

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Respuesta del tomate Cherry a diferentes sustratos orgánicos y  
frecuencia de riego.**

**Por:**

**MICAELA MARCELINO ROQUE**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

RESPUESTA DEL TOMATE CHERRY A DIFERENTES SUSTRATOS  
ORGANICOS Y FRECUENCIA DE RIEGO.

POR:

MICAELA MARCELINO ROQUE

TESIS

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

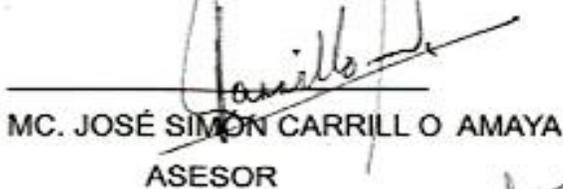
REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESORES:



Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ  
ASESOR PRINCIPAL



MC. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ  
ASESOR EXTERNO



MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA  
ASESOR



Dr. MARIO GARCÍA CARRILLO  
ASESOR



Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
Torreón, Coahuila, México.



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas  
Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. MICAELA MARCELINO ROQUE, QUE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:



Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ  
PRESIDENTE



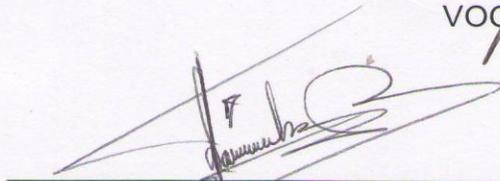
MC. CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ  
VOCAL



MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA  
VOCAL



Dr. MARIO GARCÍA CARRILLO  
VOCAL SUPLENTE



Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Torreón, Coahuila, México.

Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas  
Diciembre 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme el privilegio de vivir y las fuerzas para vencer los obstáculos que se me presentan, por ser la paz y el aliento espiritual; con que puedo salir adelante, así mismo por que me concedió y me concederá la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar y por que me dio la oportunidad de culminar una etapa mas de mi vida.

A la universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por darme la oportunidad de seguir estudiando para ejercer una carrera profesional y por todos los momentos vividos en ésta institución, cuatros años de trayectoria estudiantil adquiriendo conocimientos y experiencias, para lograr la superación profesional.

Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez por la asesoría brindada en la realización de éste trabajo de investigación, así como su amistad y conocimientos brindados, mil gracias.

Un agradecimiento especial al MC. César Márquez Quiroz por la ayudada brindada durante el desarrollo del trabajo en campo y por la contribución a la realización de éste trabajo de investigación. Así como el Dr. Mario García Carrillo y al M.C. José Simón Carrillo Amaya por la asesoría brindada en la realización del presente trabajo.

## DEDICATORIAS

A mis Padres:

Lázaro Marcelino Secundino y Aurelia Roque Simón

Por haber puesto su confianza, fe y esperanza en mí, para lograr mi formación profesional y por su inalcanzable lucha y dedicación para sacar adelante a cada uno de sus hijos, por ser mi fuente de inspiración y enseñarme a no darme nunca por vencida. Gracias los quiero mucho.

A mis Hermanos:

Bonfilio Marcelino Roque

Gracias por ser como mi segundo papá, por preocuparte por mi, por tu esfuerzo para que yo pudiera realizar mis estudios profesionales que forjaron en mi una superación como profesionista, gracias hermano.

Tomasa Marcelino Roque

Nicolasa Marcelino Roque

Lucía Marcelino Roque

Justina Marcelino Roque

Valentín Marcelino Roque

Inoel Marcelino Roque

Por su comprensión y apoyo moral que me han brindado en todo momento de mi carrera y por su interés en ver en mí el profesionista que a base de lucha, esfuerzo y

ayuda hoy lo he logrado. Gracias por inspirarme a seguir adelante a no darme por vencida y por inculcarme que lo importante no es llegar si no mantenerse.

A mi novio

Domingo Díaz Peñate

Por dejarme compartir su tiempo, por su amor, apoyo, comprensión y sobre todo por inducirme a no darme por vencida y por enseñarme que cuando se quiere se puede, mil gracias. TE AMO.

A mi cuñada

Zeferina Cecilio Roque

A mis sobrinos

Victorio, Suleyma, Yoeni, Alexander, Rosicel, Magdiel, Jaime, Héctor, Martin y Lizeth.

Por compartir conmigo su ternura y tantos momentos de felicidad.

A mis amigos

Maribel Liliana Cruz segundo y a Amelio Eli morales morales

Por permitirme ser parte de su vida durante los cuatro años que estuve en la universidad, por su apoyo, consejo, anécdotas, por todos los momentos felices que pasamos y por apoyarme en las buenas y en las malas, muchas gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Resumen .....</b>	<b>xii</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.- Objetivo .....	3
1.2.- Hipótesis.....	3
<b>II.- REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1.- Agricultura Protegida .....	4
2.1.1.- Ventajas de la Agricultura Protegida.....	4
2.1.2.- Factores que Inciden en el Crecimiento de la Agricultura Protegida .....	5
2.1.3.- Desarrollo de la Agricultura Protegida en México .....	6
2.1.4.- Estructuras de Invernaderos .....	7
2.2.- Agricultura Orgánica.....	9
2.2.1 Ventajas de la Agricultura Orgánica .....	11
2.2.2.- Sustratos Usados en la Agricultura Orgánica .....	12
2.2.3.- Tipos de Sustratos Inertes Comúnmente Usados en la Agricultura.....	13
2.2.5.- Propiedades Químicas de los Sustratos Usados en la Agricultura .....	17
2.2.6.- Trabajos Realizados con Sustratos Inertes y Orgánicos .....	18
2.3.- Importancia del Cultivo del Tomate.....	19
2.3.1.- Antecedentes del Tomate Tipo Cherry.....	20
2.3.2.- Factores ambientales que afectan la productividad del cultivo.....	22
2.4.- Importancia del Manejo del Riego en el Invernadero .....	25
2.4.1.- Manejo de Riego en Sustratos .....	26
<b>III.- MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1.- Localización Geográfica de la Comarca Lagunera.....	28
3.2.- Localización Geográfica del Área Experimental .....	28
3.3.- Establecimiento del Experimento .....	29
3.4.- Diseño Experimental .....	29
3.5.- Siembra .....	32
3.6.- Trasplante.....	32
3.7.- Labores Culturales durante el desarrollo del tomate .....	33
3.8.- Plagas y Enfermedades .....	34
3.9.- Cosecha .....	35
3.10.- Variables Evaluadas .....	35
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1.- Altura de Planta .....	38
4.2.- Rendimiento .....	40
4.3.- Peso Promedio del Fruto.....	42
4.4.- Diámetro Polar .....	42
4.5.- Diámetro Ecuatorial.....	43
4.6.- Contenido de Sólidos Solubles.....	43
4.7.- Espesor de Pulpa .....	44

4.8.- Número de Lóculos ..... 44  
**V.- CONCLUSIONES..... 45**  
**VI.- LITERATURA CITADA..... 46**  
**VII. APÉNDICE ..... 52**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Crecimiento anual de la agricultura protegida en México. ....	7
---	---

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1: niveles óptimos de las características Físicas de los sustratos. ....	18
Cuadro 2.2 Principales características químicas de los sustratos.....	18
Cuadro 2.3: Producción mundial del tomate para consumo en fresco (ton.). ....	21
Cuadro 2.4: Principales estados productores de tomate rojo en México (ton). ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Cuadro 2.5: Principales variedades de tomate cherry en México.....	23
Cuadro 2.6: Producción de tomate cherry en México (ton). .....	23
Cuadro 3.1: Analisis químico de la arena, compost, vermicompost y té de vermicompost .2011.....	31
Cuadro 4.1: Ecuaciones de regresión de la variable altura de la planta de tomate Cherry.....	38
Cuadro 4.2: Valores promedios y diferencia estadística de las variables evaluadas en el tomate Cherry desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones protegidas, 2011.....	<b>¡E rror! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1A: Cuadros medios y significancia para la variable rendimiento del tomate Cherry evaluado bajo condiciones de agricultura protegida. ....	52
Cuadro 2A: Cuadros medios y significancia para la variable Número de frutos del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegida. ....	52
Cuadro 3A: Cuadros medios y significancia para la variable promedio del tomate Cherry, evaluado bajo condiciones protegida. ....	53
Cuadro 4A: Cuadros medios y significancia para la variable diametro polar del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas. ....	53
Cuadro 5A: Cuadros medios y significancia para la variable diametro ecuatorial del tomate cherry, evaluado en condiciones protegidas.....	54
Cuadro 6A: Cuadros medios y significancia para la variable sólidos solubles del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas. ....	54
Cuadro 7A: Cuadros medios y significancia para la variable espesor de pulpa del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas. ....	55
Cuadro 8A: Cuadros medios y significancia para la variable número de lóculos del tomate Cherry en condiciones protegidas.....	55

## Resumen

El trabajo se realizó en el ciclo Primavera-Verano de 2011 en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los tratamientos en estudio fueron combinaciones de sustratos orgánicos con frecuencias de riego. El material vegetal utilizado fue un genotipo de tomate Cherry - semidomesticado. La siembra se realizó el 6 de marzo de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss, el trasplante de las plántulas fue el día 9 de Abril de 2011 en forma manual, las cuales fueron establecidas en bolsas de polietileno de color negro, se acomodaron a doble hilera, con arreglo a “tresbolillo” y con una separación de 1.6 m entre hileras y un espaciamiento de 30 cm entre macetas, para una densidad de 4 plantas•m<sup>-2</sup>. El riego fue realizado manualmente, aplicando 1.4 L•maceta<sup>-1</sup>, en las diferentes frecuencias de riego. Los tratamientos fueron establecidos bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con nueve tratamientos, cuatro repeticiones y un genotipo de tomate Cherry, considerando a la parcela grande las frecuencias de riegos (riego diario, riego cada dos días y riego cada tres días) y la parcela chica los tipos de sustratos cuyas composiciones fueron: S1 = mezcla de arena: compost (A:C; 1:1, v:v) + Té de vermicompost (TVC), aplicando 1 L•maceta<sup>-1</sup>); S2 = mezcla arena: vermicompost (A:VC;1:1, v:v) + TVC (aplicando 1 L•maceta<sup>-1</sup>); y S3 = mezcla arena:C:VC (A:C:VC; 2:1:1, v:v:v) + TVC (aplicando 1 L•maceta<sup>-1</sup>). Las variables estudiadas fueron: número de frutos por planta, peso promedio de frutos por planta, diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial del fruto,

espesor de pulpa del fruto, número de lóculos, sólidos solubles del fruto y rendimiento total. Los análisis de varianza (ANDEVA) indicaron que el uso de abonos orgánicos mezclados con arena presentaron incrementos significativos sobre el rendimiento. El T7 (riego cada tres días en mezclas de arena + compost) presentó el mayor número de frutos (97), mientras que el T2 (riego diario en mezcla arena + vermicompost) presentó el menor valor (31). Las variables peso promedio del fruto, diámetro polar, espesor de pulpa, número de lóculos y rendimiento, tuvieron diferencias significativas en el T7 en comparación con el resto de las demás variables; mientras que las variables; diámetro ecuatorial, número de lóculos y sólidos solubles mostraron diferencias significativas en el T6.

