernaderos. Aspectos Generales a tener en cuenta. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Cultivos intensivos. Kreder 2805. (3080). Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Buso, G. 2000. Tecnología de invernaderos para la producción de jitomate. Memoria de experiencia profesional para la licenciatura. U. A. Chapingo. Mexico. pp. 1-8; 51-73.

- Casseres E. 1984. Producción de hortalizas. Tercera edición. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp 71-105.
- Castellanos, J. 2009. Manual de producción de tomate de invernadero. 20 de Noviembre. Celaya, Guanajuato, México.
- Castellanos, J.Z. 2003. La calidad del agua. Pp. 61-73, En: J.J. Muñoz- Ramos y J.Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INICAPA, México.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp 43-87. En F. Nuez (Ed.) el Cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa México.
- CNA, 2002. Gerencia Regional. Cuencas Centrales del Norte, subgerencia Regional Técnica Programas de Hortaliza y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila.
- Cobarrubias, A. D, 2004, comportamiento de diferentes genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. UAAAN UL., Torreón, Coahuila, México. Pp.71-80.
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. Pp. 93-129 En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate. Editorial Mundi-prensa.
- E de la Cruz-Lázaro, 2009. PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO CON COMPOSTA Y VERMICOMPOSTA COMO SUSTRATO. Universidad y ciencia trópico húmedo. Pp. 59-80.
- Favela Chávez esteban. 2006. MANUAL PARA LA PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS. Departamento de horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. Pp. 7-30.

Fuentes Rodríguez Humberto. 2006. EL TOMATE ROJO: SISTEMA HIDROPONICO. Editorial trillas, México, pp. 45-71.

García Rucoba Armando. 2006. ANALISIS DE RENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE TOMATE BAJO INVERNADERO EN LA REGION CENTRO – SUR DE CHIHUAHUA. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. X, núm. 19, julio-diciembre, 2006, Pp. 1-10.

Herrera lara alfredo, 1999. MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN LA PRODUCCION DE TOMATE EN HIDROPONIA. TERRA VOLUMEN 17 NUMERO 3. Pp 221-228.

<http://www.biocetnia.uson.mx/revista/articulos/7art%202.pdf> (fecha de consulta 24 de noviembre 2014).

[http://www.infoagro.com/hortlizas/tomate\\_raf.htm](http://www.infoagro.com/hortlizas/tomate_raf.htm). (fecha de consulta 23 de noviembre 2014).

<http://www.sfa.gob.mx/DESCARGAS/TomateInvernaderoMXL.pdf>. (fecha de consulta 18 de noviembre 2014).

Infoagro, 2004. El cultivo de tomate. En línea.

Iván Palomo G, 2010. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, HIPOLIPEMIANTE Y ANTIPLAQUETARIA DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) Y EL EFECTO DE SU PROCESAMIENTO Y ALMACENAJE. Revista Chilena de Nutrición, vol. 37, núm. 4, diciembre, 2010, pp. 525.

Jaramillo Noreña Jorge. 2006. EL CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO. CORPOICA, Centro de investigación la selva Rionegro, Antioquia, Colombia, 2006, pp. 5-38.

- Jaramillo, N, J. Rodríguez V. P. Guzmán A. M., Zapata, M. A. 2006. Investigación en la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas (Proyecto Piloto). Informe Final Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La selva. 54p. Rio Negro. Antioquia.
- Jones, Jr. J. B. 1999. Tomato plant cultura.Ed. CRC Press.Florida, USA. 199pp.
- Kemp, G. A. 1968. Low temperature growth responses of the tomato. Canadian journal of plant Science 48: 281-286.
- Kinet, J. M. 1977. Efecto de light conditions on the development of the inflorescence in tomato Sci. Hort. 6:15-26.
- Lara H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate hidroponía Terra. 17(3). Pp221-229.
- Miranda, I. G. 2000. Efecto de tres volúmenes de agua en la productividad y calidad del tomate bola. Bajo condiciones de invernadero.
- Nuez Fernando. 2001. EL CULTIVO DEL TOMATE. EDICIONES MUNDI PRENSA, PRIMERA EDICION, 2001 PP.
- Nuez. F, 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona España, pp. 15-776.
- Nuño, R. 2007. Manual de la producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, baja california. (En línea)
- Ojo de agua, 2007. Estrés salino y comparación de dos sistemas de producción sobre el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivada en invernadero. Colegio de postgrados, Montecillo, estado de México. 105 p.

