

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Efectividad de algas marinas y té de vermicompost como fertilizante en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero.

POR:

FREDY ARMANDO ALFARO VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efectividad de algas marinas y té de vermicompost como fertilizante en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero.

POR:

FREDY ARMANDO ALFARO VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

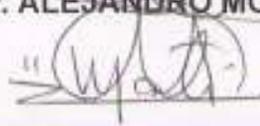
ASESOR PRINCIPAL:


Dr. PEDRO CANO RIOS

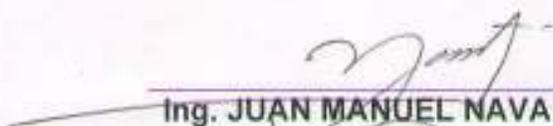
ASESOR:


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:


Ing. JUAN MANUEL NAVA SANTOS


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



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efectividad de algas marinas y té de vermicompost como fertilizante en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero.

POR:

FREDY ARMANDO ALFARO VÁZQUEZ

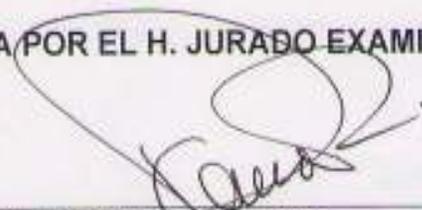
TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

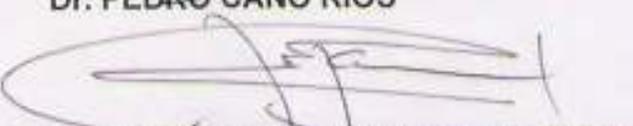
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR EL H. JURADO EXAMINADOR

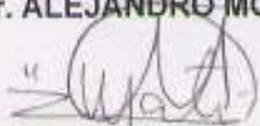
PRESIDENTE:


Dr. PEDRO CANO RIOS

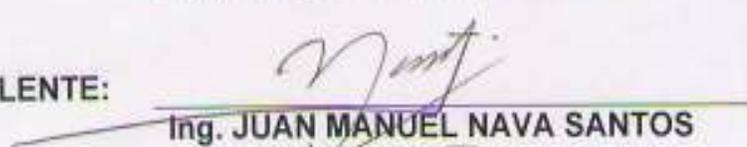
VOCAL:


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL SUPLENTE:


Ing. JUAN MANUEL NAVA SANTOS


Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitir seguir mi camino y llegar hasta donde hoy estoy.

Agradecer de igual manera a mis padres que con sacrificio y todo me apoyaron en la realización de esta meta. A mis hermanos que a pesar de la distancia siempre me apoyaron y me dieron los ánimos para seguir adelante pese a todos los problemas.

A mis amigos Viridiana Lizbeth Ovando Domínguez, Esmeralda Trujillo García, Lorena del Carmen Rodríguez Hernández, María Angélica Mendoza Carreola, Rebeca Sánchez Favela, Maribel López López, Andrés López Pérez y Jesús Nicolás Hernández López, gracias por sus palabras de aliento y sus consejos que hicieron de mí una persona capaz de lograr sus metas.

Al Dr. Pedro Cano Ríos y al Dr. Cesar Márquez Quiroz por su apoyo en la realización de este proyecto.

A mi ALMA MATER por permitir continuar con mis estudios de nivel superior y haberme acobijado entre sus instalaciones para el cumplimiento de esta meta.

A los chavos del equipo de voleibol, a Gerardo Rodríguez mi entrenador, que gracias a sus consejos y enseñanzas aprendí de una nueva disciplina deportiva que jamás pensé conocer que es el Voleibol.

A mi novia Nayeli Berenice Escalante López, por estar a mi lado, por soportar los días sin atención a ella por realizar este trabajo, gracias mi niña hermosa.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Hermelinda Vázquez Méndez

Armando Alfaro Gómez

A mis hermanos:

Reyna Victoria Alfaro Vázquez

Any Hermicenda Alfaro Vázquez

Deysi del Carmen Alfaro Vázquez

Eduardo Javier Alfaro Vázquez

A mis abuelos:

Francisca Méndez Hernández

Javier Vázquez Vázquez

Les dedico este trabajo a todos ellos y a mis tíos Pablo, Antonio, Miguel, Marcelino, Hortensia, Rosa que siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba, a estas personas que sin su existencia yo no valdría, que por sus consejos logre ser la persona que hoy en día soy.