**Palabras clave:** agricultura orgánica, compost, *Eisenia fétida*, vermicompost, frecuencia de riego.

## I.- INTRODUCCIÓN

En México, el tomate o jitomate (*Solanum lycopersicon* L. var. *ceraciforme*) (Peralta *et al.*, 2005), es la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum* L.) su importancia radica en que posee cualidades muy especiales para adecuarse a la dieta alimenticia, ya sea para consumo en fresco o procesado, ya que representa una rica fuente de sales minerales y de vitaminas A y C principalmente, además de utilizarse en la industria cosmética, farmacéutica y ornamental (Oeidrus, 2008).

El tomate 'Cherry' cultivado orgánicamente en invernadero produce un rendimiento de campo 16 veces superior cuando se emplean sustratos de compost mezclada con medios inertes (Márquez *et al.*, 2006). Estos autores mencionan también que el cultivo de tomate requiere de ciertas condiciones y medios para lograr su desarrollo y el aumento de la producción. Entre los abonos orgánicos (Tuzel *et al.*, 2003), está el vermicompost, el cual de acuerdo a diferentes evidencias puede satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjares *et al.*, 1999).

El vermicompost se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero, debido a que este abono no contamina el ambiente (Urrestarazu *et al.*, 2001). Además, contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, el drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000).

Según Raviv *et al.* (2004), el compost se usa como sustrato debido a su bajo costo, adicionalmente sustituye al musgo y suprime varias enfermedades presentes en el suelo. Moreno-Reséndez *et al.* (2005) determinaron que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicompost y arena como sustrato, utilizando diferentes láminas de riego. La aplicación de agua a través del fertirriego en invernadero se basa en programas de riego fijo a diferentes frecuencias durante el día (Ouma, 2007) y en distintos sustratos (Levy *et al.*, 2003), mediante equipos automatizados de fertirriego o manualmente (Radin *et al.*, 2004).

El riego es uno de los factores de producción que más influyen sobre el resultado del cultivo del tomate, tanto en lo que se refiere a la cantidad de cosecha obtenida, como a su calidad (Rudich y Luchinsky, 1986). Por lo tanto, la programación de riegos implica determinar la frecuencia de los riegos y la cantidad de agua a aplicar en cada

uno de ellos (Castilla-Prados, 2004). El riego localizado presenta numerosas ventajas con respecto al sistema de riego tradicional en relación con la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua. Sin embargo, en los últimos años 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, es decir, que ofrece 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 agua de riego determinados para unas condiciones ambientales definidas (Cadahía, 2000), por lo antes mencionado el presente trabajo tiene el siguiente objetivo:

### **1.1.- Objetivo**

Evaluar el rendimiento de tomate Cherry en condiciones de agricultura protegida con diferentes sustratos orgánicos y frecuencias de riego.

### **1.2.- Hipótesis**

Al menos un tipo de sustrato y frecuencia de riego inducirán rendimientos estadísticamente superiores al resto de los tratamientos.

## **II.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1.- Agricultura Protegida**

La agricultura protegida es un sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello un alto rendimiento, ofrece productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. También contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas, empleo y una vida más digna entre la gente del medio rural (Sánchez, 2008).

#### **2.1.1.- Ventajas de la Agricultura Protegida**

La agricultura protegida permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con éxito a plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, frutos más sanos y con un mejor precio en los mercados. Generando, evidentemente, en un mejor ingreso para los productores (FAO-SAGARPA, 2007).

Adicionalmente, las ventajas de la agricultura protegida son significativas en comparación con la explotación en campo abierto, ya que los rendimientos pueden incrementarse de manera gradual, con una mayor seguridad en la inversión realizada. En una agricultura tradicional un productor de tomate llega a producir en promedio 75 toneladas al año con una gran cantidad de agua utilizada y desperdiciada por evaporización e infiltración, en invernadero se llegan a producir entre 150 y 200 toneladas por hectárea aprovechando al máximo el agua, esto, siempre y cuando los productores utilicen la tecnología adecuada y tengan los conocimientos necesarios (FAO-SAGARPA, 2007).

#### 2.1.2.- Factores que Inciden en el Crecimiento de la Agricultura Protegida

Para la FAO-SAGARPA (2007) los factores que influyen en la competitividad y que detienen un crecimiento dinámico del sector invernadero destacan:

- El bajo nivel de la curva de aprendizaje de algunos productores.
- La incertidumbre que generan los supuestos problemas fitosanitarios.
- La alta inversión que implican los invernaderos de media y alta tecnología, dejan a los productores de escasos recursos fuera del mercado de EUA y Canadá.
- Los altos costos de operación de los invernaderos de media y baja tecnología,

para controlar T °C y humedad relativa, al instalarse en climas extremosos, o por mala ubicación, afectan la producción, la calidad y el precio.

- La escala de producción de los invernaderos de baja tecnología.
- Los problemas que acarrearán el diseño y la fuerte dependencia que se observa de los proveedores.

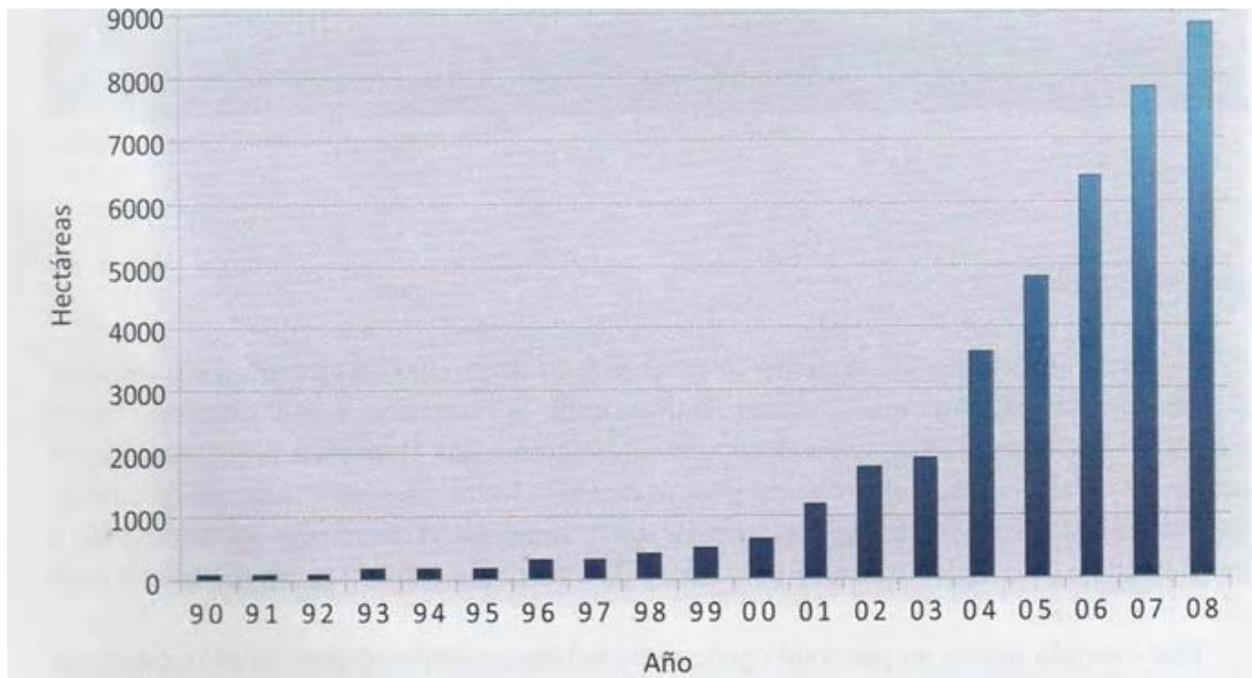
### 2.1.3.- Desarrollo de la Agricultura Protegida en México.

En México la agricultura protegida se ha venido desarrollando bajo condiciones muy heterogéneas, desde costosos invernaderos de vidrio, con inversiones muy elevadas, que superan los 100 US\$ m<sup>-2</sup>, hasta económicas instalaciones como las denominadas “casas sombras” con costos de 4 a 7 US\$ m<sup>-2</sup>. En una encuesta con una serie de actores de la horticultura protegida en México, se estimó que la superficie de invernaderos, incluidas las casas sombras, asciende a 8,934 ha, superficie estimada al mes de Junio de 2008 (Castellanos y Borbón, 2009).

Las primeras instalaciones comerciales de invernaderos se iniciaron en 1990, sin embargo, fue hasta el año 2006 que se dio el franco crecimiento de esta industria. Las mayores tasas de crecimiento se dieron durante 2004 y 2005, y fueron cercanas al 20 %, como se muestra en la figura 2.1 (Cook, 2007).

#### 2.1.4.- Estructuras de Invernaderos

Actualmente, existe una gran diversidad de estructuras de invernaderos en el mercado. En el negocio de la agricultura protegida, el agricultor persigue una mayor rentabilidad, por lo que la estructura adecuada debe ser el resultado del balance entre la disponibilidad de capital, los requerimientos técnicos de los cultivos y los costos de las estructuras. Algunos requerimientos, como la calefacción en climas fríos, se llegan a contraponer con la rentabilidad (Sánchez, 2008).