- Pastor S.N.J 2000. Utilización de sustratos en viveros. Revista Terra 17:3-231. Universidad de Lleida. Dep de horticultura. España.
- Pérez, G, M.; Márquez, S. F. y Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas, universidad autónoma Chapingo, Chapingo, México 380 p.
- Pérez, M. y Castro, B. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Boletín de divulgación 3. Departamento de fitotecnia, U. A. Chapingo.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos hidropónicos. 4 edición. Editorial mundi-prensa. España.
- Rick, C. M. 1987. Genetic resources in lycopersicon In: nevin, D. J., Jones, R, A. tomato biotechnology. Alan R. Liss, New York. Vol 4: 17-26
- Rodríguez, del R. A. 2001. Manejo del cultivo extensivo para industria, p. 255-309. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del Tomate. Editorial Mundi-prensa México.
- Samperio, R. G. 1999. Hidroponía básica. El cultivo fácil y rentable de las plantas sin tierra. Pp. 35, 38 y 45.
- San Martín Hernández Cesar. 2012. CALIDAD DE TOMATE (*solanum lycopersicum* L.) PRODUCIDO EN HIDROPINIA CON DIFERENTES GRANULOMETRÍAS DE TEZONTLE. Agrociencia, volumen 46, numero 3. 1 de abril- 15 de mayo, 2012, pp. 243-245.
- Serrano, C. Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Editorial Aedos. Imprenta Juvenil S.A. Barcelona, España.
- Steiner A.A 1961. A universal Method for preparing nutrient solutions of certain desired composition. Plant soil. 15: 134-154.

Steiner A.A. 1984. The Universal Nutrient Solution. En proc 6<sup>th</sup> Int. cong. Soilles Cult. Pp. 633-649.

Steiner A.A. 1996. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. Plantsoil. 24: 434-466.

Tiscornia J. R. 1989. Hortalizas de fruto. Tomate, pimiento, pepino y otras. Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. Pp 7-9.

Valadez L. A. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México D.F. Pp 198-22.

Van Haeff, J. M. 1983. Manual para la educación agropecuaria. Tomate. Tercera impresión. Editorial trillas, México, D.F. pp. 11-16.



## APENDICE

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	1.369	1.369	0.360	0.656 SN
<b>Bloques</b>	1	2.528	2.528	0.665	0.565 SN
<b>Error</b>	1	3.803	3.803		
<b>Total</b>	3	7.699			

Cuadro 1. Análisis de varianza para peso del fruto en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014.

C.V= 28.95

Media= 6.735

Tratamiento	Media
1	6.150
2	7.320

Cuadro 2. Análisis de varianza para diámetro polar en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.181	0.181	1.820	0.406 SN
<b>Bloques</b>	1	0.018	0.018	0.184	0.742 SN
<b>Error</b>	1	0.099	0.099		
<b>Total</b>	3	0.298			

C.V.= 5.347

Media= 5.872

Tratamiento	Media
1	5.660
2	6.085

Cuadro 3. Analisis de varianza para diametro ecuatorial en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles en UAAAN-UL. 2014

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.360	0.360	0.676	0.562 SN
<b>Bloques</b>	1	0.176	0.176	0.331	0.668 SN
<b>Error</b>	1	0.533	0.533		
<b>Total</b>	3				

C.V.= 15.852

Media= 4.605

Tratamiento	Media
1	4.305
2	4.905

Cuadro 4. Analisis de varianza para grosor de pulpa en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.002	0.002	81.000	0.070
<b>Bloques</b>	1	0.002	0.002	81.000	0.070
<b>Error</b>	1	0.000	0.000		
<b>Total</b>	3	0.004			