A mis primos Francisco, Nayeli, José, Alan, Alex, Iván, Blanca a estos niños que a pesar de los problemas han salido adelante y que me motivaron a intentar ir más lejos y lograr a pesar de la falta de recursos ser una persona preparada.

Y dedicatoria especial para aquel que un día me aconsejó seguir y no decaerme por los problemas, que por desgracia no se encuentra ya más entre nosotros a Germán Vázquez Méndez, mi tío que donde quiera que este me inspiro a terminar lo que un día quise hacer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Metas.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del tomate.....	3
2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.3. Descripción botánica.....	4
2.3.1. Planta.....	4
2.3.2. Raíz.....	4
2.3.3. Tallo.....	5
2.3.4. Hojas.....	5
2.3.5. Flores.....	5
2.3.6. Fruto.....	6
2.3.7. Semilla.....	6
2.4. Hábitos de crecimiento.....	6
2.4.1. Crecimiento determinado.....	6
2.4.2. Crecimiento indeterminado.....	7
2.5. Etapas fenológicas.....	7
2.5.1. Fase inicial.....	7
2.5.2. Fase vegetativa.....	7
2.5.3. Fase reproductiva.....	7
2.6. Requerimientos del cultivo.....	8
2.6.1. Temperatura.....	8

2.6.2. Humedad relativa	9
2.6.3. Luminosidad	9
2.7. Elección del genotipo	9
2.8. Manejo del cultivo	10
2.8.1. Semillero	10
2.8.2. Trasplante	10
2.8.3. Entutorado	10
2.8.4. Podas	11
2.8.6. Bajado de plantas	12
2.8.7. Despunte	12
2.8.8. Polinización	13
2.9. Ciclos de producción	13
2.10. Valor nutritivo	14
2.11. Plagas y enfermedades	15
2.11.1. Plagas	15
2.11.2. Enfermedades	20
2.12. Otras alteraciones	24
2.12.1. Enrollamiento de las hojas	24
2.12.2. Golpe de sol	25
2.12.3. Agrietado del futo	25
2.12.4. Pudrición apical	26
2.13. Cosecha	26
2.14. Generalidades del invernadero	27
2.15. Ventajas y desventajas de los invernaderos	27
2.15.1. Ventajas del invernadero	27
2.15.2. Desventajas del invernadero	28
2.16. Invernaderos en México	28
2.17. Tomate orgánico en invernadero	29
2.18. Generalidades de los sustratos	29
2.19. Propiedades de los sustratos	31
2.19.1. Propiedades físicas	31

2.19.2. Propiedades químicas	31
2.19.3. Propiedades biológicas	32
2.20. Clasificación de los sustratos	32
2.20.1. Sustratos orgánicos.....	32
2.20.2. Sustratos inorgánicos	33
2.20.3. Criterios para elección de sustratos.....	33
2.21. Compost	34
2.22. Vermicompost	34
2.23. Té de vermicompost.....	35
2.24. Uso de algas en la agricultura.....	35
2.25. Agricultura orgánica	36
2.26. Agricultura orgánica en el mundo	38
2.27. Agricultura orgánica en México.....	38
2.28. Mercado de productos orgánicos.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera	40
3.2. Localización del experimento	40
3.3. Condiciones experimentales.....	40
3.4. Diseño experimental.....	40
3.6. Material genético.....	41
3.7. Siembra.....	41
3.8. Trasplante.....	41
3.9. Poda.....	41
3.10. Polinización	42
3.11. Bajado de plantas.....	42
3.12. Riego.....	42
3.13. Fertilización orgánica	43
3.13.1. Té de vermicompost.....	43
3.13.2. Algas	43
3.14. Fertilización inorgánica	43
3.14. Control de plagas y enfermedades	44