**Figura 2.1:** Crecimiento anual de la agricultura protegida en México. Fuente: Cook, 2007).

En México, debido a la diversidad de climas que se presentan en las diferentes regiones geográficas que constituyen a este país, se demandan invernaderos que den respuesta a soluciones específicas. El diseño de estas estructuras debe responder a varias interrogantes tales como el clima, el tipo de cubierta, la altura y el volumen de la instalación, el área de ventilación y el tipo de cultivo. El equipamiento contempla también: cisterna, cabezal y sistemas de riegos, calefacción y enfriamiento (Sánchez, 2008).

Es importante destacar que el uso de infraestructura moderna está ampliando las ventanas de producción, esta infraestructura incluye los denominados invernaderos híbridos, que consisten en invernaderos cubiertos con mallas y techos de plástico retractiles que pueden destaparse provisionalmente mediante mecanismos manuales o automáticos, dejando la malla como protección para evitar el ingreso de insectos. Estos techos de plástico se vuelven a recorrer para cubrir el invernadero cuando hay riesgo de lluvia o en noches frías (Sánchez, 2008).

Los invernaderos bien diseñados ofrecen control sobre: heladas y bajas temperaturas, insolación y altas temperaturas, velocidad del viento, varias especies de plagas, excesos de humedad en el suelo, enfermedades y daños causados por estas condiciones, los insectos vectores de enfermedades, daños mecánicos por viento y granizo, déficit y exceso de humedad relativa, manejo de la concentración de dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) y cantidad, calidad, difusión y duración de la luz (Acuña, 2009).

## **2.2.- Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica proscrib el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad (Pérez y Landeros, 2009). Espinoza *et al.* (2007) Señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta, no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa.

Gómez *et al.* (2008) mencionan que la agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los riesgos de la agricultura convencional o moderna. Por otro lado, Félix *et al.* (2008) mencionan que la agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, el mercado, el desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus,

mediante un proceso de descomposición bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos.

Por su parte, Nahed *et al.*, (2009) describen que la agricultura orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería. En términos generales se describe el impacto de carácter ambiental así como la preocupación del hombre sobre la calidad de alimentos que consume, como resultados de la actividad agrícola convencional, lo cual ha dado pie a la implementación de sistemas de producción agrícolas ambientalmente amigables, cuya denominación genérica es agricultura orgánica (Moreno *et al.*, 2009).

A manera de complemento la agricultura orgánica se define como aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mejoran la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la unidad de producción al uso de insumos externos a ésta, toma en cuenta las condiciones regionales que requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales, lo que se logra al utilizar en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Tourat, 2000).

### 2.2.1 Ventajas de la Agricultura Orgánica

La utilización racional de abonos orgánicos tienen gran importancia para construir una fuente de nutrimentos para los cultivos (Cruz, 1982). Aplicando abonos orgánicos a los cultivos se obtienen respuestas favorables en el rendimiento de las cosechas (Trinidad, 1987). De acuerdo con Quintero (2000) Algunas de las principales ventajas de la agricultura orgánica se describen a continuación:

- El suelo en que se practique este tipo de agricultura será beneficiado ya que su proceso de producción no es tan desgastante como el de la agricultura tradicional o intensiva, es decir, se reduce drásticamente la erosión, la pérdida de elementos nutritivos y la compactación
- Se utilizan fertilizantes orgánicos, debido a que protegen la salud del ecosistema y la del ser humano.
- Se protege el ciclo hidrológico ya que mediante técnicas sostenibles se logra reducir el uso del recurso hídrico y se minimiza su contaminación
- El sabor de los cultivos que han sido producidos de manera orgánica es mucho más intenso que el de aquéllos que han sido elaborados utilizando otros métodos. Además, consumirlos es mucho más saludable pues no contienen trazas de compuestos químicos que son dañinos para el organismo.

### 2.2.2.- Sustratos Usados en la Agricultura Orgánica

Para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato es un factor fundamental, debido a que contribuye en la calidad de la plántula (Hartman y Kester 2002), estos autores también mencionan que en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época de siembra, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato. Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos sin suelo son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000).

La elección de un sustrato es trascendental, pues esto permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo para el crecimiento de sus raíces; por ello, surge la necesidad de disponer de materiales producidos localmente, estables y de probada calidad e inocuidad, valiéndose para ello de subproductos de la agroindustria local como el aserrín, cascara de cacahuete y lombricompost (Abad y Noguera, 2000).

### 2.2.3.- Tipos de Sustratos Inertes Comúnmente Usados en la Agricultura

**Perlita:** La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico. El material recién sacado se muele y es transformado industrialmente mediante un tratamiento térmico con precalentado a 300 a 400 °C y depositado en hornos a 1,000 °C. A estas temperaturas se evapora el agua contenida en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad, con  $128 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  de densidad. Existen en el mercado diferentes tamaños de partícula, que da lugar a los distintos tipos de perlita, siendo uno de los más comercializados el tipo B-12, que está formado por fracciones medias y gruesas junto con fracciones finas (Cuadrado, 2000).

**Lana de Roca:** La lana de roca se obtiene por la fundición de un 60 % de diabasa, 20 % de piedra caliza y 20 % de carbón coque, que se introduce en un horno a una temperatura de 1,600 °C. La masa fundida pasa por unas ruedas giratorias, de donde sale en forma de fibras de aproximadamente 0.005 mm de grosor. En el proceso se añaden estabilizantes (resina fenólica bakelita) y mojantes. Posteriormente la lana se comprime a una temperatura de 260 °C y adquiere su forma, en donde se corta en tablas, para ser embolsadas con un plástico opaco, generalmente blanco en la cara exterior y embalada (Baixauli, *et al* 2002).

**Tezontle:** Es una roca ígnea de origen volcánico, se origina por el enfriamiento de la lava y está constituida por silicatos de aluminio además de bióxido de hierro; los colores varían de rojo a naranja, gris y negro (Raviv *et al.*, 2002).

El tezontle se somete a un proceso industrial de trituración para obtener la granulometría adecuada, se usa la fricción hasta que adquiere una forma redonda de 2 a 50 mm. La textura es porosa por lo que es un material ligero, poco resistente, ofrece buen drenaje y casi no aporta elementos nutritivos, guarda el calor, no es permeable ni aislante (Raviv *et al.*, 2002).

**Turba:** Es el conjunto de materias orgánicas producidas por la descomposición lenta de vegetales en zonas con excesos de humedad y deficiente oxigenación. Como consecuencia de estas condiciones, las materias orgánicas solo se han descompuesto parcialmente; de ahí su aspecto fibroso característico y específico de cada tipo de turba, de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. Se clasifican en turbas rubias y turbas negras, las turbas rubias tienen menor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas, mientras que las turbas negras están mineralizadas y tienen un contenido mayor de materia orgánica (Terrés *et al.*, 2001).

**Arena:** La arena es un material natural inerte, que se emplea en la confección de mezclas para sustratos artificiales. La que proporciona mejores resultados es la arena

de río la cual tiene las siguientes características: la granulometría adecuada está entre 0.5 y 2 mm de diámetro, la densidad aparente similar a la de la grava, capacidad de retención de agua media (20 % del peso y mas 35 % del volumen); con el tiempo y la compactación disminuye su capacidad de aireación y tiene CIC nula (Urrestarazu, 2000).

**Fibra de Coco:** Es un material vegetal procedente de los desechos de la industria del coco, tras la extracción de las fibras más largas del mesocarpo, que son utilizadas para la fabricación de cuerdas, cepillos, etc., se aprovechan las fibras cortas y el polvo de tejido medular en proporciones variables como sustrato (Noguera, 1997). La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93 %. Además, presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireada. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad *et al.*, 1997).

**Vemicompost:** Este material es el resultado de la transformación de sustancias orgánicas por algunas lombrices de la tierra, al pasar este material por su intestino, mezclándose con elementos minerales, microorganismos y fermentos que inducen la transformación bioquímica de dicho material. El producto de estas deyecciones queda así enriquecido y pre digerido, con lo que se acelera la mineralización de las sustancias orgánicas que lo componen (Labrador *et al.*, 1993).

A demás el vermicompost permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjares *et al.*, 1999). Se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Urrestarazu *et al.*, 2001). Contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad la cual facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000).

**Compost:** Según Raviv *et al.* (2004), los compost se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo. De los principales elementos nutritivos presentes en el compost, de 70-80 % de fósforo y de 80 a 90 % de potasio están disponibles el primer año, mientras que el nitrógeno (N), todo es orgánico, es decir, debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas, no obstante, en el primer año, sólo se mineraliza el 11 %, generándose una deficiencia de este elemento, si no es suplido apropiadamente (Heeb *et al.*, 2005; Rosen y Bierman, 2005).

#### 2.2.4.- Propiedades Físicas de los Sustratos usados en la agricultura

La caracterización física del sustratos estudia la disminución volumétrica del material sólido, agua y aire, así como su variación en función del potencial matricial

Burés (1998). Además el sustrato está formado por un esqueleto sólido que conforma un espacio de poros y éstos pueden estar llenos con agua/aire. Las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de tamaños de las partículas que constituyen a un material e indica la proporción en que las partículas se mezclan, en el cuadro 2.1, se muestra las características físicas de los sustratos (Ansorena, 1994).

#### 2.2.5.- Propiedades Químicas de los Sustratos Usados en la Agricultura

Las propiedades químicas se derivan de la descomposición elemental de los materiales y caracterizan la transferencia de materia entre el sustrato y la solución del mismo (Burés, 1997). La reactividad de los sustratos son el conjunto de reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales, la interacción de las cargas electrostáticas en la superficie del material dan lugar a las reacciones de intercambio de iones y reacciones de biodegradación de la materia orgánica, en el cuadro 2.2 Se muestran las principales características químicas de los sustratos (Burés, 1997).