Tratamiento	Media
1	0.775
2	0.820

Cuadro 5. Analisis de varianza para número de lóculos en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles. UAAAN-UL. 2014

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.002	0.002	0.207	0.728
<b>Bloques</b>	1	0.000	0.000	0.033	0.886
<b>Error</b>	1	0.012	0.012		
<b>Total</b>	3	0.015			

C.V.= 4.866

Media= 2.24

Tratamiento	Media
1	2.265

2	2.215
---	-------

Cuadro 6. Análisis de varianza para grados brix en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.029	0.029	4.516	0.280
<b>Bloques</b>	1	0.608	0.608	95.063	0.065
<b>Error</b>	1	0.006	0.006		
<b>Total</b>	3	0.644			

C.V.= 2.248

Media= 3.425

Tratamiento	Media
1	3.510
2	3.340

Cuadro 7. Análisis de varianza para rendimiento por hectárea por tonelada en los sustratos evaluados para la variedad Aquiles UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	94.488	94.488	0.357	0.657
<b>Bloques</b>	1	176.106	176.106	0.666	0.564
<b>Error</b>	1	264.469	264.469		
<b>Total</b>	3	535.063			

C.V.= 28.967

Media= 56.139

tratamientos	Media
1	51.279
2	61.000

Cuadro 8. Análisis de varianza para peso del fruto en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.053	0.053	0.014	0.924
<b>Bloques</b>	1	1.392	1.392	0.378	0.649
<b>Error</b>	1	3.686	3.686		
<b>Total</b>	3	5.132			

C.V.= 26.233

Media= 7.315

tratamientos	media
1	7.430

2	7.200
---	-------

Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro polar en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.189	0.189	10.383	0.192
<b>Bloques</b>	1	0.006	0.006	0.309	0.677
<b>Error</b>	1	0.018	0.018		
<b>Total</b>	3	0.213			

C.V.= 2.293

Media= 5.8425

Tratamiento	Media
1	6.060
2	5.625

Cuadro 10. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.002	0.002	0.033	0.868
<b>Bloques</b>	1	0.017	0.017	0.349	0.660
<b>Error</b>	1	0.048	0.048		
<b>Total</b>	3	0.067			

C.V.= 5.028

Media= 4.355

Tratamientos	Media
1	4.375
2	4.335

Cuadro 11. Análisis de varianza para grosor de pulpa en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig</b>
<b>Tratamientos</b>	1	0.003	0.003	13.444	0.170
<b>Bloques</b>	1	0.000	0.000	1.000	0.500
<b>Error</b>	1	0.000	0.000		

<b>Total</b>	3	0.003
--------------	---	-------

Tratamientos	Media
1	0.795
2	0.740

Cuadro 12. Análisis de varianza para número de lóculos en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
<b>Tratamientos</b>	1	0.044	0.044	1.103	0.484
<b>Bloques</b>	1	0.090	0.090	2.250	0.374
<b>Error</b>	1	0.040	0.040		
<b>Total</b>	3	0.174			

C.V.= 8.639

Media= 2.315

Tratamiento	Media
1	2.210
2	2.420

Cuadro 13. Análisis de varianza para grados brix en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
<b>Tratamientos</b>	1	0.250	0.250	2.441	0.362
<b>Bloques</b>	1	0.090	0.090	0.879	0.521
<b>Error</b>	1	0.102	0.102		
<b>Total</b>	3	0.442			

C.V.= 9.088

Media= 3.51

Tratamiento	Media
1	3.760
2	3.260

Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento por tonelada por hectárea en los sustratos evaluados en la variedad Moctezuma UAAAN-UL. 2014.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
<b>Tratamientos</b>	1	3.818	3.818	0.015	0.923
<b>Bloques</b>	1	97.259	97.259	0.380	0.648
<b>Error</b>	1	255.872	255.872		
<b>Total</b>	3	356.949			

C.V.= 26.241

Media= 60.956

Tratamiento	Media
1	61.933
2	59.979