3.14. Cosecha.....	44
3.15. Variables evaluadas	44
3.15.1. Peso del fruto	44
3.15.2. Diámetro Polar.....	44
3.15.3. Diámetro Ecuatorial.....	45
3.15.4. Grosor de Pulpa	45
3.15.5. Número de lóculos.....	45
3.15.6. Sólidos solubles.....	45
3.16. Análisis estadístico	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1. Rendimiento por hectárea.....	46
4.2. Número de frutos	48
4.3. Peso del fruto	49
4.4. Diámetro ecuatorial	50
4.5. Diámetro Polar	51
4.6. Número de lóculos.....	52
4.7. Espesor de pulpa.....	53
4.8. Sólidos solubles	54
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. LITERATURA CITADA	57
APÉNDICE	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica del tomate (Jaramillo et. al., 2007).....	4
Cuadro 2.2. Principales componentes del fruto de tomate (Chamarro, 2001). ..	14
Cuadro 3.1. Proporción de sustratos para tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2013.....	41
Cuadro 3.2 Diseño de los tratamientos. UAAAN UL 2013	43
Cuadro 4.1. Medias para la variable rendimiento (ton.ha-1) de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	47
Cuadro 4.2. Medias para la variable Número de frutos de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	48
Cuadro 4.3. Medias para la variable Peso del fruto de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	50
Cuadro 4.4. Medias para la variable Diámetro Ecuatorial de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	51
Cuadro 4.5. Medias para la variable Diámetro Polar para los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	52
Cuadro 4.6. Medias para la variable Número de lóculos de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.	53
Cuadro 4.7. Medias para la variable Espesor de pulpa de los tratamientos para estudiados. UAAAN-UL 2013.	54
Cuadro 4.8. Medias para la variable Solidos solubles de los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2013.	55

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza para Rendimiento. UAAAN UL 2013	69
Cuadro A2. Análisis de varianza para Número de frutos. UAAAN UL 2013.....	69
Cuadro A3. Análisis de varianza para Peso de fruto. UAAAN UL 2013.....	69
Cuadro A4. Análisis de varianza para diámetro polar. UAAAN UL 2013	69
Cuadro A5. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial. UAAAN UL 2013.....	70
Cuadro A6. Análisis de varianza para espesor de pulpa. UAAAN UL 2013	70
Cuadro A7. Análisis de varianza para número de lóculos. UAAAN UL 2013	70
Cuadro A8. Análisis de varianza para Sólidos solubles. UAAAN UL 2013.....	70

RESUMEN

La prioridad mundial ante el efecto de los químicos que se utilizan en la agricultura moderna es la agricultura orgánica, la cual conlleva a la utilización de extractos vegetales, organismos, y materiales propios del ambiente para ayudar en el desarrollo de los cultivos. Es por eso que este trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar métodos meramente orgánicos para la producción de tomate bajo invernadero.

El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en un invernadero semicircular con una estructura metálica y sistema de enfriamiento que consta de una pared húmeda y un par de extractores de aire, ambos sistemas están sincronizados para accionarse por los sensores. Se utilizó la variedad Cuauhtémoc, de la compañía Harris-Moran®, evaluando el efecto de la aplicación de algas marinas y té de vermicompost en la calidad y rendimiento de tomate con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Obteniendo como resultados el mejor rendimiento de 107.69 ton.ha⁻¹ el sustrato a base de arena y la fertilización mineral con aporte de algas marinas.

La calidad de fruto fue sobresaliente en los tratamientos orgánicos, sin embargo el tratamiento T2 fue el mejor en rendimiento, en cuanto a las variables de diámetro ecuatorial sobresalen los tratamientos T1 con sustrato de arena con fertilización mineral (testigo), y el tratamiento T6 con sustrato de arena más vermicompost con fertilización orgánica y algas, con 5.39 y 5.03 cm respectivamente, en el diámetro polar los tratamientos T1 (Testigo) y T3 éste con sustrato de arena y compost con fertilización orgánica con 6.42 y 6.18 cm sobresalen de los de más tratamientos, en el número de lóculos los tratamientos fluctúan entre los 2.12 a 2.58 lóculos por fruto. En sólidos solubles (°Brix) los tratamientos a base de fertilización orgánica son las que sobresalen con medias de 4.7 a 4.2 °Brix.

Palabras clave: agricultura orgánica, extractos vegetales, fertilización orgánica, rendimiento, sustrato.