**Cuadro 2.1.** Características Físicas de los sustratos.

Parámetro	Rango
Tamaño de partícula, mm.	0.25-2.5
Densidad aparente (g•cm <sup>3</sup> )	<0.4
Densidad real (g•cm <sup>3</sup> )	1.45-2.65
Espacio poroso total (% vol.)	>85
Capacidad de aireación (% vol.)	10-30
Agua fácilmente disponible (% vol.)	20-30
Agua de reserva (% vol.)	4-10
Agua total disponible (% vol.)	24-40
Capacidad de retención de agua ml	550-770

Fuente: Abad *et al.* (1993).**Cuadro 2.2.** características químicas de los sustratos.

Parámetro	Rangos
PH	5.5-7.0
Conductividad Eléctrica	1.0-5.5
Nitrógeno Amoniacal	0-20
Nitrógeno Nítrico	2.3-45.2
Fosforo	>1.3
Potasio	>21
Calcio	>30
Magnesio	>10
Sodio	<69
Cloro	<89
Cenizas	<20
Materia orgánica	>80
Relación carbono/nitrógeno	20-40
Capacidad de Intercambio Catiónico	>20

Fuente: Abad *et al.* (1993).

#### 2.2.6.- Trabajos Realizados con Sustratos Inertes y Orgánicos

Gómez *et al.* (2008), mencionan que entre las producciones orgánicas los cultivos hortícolas son preferidos por los productores por obtener altos rendimientos durante casi todo el año; Gómez *et al.* (2001), señalan que las hortalizas orgánicas

representan un grupo importante de cultivos en el consumo de la población, dado el daño que los alimentos con residuos de agroquímicos están provocando en la salud humana, pues la mayoría se consumen en forma fresca.

Moreno *et al.* (2005), determinaron que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicompost y arena obteniendo el mismo rendimiento que al emplear arena con solución nutritiva. Por su parte Márquez *et al.* (2008), mencionan que al producir tomate orgánico en invernadero se superó en 9.14 veces los rendimientos obtenidos en campo; mientras Rodríguez *et al.* (2007) mencionan al vermicompost como fuente importante de nutrimentos para utilizarse en el sistema de producción orgánico. Finalmente, Márquez *et al.* (2006), señalan que se obtiene un mayor rendimiento respecto a lo obtenido en producciones de tomate Cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos, al emplear mezclas de vermicompost al 50% más arena y vermicompost con perlita al 25, 37 y 50% con una media de  $48.507 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### 2.3.- Importancia del Cultivo del Tomate

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. Esta hortaliza es cultivada 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  $36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (SIACON, 2008).

La producción de tomate en el 2008 fue de 2.3 millones de toneladas, lo que representó un decremento del 4.1 % respecto al 2007 y un 11.2 % con respecto al 2006. En el periodo comprendido entre el 2002 y el 2008, la producción presentó una tasa media anual de crecimiento (TMAC) del 2.6 %. Para el 2009 se estimó un crecimiento de 2.7 % en la producción, ubicándola en 2.4 millones de toneladas, en el cuadro 2.3 se muestran los principales países productores de tomate para consumo en fresco durante el periodo 2006-2010, en el cuadro 2.3 se muestra la producción mundial de tomate para consumo en fresco y en el cuadro 2.4 los principales estados productores de tomate rojo en México (SIACON, 2008).

### 2.3.1.- Antecedentes del Tomate Tipo Cherry

El cultivo de tomate tipo Cherry bajo invernadero se introdujo a España a finales de la década de 1970 destinados para exportación. La característica varietal mas

importante, además del escaso tamaño de los frutos, es su sabor dulce y agradable, La variedad tipo “long life”, de vigor medio, tipo indeterminado (posee siempre en su ápice un meristemo de crecimiento que produce un alargamiento continuado del tallo principal), sin ningún tipo de resistencia o tolerancia a plagas o a enfermedades, cuenta con 2 ó 3 lóculos carpelares, el peso promedio del fruto es de 10 a 30 g (Diez, 2001) y cuenta con buena firmeza de fruto; el tiempo que transcurre desde la plantación hasta la primera recolección es de aproximadamente 60 a 180 días, en el cuadro 2.5 se muestran las principales variedades de tomate Cherry en México (Burgueño, 2001).

**Cuadro 2.3.** Producción mundial del tomate para consumo en fresco (t.), durante el 2006-2009.

Zona de producción	Año				
	2006	2007	2008	2009	2010
Unión Europea					
Italia	4,400	4,600	4,800	5,747	5,080
España	1,580	1,750	1,730	2,700	2,350
Portugal	900	1,030	1,000	1,242	1,280
Región Mediterránea					
Turquía	1,450	1,650	2,700	1,800	1,280
Irán	1,800	2,100	1,850	2,400	1,400
Norte América					
California	9,072	10,950	10,720	12,073	11,155
Canadá		563	560	495	466
Asia					
China	4,300	4,600	6,400	8,655	6,210
Hemisferio Norte					
Brasil	1,160	1,291	1,200	1,150	1,796
Chile	619	670	510	619	708
Argentina	290	340	350	450	390
Tailandia	260	260	260	260	260
Hemisferio sur	3,184	3,339	3,017	3,329	4,106
Producción mundial	30,463	33,802	36,208	42,507	37,399

Fuente: SIACON (2008).

**Cuadro 2.4.** Principales estados productores de tomate rojo en México (t).

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	991,113.1	845,477.18	783,314.03	827,010.94	782,909.5
Baja California	294,076.06	262,457.52	216,000.04	196,388.03	206,257.11
Michoacán	162,476.07	150,730.08	134,177.84	224,897.88	175,702.64
San Luis Potosí	125,122.75	162,052.7	120,120	120,289.4	139,653
Jalisco	109,929.87	117,500.45	87,533.64	141,796.28	122,420.73
Total	2,314,629.9	2,246,246.34	2,093,431.59	2,425,402.77	2,263,201.65

Fuente: SIACON (2009).

### 2.3.2.- Factores ambientales que afectan la productividad del cultivo

#### 2.3.2.1.- Clima

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad, las temperaturas de la noche y el día se deben mantener bajas, de lo contrario, se tendrá una planta raquílica y de floración pobre, como consecuencia de que la energía que proporciona la fotosíntesis es inadecuada para la velocidad de crecimiento. Una planta joven utiliza productos disponibles de la fotosíntesis, en primer lugar; para mantenimiento y crecimiento; segundo, para las raíces y tercero para formar el fruto. A temperatura altas, con relación a los niveles de luminosidad, el cultivar utiliza toda la energía en su mantenimiento y muy poca queda disponible para raíces y frutos (León, 2001).

**Cuadro 2.5.** Principales variedades de tomate Cherry en México.

Variedad	Casa comercial	Resistencias	Años	Tipo
Somna	Nunhems	V,F	Varios	Redondo
Thonino	Z-seeds	V,F,N	4	Red-ovalado
Daterino	Jad Ibérica	V,F,N	2	Redondo
Strombolino	Jad Ibérica	V,F,N	1	Ovalado
Quorum 43035	(SI- ISI-Diamond	V,F,Pst; TSW	4	Ovalado
Minidor	ISI-Diamond	V,F	Varios	Redondo
ISI-43036	ISI-Diamond	V,F	4	Ovalado
Kikko	ISI-Diamond	V,F,Pst; TSW	1	Red-ovalado

Fuente: SIACON-SAGARPA, 2009.

**Cuadro 2.6.** Producción de tomate Cherry en México (t).

Tipos	2004	2005	2006	2007	2008
Cherry	54,592.17	59,106.9	44,479.8	36,017.08	34,846.54
Cherry (orgánico)	683.5	2,797.39	2,908.6	4,060.93	5,119.16

Fuente: SIACON, 2009.

### 2.3.2.2.- Luz

En cuanto a luminosidad, valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la 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 (Infoagro, 2004).

### 2.3.2.3.- Temperatura Dentro el Invernadero

La temperatura de desarrollo para el cultivo de tomate oscila entre 20 a 30 °C durante el día y entre 13 y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30 – 35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos y el desarrollo de la planta en general y del sistema radical en particular. Temperaturas inferiores a 12 – 15 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula.

Las temperaturas óptimas para el tomate son entre 16 y 24 °C durante el día y la noche respectivamente. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Infoagro, 2004). Adicionalmente, la temperatura óptima diaria para que el fruto del tomate obtenga un mejor color rojo debe ser entre los 18 y 24 °C, por el contrario cuando la temperatura pasa de los límites de 26 a 29 °C, se acentúa el amarillamiento del fruto. La maduración puede ser normal con temperatura promedio de 15 °C durante 95 horas en la semana anterior a la cosecha (Casseres, 1984).

#### 2.3.2.4.- Humedad Relativa del invernadero

La humedad relativa óptima oscila entre 60 a 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades y agrietamiento del fruto, además 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 (Infoagro, 2004).

Burgueño (2001), señala que cuando la humedad relativa esta en exceso hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración, hay aborto de flores, aumentan las enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Y cuando es eficiente la humedad existe una deshidratación de los tejidos, hay menor desarrollo vegetativo por cierre de estomas, deficiente fecundación y caída de flores. Además ha establecido que la humedad óptima ambiental para el cultivo de tomate es de 50 % con una mínima de 40 % y una máxima de 60 %.

#### 2.4.- Importancia del Manejo del Riego en el Invernadero

El manejo del riego en el cultivo de tomate es una de las acciones más críticas del proceso de producción. El riego adecuado permite compensar las extracciones de agua y nutrimentos de la planta, controla la acumulación de sales y mantiene un adecuado

nivel de oxígeno en el ambiente radical; además el riego afecta positiva o negativamente el crecimiento, la producción, la condición fitosanitaria de la planta, el uso efectivo de fertilizantes y el consumo de energía (Vázquez *et al.*, 2010).

El riego permite manipular en cierto grado el crecimiento y desarrollo del cultivo, niveles bajos de humedad y/o un ambiente de alta salinidad propician un estrés que afecta el crecimiento, llevando al cultivo a una condición generativa, que a veces es necesaria, mientras que en otras resulta perjudicial. Por otro lado, niveles relativamente altos de humedad y bajos de salinidad pueden conducir a una condición vegetativa (Vázquez *et al.*, 2010). Es importante mencionar que los excesos de humedad no son adecuados, ya que causan pérdidas de elementos nutritivos, disminución de oxígeno, mayor riesgo de enfermedades radicales, problemas de desbalance y mala calidad de la fruta, tales como micro roturas de la piel, rajeteo, falta de firmeza, pudrición apical, entre otros (Salas y Urrestarazu, 2000).

#### 2.4.1.- Manejo de Riego en Sustratos

El manejo del riego en los sustratos se puede realizar de diferentes maneras tomando en cuenta las características respectivas de cada uno de ellos, así como los requerimientos del cultivo (Magán *et al.*, 1999).

De manera particular y pensando en cualquier tipo de sustrato, una estrategia que puede ser muy útil para gestionar el riego en tomate de invernadero, es el dividir el día en cuatro o cinco periodos, con un manejo específico para cada uno de ellos, el definir los periodos dependerá de las condiciones climáticas donde esté localizado el invernadero así como la estación del año (Magán *et al.*, 1999).

Actualmente, hay una gran variedad de sustratos comerciales que se han perfeccionado y adaptado a diversos indicadores de riego, con la ayuda de sensores y sistemas de monitoreo sofisticados que permiten determinar con mayor confiabilidad el momento del riego a través de variables asociadas al estrés hídrico de los cultivos (López *et al.*, 2001).

### **III.- MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.- Localización Geográfica de la Comarca Lagunera**

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste, y los paralelos 25° 05' y 26° y 54' de latitud norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es de 1, 139 m. 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 ha sido de una máxima y mínima de 28 y 11.68 °C, respectivamente, con una temperatura media de 19.98 °C (Schmidt, 1989).

#### **3.2.- Localización Geográfica del Área Experimental**

El experimento se desarrolló durante el ciclo agrícola P-V 2011 en un invernadero ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Palacios (1990) define el clima de la región lagunera como bWhw (f), es decir, muy seco con lluvias en verano. 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 % y finalmente en invierno de un 43.1 % (CENID-RASPA, 2003).

### 3.3.- Establecimiento del Experimento

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de forma semicircular, con cubierta con polietileno calibre 6000 y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, con piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y dos extractores. Con ventanas laterales de 1.20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegidas con malla antiáfido (Malla Plas®).

### 3.4.- Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con nueve tratamientos, cuatro repeticiones y un genotipo de tomate Cherry, considerando a la parcela grande los tipos de riegos (riego diario, riego cada dos días y riego cada tres días) y la parcela chica los tipos de sustratos que se

describen más adelante Previo a la preparación de las mezclas, la arena se lavó y esterilizó con una solución de NaClO 5 %.

El Compost fue comercial (MaxCompost®) y el Vermicompost se preparó a partir de estiércol bovino, durante un periodo de tres meses. Para la elaboración del VC se utilizaron lombrices *Eisenia fetida*. Las características químicas de los materiales empleados para la conformación de los sustratos se presentan en el cuadro 3.1.

El Té de VC (TVC) se elaboró de acuerdo a la metodología de Edwards *et al.* (2010), con ligeras modificaciones para reducir las sales solubles contenidas en el VC sólido, como se describe a continuación: en un recipiente de plástico de 60 L se colocaron 45 L de agua de la llave y se generó turbulencia durante tres horas con una bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology CO LTD®). Por separado, se colocaron 4.5 kg de VC en una bolsa de plástico tipo red y ésta se introdujo en un recipiente de 20 L de capacidad, con agua de la llave, durante 5 min para lavar el exceso de sales. Luego se colocó la bolsa con el VC dentro del recipiente de 60 L de capacidad con agua previamente aireada. Finalmente, se agregaron 40 g de piloncillo como fuente de carbono soluble. La mezcla se fermentó por 24 h con la bomba de aire encendida. Para la dilución del Té de VC se utilizó agua de la llave en relación 1:3, para tener una concentración de 2.5 %, y se acidulo con ácido cítrico ( $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ) 5 ml, grado alimenticio, a razón de  $1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Los sustratos evaluados durante el experimento fueron los siguientes:

- S1 = mezcla de arena + C (1:1, v:v) + Té de VC diluído (1 L•maceta<sup>-1</sup>);
- S2 = mezcla arena + VC (1:1, v:v) + Té de VC diluído (1 L•maceta<sup>-1</sup>); y
- S3 = mezcla arena + C + VC (2:1:1, v:v:v) + Té de VC diluído (1 L•maceta<sup>-1</sup>).

Los tratamientos en estudio se conformaron con la combinación de las frecuencias de riego y los diferentes sustratos, señalados anteriormente (cuadro 3.2).

Una vez hecha la mezcla se procedió al llenado de bolsas de polietileno negro, tipo vivero calibre 50, de 18 L de capacidad, las cuales se colocaron en hileras, a doble fila con arreglo a “tresbolillo “según la mezcla de sustrato que se les adicionó.

**Cuadro 3.1.** Análisis químico de la arena, compost, vermicompost y Té de vermicompost. 2011.

Material	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE (dS•m <sup>-1</sup> )
C	118.3	42.0	614.6	98.0	85.4	3.2	7.79	5.12	4.29	8.5	6.7
VC	48.8	38.7	361.8	258.0	25.5	194.8	3.9	1.45	3.71	8.2	2.4
A	1.6	11.2	102.5	48.0	4.6	0.16	5.78	0.9	4.58	7.5	0.65
TVC	188	16.4	181	410.0	18.9	112.8	2.4	0.52	1.58	8.4	4.2

C = compost; VC = vermicompost; A = arena; TVC = Té de vermicompost

**Cuadro 3.2.** Composición de los tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate en condiciones de invernadero.

Tratamiento	FR	Sustratos
T1	RCD	S1
T2	RCD	S2
T3	RCD	S3
T4	RC2D	S1
T5	RC2D	S2
T6	RC2D	S3
T7	RC3D	S1
T8	RC3D	S2
T9	RC3D	S3

T1 – T9 = Tratamientos; FR = Frecuencia de riego; RCD = riego diario; RC2D = riego cada dos días; RC3D = riego cada tres días; S1 = mezcla de arena + C (1:1, v:v) + Té de VC diluido (1 L•maceta<sup>-1</sup>); S2 = mezcla arena + VC (1:1, v:v) + Té de VC diluido (1 L•maceta<sup>-1</sup>); S3 = mezcla arena + C + VC (2:1:1, v:v:v) + Té de VC diluido (1 L•maceta<sup>-1</sup>).

### 3.5.- Siembra

La siembra se realizó el 6 de marzo de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier<sup>®</sup>). Se utilizaron semillas de tomate Cherry - semidomesticado, de crecimiento indeterminado provenientes de la casa comercial Harris Moran (<sup>®</sup>), el cual fue trasplantado en el ciclo primavera verano 2011, a los 35 días después de ser sembrado.

### 3.6.- Trasplante

El trasplante se llevo a cabo el día 9 de abril en forma manual, colocando una planta por maceta, las macetas se acomodaron a doble hilera con arreglo en “tresbolillo”, con una separación de 1.6 m entre hileras y un espaciamiento de 30 cm entre macetas, para una densidad de 4 plantas•m<sup>-2</sup>.

Un día antes del trasplante se aplicó el lavado al sustrato contenido en cada maceta, para lixiviar sales. El agua de riego presentó una CE de  $1.05 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , con una relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18, pH 7.7 y se clasificó como  $C_1S_1$ , de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Ayers y Westcot, 1994).

Según la etapa fenológica del cultivo se aplicaron de  $0.5$  a  $1.5 \text{ L}\cdot\text{maceta}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , distribuidos en dos riegos. El primer riego se realizó entre las 9:00 y las 10:00 h, en el cual se aplicó la fertilización con Té de VC diluido ( $1 \text{ L}\cdot\text{maceta}^{-1}$ ), y el segundo riego se efectuó entre las 13:00 y las 14:00 h, en el cual se aplicó solamente agua de la llave ( $0.5 \text{ L}\cdot\text{maceta}^{-1}$ ). A partir del día 52 después del trasplante se aplicó diariamente un riego complementario de  $0.5 \text{ L}$  a las plantas de los tratamientos riego cada dos y riego cada tres días, debido a que las plantas demandaban mayor contenido de humedad, por las altas temperaturas presentes en ese periodo.

### 3.7.- Labores Culturales durante el desarrollo del tomate

#### 3.7.1.- Tutoreo

Esta actividad se realizó en forma manual, consistió en colocar una rafia por cada planta, el hilo de rafia se sujetó al tallo por debajo de la primera hoja verdadera, se enredó a la planta pasándolo por cada entrenudo hasta el brote terminal, posteriormente se colocó verticalmente, el hilo se amarró en el emparrillado que estaba

en la parte superior del invernadero. Esta práctica se realizó de acuerdo al crecimiento de la planta a lo largo del ciclo del cultivo. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares.

### 3.7.2.- Polinización

Diariamente, entre las 11:00 y las 13:00 h, se realizó la polinización, con un vibrador eléctrico, colocando este instrumento sobre los pétalos de las flores para provocar la liberación del polen.

### 3.7.3.- Podas

Se llevaron a cabo podas de formación y de mantenimiento durante todo el ciclo del cultivo, para mantener la planta a un solo tallo, eliminando brotes laterales (axilares), así como también todas aquellas hojas inferiores senescentes, por debajo del último racimo que iba madurando o pintando de color; ya que éstas no desempeñan ninguna función, logrando de esta manera una mayor ventilación y mejorara en el color de los frutos. Las podas se realizaron manualmente cada semana, no se aplicó ningún método de desinfección durante y después de cada poda.

### 3.8.- Plagas y Enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se realizaron revisiones periódicas para el control de plagas y enfermedades, como plaga principal se presentó la mosquita blanca

(*Trialurodes vaporarium*) y como plagas secundarias Trips (*Frankliniella occidentalis*) y araña roja (*Tetranychus urticae*) las cuales fueron controladas de manera preventiva con aplicaciones de DioDie® y Protek® a una dosis de 1 L•ha<sup>-1</sup>.

Además, durante el desarrollo del cultivo las enfermedades presentes fueron: pudriciones radiculares (*Damping-off*), marchitez del tomate (*Fusarium oxysporum*) y cenicillas (*Leveillula taurica*).