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro ecológico provocado por las actividades agrícolas, en países como México, ha sido provocado por el manejo inadecuado de los recursos naturales y el uso intensivo de agroquímicos. Lo anterior obliga a implementar alternativas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos naturales y que tiendan a promover una agricultura sustentable (Velasco *et. al.*, 2001).

En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada y como la primera por su valor de producción, a esta hortaliza se le encuentra en los mercados durante todo el año, y se consume en fresco o procesada (puré). Entre las diferentes variedades que se producen en México están el tomate rojo saladette, cherry, tomate verde y otras variedades. La más importante es el tomate rojo saladette. El estado de Sinaloa tiene el 40% del total de producción del país, seguido por Baja California Norte, San Luis Potosí y Michoacán (Velasco *et. al.*, 2005).

De tal manera que si se aprovechan los recursos naturales para la producción del tomate, México cuenta con extensos litorales donde proliferan las algas marinas, con la probabilidad de que sean suficientes para tratar las 12 millones de hectáreas, éstas comprendidas en 6 millones de ha de riego y 6 millones de ha de tierras de buen temporal (Canales, 2001).

A demás el evitar el uso de fertilizantes sintéticos o químicos evitara la contaminación tanto del ambiente como del propio alimento producido por las plantas, es así que es importante el uso de fertilizantes orgánicos que son materiales derivados de la descomposición biológica de residuos de cultivos, un ejemplo el compost (Márquez *et. al.*, 2005). Las opciones de fertilización certificadas son, entre otras, compostas no enriquecidas inorgánicamente, estiércol composteado, frutas fermentadas en forma de vinagre o té, vermicompost, abonos verdes, leguminosas, subproductos de la pesca,

extractos de algas marinas, harinas de sangre ó pescado, polvo de pezuña o cuerno, micro elementos, bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas o bien, insumos de empresas certificadas (Labrador et al., 2004).

La producción de tomate puede realizarse a cultivo directo al suelo o en sustratos. Sin embargo en invernaderos, 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 (Cruz *et. al.*, 2009).

La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción, en el cual no se utilizan insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y medio ambiente. (Alrøe y Kristensen, 2004).

1.1. Objetivos

- ❖ Evaluar el comportamiento del tomate con la aplicación de algas marinas y té de vermicompost como fertilizantes en condiciones de invernadero.

1.2. Hipótesis

- ❖ La aplicación de algas marinas y té de vermicompost mejoran el rendimiento y la calidad del fruto del cultivo de tomate bajo invernadero.

1.3. Metas

- ❖ Conocer alternativas orgánicas para el manejo del cultivo de tomate bajo invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del tomate

De acuerdo con Namensy (2004), la palabra tomate proviene del Náhuatl “tomatl”. El tomate es originario de la región Andina (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú), existiendo en esta zona la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. En un principio se cree que fue utilizado como planta ornamental; su introducción a Europa se realizó en el siglo XVI y se conoce que a mediados del siglo XVII era cultivado con fines alimenticios, principalmente en Italia (Maroto, 2002).

El tomate es una de las especies hortícolas más importantes para el consumo humano, y genera cuantiosos ingresos, empleos y un alto valor nutritivo para la dieta (Velasco *et. al.*, 2005). Se utiliza sobre todo en ensaladas, platillos y jugo fresco. La industria de la alimentación lo prepara en infinidad de maneras: desde jugos, purés, conservas de tomates enteros y pelados, fritos, hasta como ingredientes de diversas salsas picantes, dulces, mermeladas, esencia para la elaboración de alimentos, saborizantes y más productos (SIAP, 2010).

El tomate es la hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada en todo el mundo, alrededor de 3,593,490 ha con una producción de más de 53,000,000 ton.ha⁻¹. En México se siembran alrededor de 80,000 ha con un rendimiento promedio de 28.7 ton.ha⁻¹, por lo que se considera la segunda hortaliza más importante por la superficie sembrada que ocupa, la más trascendente por su volumen en el mercado nacional y la primera por su valor de producción (SAGARPA, 2000). Hortaliza de gran demanda en el mercado nacional. Es muy perecedero y susceptible a daños mecánicos por manejo y empaques inadecuados, así como el ataque de patógenos e insectos de campo (Pérez, 2007).

2.2. Clasificación taxonómica

En el cuadro 2.1 se muestra la clasificación taxonómica del cultivo de tomate.

Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica del tomate (Jaramillo *et. al.*, 2007)

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Asteridae</i>
Orden:	<i>Solanales</i>
Familia:	<i>Solanaceae</i>
Género:	<i>Lycopersicon</i>
Especie:	<i>Esculentum</i>
Nombre binomial:	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Descriptor:	Miller

2.3. Descripción botánica

2.3.1. Planta

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado o determinadas y otras de crecimiento ilimitado o indeterminadas (Nuño, 2007).

2.3.2. Raíz

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular (Nuez, 2001). En la epidermis se encuentran los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes (Camacho, 2004).

Como en todas las plantas la raíz tiene la doble función de anclaje y de absorción y de transporte de agua y nutrientes. De la raíz principal surgen las

raíces secundarias y de éstas las adventicias (Camacho, 2004). 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. Simultáneamente se producen ramificaciones y raíces. La raíz juega un papel fundamental en el rendimiento del cultivo y su desarrollo está también asociado a las condiciones físicas del suelo. Bajo condiciones de cultivo sin suelo la raíz queda confinada en contenedores de diferente volumen, geometría y disposición (Castellanos, 2009).

2.3.3. Tallo

El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo (Nuez, 2001).

2.3.4. Hojas

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tienen unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales, que pueden a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo (Nuez, 2001).

2.3.5. Flores

Las flores aparecen en racimos, siendo sencillas en la parte baja y después dividida y ramificada. Las flores son pequeñas, pedunculadas, de color amarillo y forman corimbos axilares. El cáliz tiene cinco sépalos, la corola tiene cinco pétalos que conforman un tubo pequeño pues esta soldada inferiormente, los cinco estambres están soldados en un estilo único que a veces sobresale de los estambres, el ovario contiene muchos óvulos (Castellanos, 2009).

2.3.6. Fruto

El fruto del tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5 – 10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. La separación del fruto en la recolección puede realizarse por la zona de abscisión o por la zona peduncular de unión al fruto. En las variedades industriales la presencia de parte del pedicelo es indeseable por lo que se prefieren cultivares que se separen fácilmente por la zona peduncular (Nuez, 2001). El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto maduro es de siete a nueve semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Castellanos, 2009).

2.3.7. Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

2.4. Hábitos de crecimiento

2.4.1. Crecimiento determinado

Son aquellos cultivares que emiten un número determinado de ramilletes florales y que al aparecer un último ramillete, terminan de crecer. La planta es pequeña y no necesita envararse, y la cosecha ocurre en un corto periodo porque los frutos maduran casi al mismo tiempo. La mayoría de los cultivares empleados en la producción de tomate industrial son de este tipo (Syngenta, 2010).

De acuerdo con Lesur (2006), Las plantas tienen un crecimiento determinado cuando pueden extenderse hasta dos metros; los segmentos del eje principal soportan un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia, el sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular.

2.4.2. Crecimiento indeterminado

Son aquellos que emiten ramilletes florales en forma continua, ya que poseen yemas terminales que producen hojas y tallos nuevos. Estos cultivos pueden crecer indefinidamente mientras no se presenten factores adversos. Las flores y frutos del tomate se desarrollan de manera progresiva junto con la planta, lo que ocasiona que la cosecha pueda durar varios meses (Syngenta, 2010). El aspecto es el de un tallo principal que crece en forma continua con inflorescencias internodales cada tres hojas (Lesur, 2006).

2.5. Etapas fenológicas

2.5.1. Fase inicial

Comienza con la germinación de la semilla y se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca; la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis que abarca entre 1 a 21 días (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.5.2. Fase vegetativa

Esta etapa tiene su inicio a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 22 a 49 días antes de la floración. Requiere mayores cantidades de nutrimentos para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento. Es la continuación de la fase inicial, pero el aumento en materia seca es más lento, esta etapa termina con la floración (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.5.3. Fase reproductiva

La fase reproductiva inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 y 40 días y se caracteriza porque el crecimiento de la planta prácticamente se

detiene y los frutos extraen de la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.6. Requerimientos del cultivo

2.6.1. Temperatura

2.6.1.1. Germinación

De acuerdo con Velasco *et. al.* (2005), la temperatura recomendada para la germinación de semillas de tomate es de 25°C a 28°C, por debajo de los 10°C la semilla no germina o lo hace muy des uniformemente.