### 3.9.- Cosecha

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

### 3.10.- Variables Evaluadas

Las variables medidas fueron altura de planta, rendimiento. La calidad fue obtenida al medir el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso, sólidos solubles, espesor del pericarpio y número de lóculos por fruto.

### 3.10.1.- Altura de Planta

Para estimar esta variable se seleccionaron cuatro plantas por tratamiento, sobre éstas se determinó la dinámica de crecimiento longitudinal, se uso una cinta métrica para registrar la lectura, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, posteriormente se obtuvo un promedio de las alturas para realizar el análisis de los datos, los cuales se reportaron en centímetros.

### 3.10.2.- Peso

Consistió en registrar el peso de seis frutos por tratamiento en cada cosecha, para esta variable se usó una balanza eléctrica (OAHUS®). Este parámetro se midió con la finalidad de estimar el rendimiento por tratamiento, el cual fue la sumatoria del peso de todos los frutos por tratamiento, expresado en kilogramos por metro cuadrado.

### 3.10.3.- Contenido de Sólidos Solubles:

Para estimar esta variable se tomó un fruto por planta, se cortó a la mitad en forma ecuatorial y se exprimó la pulpa para dejar caer unas gotas de jugo en un refractómetro (Atago®), este valor se expreso en °Brix.

### 3.10.4.- Espesor de Pericarpio

Para medir esta variable se utilizó la mitad del fruto donde se estimó el contenido de sólidos solubles por planta, y con un vernier digital (Truper®) se midió el espesor de

pulpa de la capa exterior que cubre el fruto, expresado en centímetros.

#### 3.10.5.- Número de Lóculos

Consistió en partir un fruto a la mitad en forma ecuatorial y contar el número de estructuras o lóculos presentes en cada uno de ellos, este valor se determinó en seis frutos por planta.

#### 3.10.6.- Diámetro Polar y Ecuatorial

Para determinar esta variable se utilizaron seis frutos por planta, el diámetro del fruto fue medido con un vernier digital (Truper®), para obtener el diámetro ecuatorial se midió la parte central del fruto y para la medición de diámetro polar la medición fue de polo a polo del fruto, esto se realizó en cada una de las cosechas. Las medidas fueron expresadas en centímetros.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.- Altura de Planta

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate Cherry en los diferentes sustratos y riegos evaluados se muestra en las ecuaciones de regresión lineal (cuadro 4.1). El ajuste lineal para todos los tratamientos resultó muy aceptable ya que el  $r^2$  fluctuó entre 94 y 99 %. Los tratamientos que promovieron la mayor altura a través del ciclo de cultivo fueron T3 Y T2, respectivamente, estos resultados coinciden con los reportados por, Rodríguez *et al.* (1998) quienes mencionan que una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila.

**Cuadro 4.1.** Ecuaciones de regresión de la variable altura de la planta de tomate Cherry.

<b>T</b>	<b>Riego</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Ecuación de Regresión*</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b>Altura final (cm)</b>
T1	RCD	AC+TVCd	2.0449x - 31.793	0.95	262.7 g
T4	RC2D	AC+TVCd	2.0948x - 47.252	0.94	254.4 i
T7	RC3D	AC+TVCd	2.0449x - 31.793	0.95	262.7 h
T2	RCD	AVC+TVCd	2.7277x - 34.19	0.98	<b>357.8 b</b>
T5	RC2D	AVC+TVCd	2.6331x - 26.31	0.99	352.9 c
T7	RC3D	AVC+TVCd	2.2631x - 20.251	0.98	304.9 f
T3	RCD	ACVC+TVCd	3.0113x - 37.538	0.99	<b>396.1 a</b>
T6	RC2D	ACVC+TVCd	2.0948x - 47.252	0.94	318.0 d
T9	RC3D	ACVC+TVCd	2.2472x - 15.323	0.98	308.3 e

T = Tratamientos (T1 – T9); RCD = Riego cada día; RC2D = Riego cada dos días; RC3D = Riego cada tres días; A = Arena; C = Compost; VC = Vermicompost; TVCd = Té de Vermicompost diluido al 2.5%; \*Días después del trasplante (144 DDT). = x; y= Altura.

De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza (cuadro 4.2) las variables que fueron significativas ( $P \leq 0.05$ ) del factor riego fueron: el número de frutos y el rendimiento; las variables que no presentaron significancia fueron: el peso del fruto, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial, el espesor de pulpa, el número de lóculos y el contenido de sólidos solubles.

Con respecto al factor sustrato la variable que presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) (cuadro 4.2) fue el contenido de sólidos solubles; las variables que mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) fueron: el peso del fruto, el diámetro polar, el número de frutos y el rendimiento, las variables que no presentaron diferencias significativas fueron: el diámetro ecuatorial y el número de lóculos.

En la interacción riego-sustrato, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 4.2) las variables que mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) fueron: el diámetro polar y el contenido de sólidos solubles; las variables que presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) fueron: el peso promedio de fruto, el diámetro polar, el número de fruto, el número de lóculos y el rendimiento. la variable que no presentó diferencias significativas fue el espesor de pulpa.

#### 4.2.- Rendimiento

Las diferencias observadas en el rendimiento fueron debidas al número de frutos por planta y no al peso promedio de los mismos (Cuadro 4.2). El rendimiento promedio general fue de  $2.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , es decir, se incrementó 30.2 % con respecto a lo obtenido en campo de tomate Cherry orgánico ( $1.92 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) (SIAP, 2011).

El T7, registró incrementos del 140.10 y 364,65 %, con relación al promedio obtenido en el campo y en el T2, respectivamente, el T2 resultó ser el tratamiento con menor rendimiento. La comparación del T7 y el T2 se debe alas diferencias significativas que hubo entre ambos tratamientos, donde el T7 fue el que destaco con el mayor rendimiento y el T2 fue el que presentó menor rendimiento al resto de los demás tratamientos. Los resultados del T7 contrastan con los obtenidos por Subler *et al.* (1998), quienes mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicompost, entre 10 y 20 %. Aunado a lo anterior, Antiyeh *et al.* (2000a y 2000b) señalan que al usar más de 20 % de compost en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta.

**Cuadro 4.2:** Valores promedios y diferencia estadística de las variables evaluadas en el tomate Cherry desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones protegidas, 2011.

	PF (g)	DP	DE (cm)	EP	NF	NL	SS (°Brix)	R (kg·m <sup>-2</sup> )
<b>Frecuencias de Riego</b>	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
RCD	<b>10.37 a</b>	<b>2.82 a</b>	<b>2.42 a</b>	<b>0.41 a</b>	<b>81 a</b>	<b>2.13 a</b>	<b>5.12 a</b>	<b>34.06 a</b>
RC2D	<b>9.79 a</b>	<b>2.79 a</b>	<b>2.40 a</b>	<b>0.37 a</b>	55.25 b	<b>2.09 a</b>	<b>5.65 a</b>	22.67 b
RC3D	<b>9.31 a</b>	<b>2.61 a</b>	<b>2.46 a</b>	<b>0.37 a</b>	53.41 b	<b>2.31 a</b>	<b>5.97 a</b>	19.76 b
<b>Sustratos</b>	*	*	ns	ns	*	ns	**	*
S1	8.60 b	2.74 ab	<b>2.43 a</b>	<b>0.39 a</b>	51.41 b	<b>2.07a</b>	5.67 a	22.76 b
S2	8.97 b	<b>2.59 b</b>	<b>2.35 a</b>	<b>0.35 a</b>	62.83 ab	<b>2.42 a</b>	<b>5.94 a</b>	18.05 b
S3	<b>11.91 a</b>	<b>2.89 a</b>	<b>2.49 a</b>	<b>0.41 a</b>	<b>75.41 a</b>	<b>2.14 a</b>	5.14 b	<b>35.68 a</b>
<b>T Riego x Sustrato</b>	*	*	**	ns	*	*	**	*
T1 RCD x S1	9.80 abc	2.79 ab	2.38 ab	<b>0.38 a</b>	65.75 b	<b>2 b</b>	<b>4.86 d</b>	2.67 bc
T2 RCD x S2	8.16 c	2.82 ab	2.47 ab	<b>0.44 a</b>	<b>31.75 b</b>	<b>2 b</b>	5.96 abc	0.99 d
T3 RCD x S3	<b>7.86 c</b>	2.60 b	<b>2.74 a</b>	<b>0.35 a</b>	56.75 bc	2.23 ab	6.20 ab	1.78 cd
T4 RC2D x S1	9.23 abc	2.65 b	2.4 ab	<b>0.37 a</b>	80.25 ab	2.55 ab	5.39 bcd	2.96 bc
T5 RC2D x S2	9.08 bc	2.74 ab	2.47 ab	<b>0.34 a</b>	59 bc	2.06 b	5.70 bcd	2.13 cd
T6 RC2D x S3	8.6 bc	<b>2.42 b</b>	<b>2.21 b</b>	<b>0.38 a</b>	49.25 bc	<b>2.65a</b>	<b>6.75 a</b>	1.75 cd
T7 RC3D x S1	<b>12.103 a</b>	<b>3.05 a</b>	2.48 ab	<b>0.49 a</b>	<b>97 a</b>	2.12 ab	5.13 cd	<b>4.61 a</b>
T8 RC3D x S2	<b>12.155 a</b>	2.81 ab	2.55 ab	<b>0.33 a</b>	75 ab	2.23 ab	5.31 bcd	3.70 ab
T9 RC3D x S3	11.48 ab	2.81 ab	2.44 ab	<b>0.41 a</b>	54.25 bc	2.05 bc	<b>4.98 d</b>	2.40 bcd
<b>Media</b>	<b>9.83</b>	<b>2.74</b>	<b>2.43</b>	<b>0.38</b>	<b>63</b>	<b>2.21</b>	<b>5.58</b>	<b>2.55</b>
<b>CV (%)</b>	<b>22.8</b>	<b>9.5</b>	<b>13.6</b>	<b>38.9</b>	<b>34.7</b>	<b>18.6</b>	<b>8.6</b>	<b>44.6</b>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de DMS con  $P \leq 0.05$ . T = Tratamientos (T1 – T9); RCD= riego diario; RC2D= riego cada dos días; RC3D= riego cada tres días S1= arena + compost [A:C; relación 1:1 (v:v)] + té de vermicompost diluido, en relación té: agua (1:3) S2= arena + vermicompost [A:VC; relación 1:1 (v:v)]; + té de vermicompost diluido y S3= arena + compost + vermicompost [A :C: VC; relación 2:1:1 (v:v:v)] + té de vermicompost diluido; PF = Peso de fruto; DP = Diámetro polar; DE = Diámetro ecuatorial; NF = Número de frutos; EP = espesor de pericarpio; NL = número de lóculos; SS = Sólidos solubles; R = rendimiento; ns= no significativo; \* =significativo; \*\*= altamente significativo.

#### 4.3.- Peso Promedio del Fruto

Para la variable peso promedio del fruto el análisis de varianza registró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el T8 y el T2 (cuadro 4.2). En el mismo cuadro, se observa que los tratamientos T7 y T8 obtuvieron el peso promedio de fruto de 12.10 y 12.15 g, respectivamente. El tratamiento que presentó el menor peso promedio de frutos fue el T2 con un decremento de 54.64%, con respecto a T8. Obtuvieron una media e 9.83 y un coeficiente de variación de 22.8 %. El valor promedio para peso de fruto coincide con los resultados de Diez (2001), quien señala que dependiendo del genotipo el peso fluctúa entre 10 y 30  $\text{g} \cdot \text{fruto}^{-1}$ . Los resultados obtenido en el presente estudio y los reportados por Diez (2001) coinciden con los reportados por Márquez *et al* (2006), quienes reportaron un valor promedio de 10.1  $\text{g} \cdot \text{fruto}^{-1}$  al evaluar tomate Cherry en diferentes sustratos orgánicos.

#### 4.4.- Diámetro Polar

Los resultados de análisis de varianza mostraron diferencias significativas (cuadro 4.2), el T7 obtuvo el mayor valor con 3.05 cm, por otro lado el T6 presentó el menor valor con 2.42 cm de diámetro, la media para esta variable fue de 2.74 cm con un coeficiente de variación de 9.5 en los tratamientos. Los resultados del tratamiento T7 coincidieron con los valores reportados por Márquez *et al.* (2006) quienes reportaron un valor promedio de 2.45 cm, al evaluar el desarrollo del tomate Cherry en tres diferentes sustratos orgánicos.

#### 4.5.- Diámetro Ecuatorial

El análisis de varianza mostró resultados altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) para esta variable (cuadro 4.2). El tratamiento con el valor más alto fue el T3 con 2.74 cm, mientras que el tratamiento con menor diámetro fue el T6 con 2.21 cm, esta variable mostró una media de 2.43 cm y un coeficiente de variación de 13.6 %. Los resultados de la media coincidieron con los valores reportados por Márquez *et al*, (2006) quienes reportaron un valor de 2.43 cm al evaluar el desarrollo del tomate cherry en diferentes sustratos orgánicos.

#### 4.6.- Contenido de Sólidos Solubles

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para esta variable (cuadro 4.2). El T6 fue el que obtuvo el mayor contenido de sólidos solubles con 6.75 °Brix. Mientras que el T9 fue el que presentó el menor contenido de azúcares con 4.98. Estos valores fueron superiores a los reportados por Diez (2001) que ha establecido que el valor óptimo para tomate, con fertilización tradicional, ya sea para procesado industrial o para consumo en fresco, es de 4 °Brix. Por lo tanto la mayor concentración de sólidos solubles en el presente experimento, en parte se puede deber a que los sustratos que incluyeron mayor concentración de abonos orgánicos presentaron mayores valores e CE (cuadro 3.1).

#### 4.7.- Espesor de Pulpa

El análisis de varianza mostró diferencia no significativa en todos los tratamientos (cuadro 4.2), la cual indica que los sustratos usados y las frecuencias de riegos aplicadas no tienen efectos en el cultivo para la determinación de esta variable. Los resultados obtenidos presentaron un rango de 0.33 a 0.49 cm. Con una media de 0.38 cm y un coeficiente de variación de 38.9 %. Estos resultados son inferiores a los reportados por Márquez *et al* (2006), quienes obtuvieron el espesor de pulpa en un rango de 0.70 a 0.89.

#### 4.8.- Número de Lóculos

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en esta variable (cuadro 4.2). En el T6 se observó el mayor número de lóculos con 2.65 lóculos. Mientras que el de menor número de lóculos fueron T1 y T2 con 2 lóculos por fruto. La media fue de 2.21 lóculos y el coeficiente de variación de 18.6 %.. Estos resultados concuerdan con los de Medina y Lobo (2001) quienes encontraron dos lóculos por fruto respectivamente.

## **V.- CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos indican que los abonos orgánicos utilizados: compost, vermicompost y té de vermicompost poseen características que les permiten ser contemplados como alternativa para el proceso de fertilización de los cultivos, ya que estos productos lograron sustituir las soluciones nutritivas generadas a partir de productos químicos.

Lo anterior pone de manifiesto que producir orgánicamente tomate en condiciones protegidas aumenta considerablemente los rendimientos y calidad del fruto, se obtuvo el mayor rendimiento aplicando el riego cada tres días, en sustratos de arena, compost, vermicompost y Té de vermicompost. lo cual indica que se puede hacer uso racional del agua al utilizar estos tipos de sustratos.

## VI.- LITERATURA CITADA

- Abad, M., P. F. Martínez, M. D. Martínez y J. Martínez. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*. 11: 141-154.
- Abad, M., P. Noguera, V. Noguera, A. Roig, J.Cegarra y C. Paredes. 1997. "Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo". *Actas de Horticultura* 19. I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación. SECH.
- Abad, B. M. y P. M. Noguera. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *En Manual del cultivo sin suelo*. Universidad de Almería- Mundi-Prensa, Madrid, 137-183 p.
- Acuña, C. J. F. 2009. Reseña de "control climático EN invernaderos". *Ingeniería e Investigación*. 29(3): 149-150
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Editorial mundi-prensa. Bilbao, España.
- Antiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards y M. D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75: 175-180.
- Antiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman y J. D. Metzger. 2000b. effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1994. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 p.
- Baille, M. C. y Y. A. Laury. 1992. Some comparative results on evapotranspiration of greenhouse ornamental crops, using lisimeter, greenhouse H<sub>2</sub>O balance and LVDT sensors. *Acta H.* 304.199-208.
- Baixauli, C. Aguilar M. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas, aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana. Conselleria de agricultura peixa y alimentación.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas, Madrid, España. 342 p.
- Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. *In: Tecnología de sustratos. Aplicación de a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal*. J. narciso Pastor S. (Ed). Universitat de Lleida. pp 19-31.
- Burgueño C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero. Memorias del 1<sup>er</sup> simposio nacional de técnicas modernas en producción de tomate, papa y otras solanáceas. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila México.

- Brandán, E. Z., J. Ploper y M. T. Divizia-De Ricci. 1998. Hacia el 2000. El cultivo de los mini tomates tipo cereza (Cherry), perita y otros. Ediciones del rectorado. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 85 p.
- Cadahía, L. C. 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. 2da reimpresión. San José Costa Rica.
- Castilla-Prados, N. 2004. Invernaderos de plástico: tecnología y manejo. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Castellanos, J. Z. y M. C. Borbón. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México. pp 1-18. *In*: Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos J. Z. (Ed). Intagri. Celaya, México.
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación con el Agua, Suelo, Planta y Atmosfera (CENID-RASPA). 2003. Agricultura protegida. Libro Técnico No. 1. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación-Agua-Suelo-Planta-Atmosfera. INIFAP. Gómez Palacio, Dgo., México. 111 pp.
- Cook, R.L. 2007. El mercado dinámico de la producción de tomate fresco en el área del TLCAN. Departamento de agricultura y recursos económicos. Universidad Davis, California.
- Cuadrado, J. 2000. Sustratos para hidroponía en semilleros. 2. Ed. Asehor.
- Cruz, M. S. 1982. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma de Chapingo. Imprenta universitaria. Chapingo, México. 129 p.
- Diez, N. M. 2001. Tipos varietales. *In*: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Edwards, C. A., A. Askar, M. Vasko-Bennet and N. Arancon. 2010. The Use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields. *In*: Vermiculture Technology, ed. C.A. Edwards, N. Arancon and R. Sherman. 235-248. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil sci. Soc. am J.* 64: 2024-2030.
- Espinoza, V. J. L., E. A. Palacios, S. N. Ávila T. A. Guillén P. R. De Luna, P.R. Ortega y A. B. Murillo. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. *Una revisión. Interciencia* 32 (6): 385-390.
- Félix, H.J. A., T. R. R. Sañudo, M. G. E. Rojo y P. V. Olalde. 2008. Importancia de abonos orgánicos. *Raximhai* 4(1): 57-67.
- Gómez, C. M. A., R. R. Schwentesius, T. L. Gómez, C. I. Arce, V. Y. D. Moran y M. M. Quiterio. 2001. Agricultura Orgánica de México. Datos básicos. SAGARPA-UACH-CIESTAM. Texcoco, Edo de México. 46 p.
- Gómez, A. R., J. G. Lázaro y N. J. A. León. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y Ciencia.* 24 (1): 11-20.

- Hartmann, H. y D. Kester. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 880 p.
- Heeb, A., B. Lundegardh, T. Ericsson y G. P. Savage. 2005. Effects of nitrate, ammonium and organic nitrogen. Based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil sci.* 168: 123-129.
- Infoagro. 2004. El Cultivo de Tomate. pp 24-28. *In:* manual de producción de tomate en invernadero. Espinoza Z. C. Torreón, Coahuila, México.
- Labrador, J., A. Guiberteau y L. López. 1993. La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. Hojas divulgadoras 3/93. 43 p.
- León, G. H. M. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Levy, J. S. and B. R. Taylor. 2003. Effects of pulp mill solids and tree composts on early growth of tomatoes. *Bioresour. Technol.* 89: 297-305
- López, J. C., P. Lorenzo, N. Castilla, J. Pérez-Parra, J. I. Montero, E. Baeza, A. Antón, M. D. Fernández, A. Baille y M. González-Real. 2001. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. Estación experimental "Las Palmerillas" Caja Rural de Almería y Málaga (CAJAMAR). Almería, España.
- Magán, J. J., M. P. Romera, F. Cánovas y E. Fernández. 1999. Ahorro de agua y nutrientes mediante un sistema de cultivo sin suelo con reuso del drenaje en tomate larga vida. *In:* Memorias del XVII Congreso Nacional de Riegos. Actas 186-193. AERYD. Murcia, España.
- Márquez, H. C., R. P. Cano, M. Y. I. Chew, R. A. Moreno y D. N. Rodríguez. D. N. 2006. Sustratos en la producción de tomate orgánico bajo invernadero. *Revista horticultura Chapingo Serie Horticultura* 12 (2): 183-189.
- Márquez H. C., R. P. Cano y D. N. Rodríguez. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Revista Agricultura Técnica de México* 34 (1): 69-74.
- Manjares, M. M. J., C. M. C. Ferrera, C. H. González. 1999. Efecto de la vermicompost y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17: 9-15.
- Medina, C. y M. Lobo. 2001. Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) precursor del tomate cultivado. *Revista Corpoica.* 3(2):39-50.
- Moreno, R. A., T. Zarate y P. M. T. Valdés. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34.
- Moreno, R. A., R. P. Cano y D. N. Rodríguez. D. N. 2009. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. *In:* Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah. Mex.
- Nahed, T. J., P. J. Calderón, J. R. Aguilar, M. B. Sánchez, R. J. L. Ruiz, Y. Mena, J. M. Castel, F. A. Ruiz, F. G. Jiménez, M. J. López, M. G.

- Sánchez, y I. B. Salvatierra. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13 (1): 45-58.
- Noguera, P. 1997. Variación de la presencia y de las propiedades físicas y químicas de residuos de fibra de coco comercializados como sustrato o componentes de sustios de cultivo. Dpto. Química. ETSIA. Univ. Politécnica Valencia.
- Ndegwa, P. M., S. A. Thompson and K. C. Das. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. 71: 5-12.
- Oeidrus. 2008. Oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable, de invernaderos en el estado de Puebla. Disponible en: <http://www.oidrs-portal.gob.mx/inv>. Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2012.
- Ouma, G. 2007. Morphological and physiological parameters of avocado (*Persea Americana*) rootstock seedling as affected by different container sizes and different levels irrigation frequency. *J. Biol. Sci.* 7: 833-840.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO - SAGARPA). 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas. México. 33 pp. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs\\_pdf/proyectos\\_tipo/invernaderos.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs_pdf/proyectos_tipo/invernaderos.pdf). Fecha de recuperación: 18 de diciembre de 2008.
- Palacios, G.A. de la L. 1990. Tesis efecto del regulador Biozine en tomate en la comarca lagunera. Torreón Coahuila. Pp 70p.
- Pérez V. A y S. C. Landeros. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y Cultura* 16(37): 19-25.
- Peralta, I. E., S. Knapp, and D. M. Spooner. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30(2): 424–434.
- Quintero S. R. 2000 el cultivo del aguacate orgánico en México. Curso internacional para inspectores orgánicos IFOAM/BIOAGRICOOOP. Volumen I. ex Hacienda Caracha, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Orgánica de Michoacán, CIECAS, Fundación Produce Michoacán y SAGAR.
- Radin, B., C. Reisser, J. R. Matzenauere, H. Bargamaschi. 2004. Crecimiento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Hort. Bras.* 22: 178-181.
- Raviv, M. R., A. S. Wallach y A. Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis. P 25-101. *In*: D. Savvas and H. passam (Eds). *Hydroponic production of vegetable and ornamental*. Embryo publications. Athens, Greece.

- Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12: 6-10.
- Rodríguez, M. M., G. G. Alcantar, S. A. Aguilar, B. J. D. Etchevers y R. J. A. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2): 8135-141.
- Rodríguez D. N., R. P. Cano, CH. E. Favela, V. U. Figueroa, A. V. Paul, G. A. Palomo, H. C. Márquez, R. A. Moreno. 2007. Vermicompost como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13 (2): 185-192.
- Rosen, J. C. y M. P. Bierman. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, extension service. 12 p.
- Rudich, J. y U. Luchinsky. 1986. Water economy. pp. 335-367. *In: Atherton, J.G. y J. Rudich (Eds). The tomato crop. Chapman and Hall. New York.*
- Salas, S. Ma. y M. Urrestarazu. 2000. Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu, M. (Ed). Manual de cultivo sin suelo. 2000. Ed. Mundi-prensa.*
- Sánchez del C. F. 2008. Perspectivas de horticultura protegida en México. *I: Modulo 1. Introducción y fundamentos de la horticultura protegida. Primer curso de especialización en horticultura protegida. UACH. Departamento de fitotecnia.*
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2005. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON). Versión 1.1.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). 2008. Programa informático que permite explotar con facilidad una base de datos con información agrícola, pecuaria y pesquera. Versión 1.1
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIACON-SAGARPA). 2008. Programa informático que permite explotar con facilidad una base de datos con información agrícola, pecuaria y pesquera. Versión 1.1
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Producción de jitomate rojo orgánico. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011].
- Subler, S., C. A. Edwards y J. Metzger. Comparing vermicompost and compost. *Biocycle* 39:63-66.
- Terrés, V. L., A. Artetxe, A. Beunza; E. S. de la Maza and M. Lenzaun. 2001. Physical properties of the substrate. *In: Proc. 5 Th IS protec. Cult. Mild winter clim. (Eds) Fernandez, Martinez y Castilla. Acta Hort. 559: 663-668 pp.*
- Schmidt, 1989. The arid zones of México, climatic extremes and conceptualization of the sonoran desert. *J. Arid Environ.* 16: 241-256.

- Tourat, A. P. 2000. Time for compost tea in the northwest. *BioCycle* 41: 74-77.
- Tuzel, Y., B. Yagmur y M. Gumus. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta hort (ISHS)* 614: 775-780.
- Trinidad, S. A. 1987. El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie de cuadernos de edafología número 10. Centro de edafología. Colegio de postgraduados. Montecillos, México. 8 p.
- Urrestarazu, G. M. 2000. Manual de cultivo sin suelo. Mundi-prensa. Almería, España.
- Urrestarazu, M. M.C., M. I. Salas, J. Padilla y R. A. Moreno. 2001. Evaluation of different compost from horticultural crop residues and their user in greenhouse soilless cropping. *Acta Hort.* 599: 147-152.
- Vázquez, G. V., R. S. Villalobos y J. Z. Castellanos. 2010. Manejo de riego en sustratos. pp 157-187. *In: Manual de producción de tomate en invernadero.* Castellanos J. Z. (Ed). Intagri. Celaya, México.

## VII. APÉNDICE

**Cuadro 1A.** Cuadrados medios y significancia para la variable rendimiento del tomate Cherry evaluado bajo condiciones de agricultura protegida.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	13706719.5	6853359.74	5.28	0.0157*
Sustrato	2	19997424.4	9998712.22	7.7	0.0038**
Riego * sustrato	4	4784033.8	1196008.45	0.92	0.4731 ns
error	18	23363978.3	1297998.79		
Total	35				
CV	44.67				
Media	2550.32				

**Cuadro 2A.** Cuadrados medios y significancia para la variable Número de frutos del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	5709.06	2854.53	5.91	0.0107*
Sustrato	2	3458.72	1729.36	3.58	0.0491*
Riego * sustrato	4	2439.94	609.99	1.26	0.3209 ns
error	18	8696.67	483.15		
Total	35				
CV	34.76				
Media	63.22				

**Cuadro 3 A:** Cuadrados medios y significancia para la variable promedio del tomate Cherry, evaluado bajo condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	6.760	3.38	0.67	0.5238 ns
Sustrato	2	78.93	39.47	7.83	0.0036**
Riego * sustrato	4	3.89	0.97	0.19	0.939**
error	18	90.74	5.04		
Total	35				
CV	22.83				
Media	9.83				

**Cuadro 4A.** Cuadrados medios y significancia para la variable diámetro polar del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego	2	0.3096	0.1548	2.26	0.1336 ns
Sustrato	2	0.5251	0.26	3.83	0.0412*
Riego * sustrato	4	0.1648	0.0412	0.6	0.6671 ns
error	18	1.2353	0.0686		
Total	35				
CV	9.54				
Media	2.74				

**Cuadro 5A.** Cuadrados medios y significancia para la variable diámetro ecuatorial del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego		2	0.0217	0.0108	0.10 0.9065 ns
Sustrato		2	0.10685	0.0534	0.49 0.6226 ns
Riego * sustrato		4	0.7550	0.1888	1.72 0.1897 ns
error					
Total					
CV					
Media					

**Cuadro 6A.** Cuadrados medios y significancia para la variable sólidos solubles del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego		2	4.4126	2.20631	9.37 0.0016**
Sustrato		2	4.0125	2.00626	8.52 0.0025**
Riego * sustrato		4	3.94267	0.9857	4.19 0.0143*
error		18	4.2381	0.2354	
Total		35			
CV		8.68			
Media		5.58			

**Cuadro 7A.** Cuadrados medios y significancia para la variable espesor de pulpa del tomate Cherry, evaluado en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego		2	0.01477	0.0074	0.33 0.7244 ns
Sustrato		2	0.01742	0.00871	0.39 0.6846 ns
Riego * sustrato		4	0.05914	0.01479	0.66 0.6296 ns
error		18	0.40510	0.0225	
Total		35			
CV		38.9			
Media		0.38			

**Cuadro 8A.** Cuadrados medios y significancia para la variable número de lóculos del tomate Cherry en condiciones protegidas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Riego		2	0.2897	0.1448	0.85 0.4439 ns
Sustrato		2	0.8051	0.4026	2.36 0.1227 ns
Riego * sustrato		4	0.7341	0.1835	1.08 0.397 ns
error		18	3.06	0.17	
Total		35			
CV		18.63			
Media		2.2147			