2.6.1.2. Crecimiento

Velasco *et. al.* (2005) y Rodríguez *et. al.*, (2006), concuerdan que la temperatura óptima de crecimiento del tomate está entre los 21 y 26 °C. A temperaturas menores de 15 °C detiene la floración y si la temperatura alcanza los 10 °C la planta detiene su crecimiento, caso contrario si las temperaturas son mayores a 35 °C la fotosíntesis disminuye provocando la formación de hojas pequeñas, tallos delgados que ocasionan desprendimiento de ramas y racimos.

2.6.1.3. Floración

La oscilación térmica entre el día y la noche debe ser al menos de 8°C, lo que favorece el crecimiento de la planta y la formación de un mayor número de flores. Durante la floración la planta requiere temperaturas de 23 a 26°C de día y de 15 a 18°C de noche. Temperaturas superiores a 28°C reducen el número de flores y racimos por planta, las flores son pequeñas y pueden caer sin ser polinizadas, debido a la falta de carbohidratos que se consumen por las partes vegetativas de la planta (Velasco *et. al.*, 2005).

2.6.1.4. Fructificación

Las condiciones óptimas para que se produzca la fecundación y amarre de fruto se pueden establecer entre los 14 y 18°C durante la noche y de 23 a 26 °C durante el día. Se debe poner especial atención en la temperatura nocturna, ya que es la que tiene mayor influencia sobre estos procesos. Durante el

llenado de frutos, las altas temperaturas traen como consecuencia la disminución del tamaño de los frutos cuajados, ya que se retarda la fotosíntesis, la respiración se acelera y las células son más pequeñas (Velasco *et. al.*, 2005).

2.6.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 a 70%, dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción (Corpeño, 2004). Valores más altos favorecen el desarrollo de enfermedades en el follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores (Rodríguez *et. al.*, 2006). Con una humedad relativa menor al 50% el polen se deshidrata provocando una baja producción (Conevyt, 2008).

2.6.3. Luminosidad

Valores reducidos de luz pueden incidir de manera 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, nocturna y la luminosidad. El tomate rojo es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo, necesita una buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistemas de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la absorción de luz solar especialmente en época de lluvias cuando la radiación es más limitada (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.7. Elección del genotipo

El tipo de tomate a sembrar dependerá del propósito de consumo y el mercado de destino; ya que podemos clasificarlo en tomate de mesa o ensalada y tomate de pasta, industrial o de cocina. Dependiendo de cuál tipo de tomate seleccionemos, la variedad tendrá que cumplir con los requerimientos que el mercado demande, siguiendo características tales como: buena firmeza, buen porcentaje de sólidos solubles, resistencia al manipuleo y al transporte, entre otras características. Además, el productor tiene que seleccionar aquellos

materiales que tengan características de tolerancia o resistencia a enfermedades y plagas (Corpeño, 2004).

En la actualidad existe una gran cantidad de híbridos recomendados para la producción de tomate en invernadero, sin embargo, cada uno se comporta de manera diferente en cada región, por lo que antes de elegir el cultivar se recomienda hacer una prueba de los híbridos para elegir adecuadamente. Cada material puede responder de diferente manera a condiciones ambientales específicas de cada lugar (Velasco *et. al.*, 2005).

2.8. Manejo del cultivo

2.8.1. Semillero

El método más utilizado para obtener plantas sanas y vigorosas es a través de germinación de la semilla en bandejas plásticas de confinamiento, lo cual permite además de un ahorro de semilla, mejor planificación de siembras, calidad y uniformidad de plántulas, ahorro de sustrato, facilidad para movilizar las plantas de un lugar a otro, fácil remoción y no hay destrucción de la raíz de las plantas al momento del trasplante (Jaramillo *et. al.*, 2006).

2.8.2. Trasplante

El trasplante se realiza cuando las plántulas han desarrollado de cuatro a cinco hojas verdaderas y tienen una altura de 15 cm, lo cual ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra (Acosta *et. al.*, 2002).

2.8.3. Entutorado

Nuez (2001), menciona que el entutorado consta de tener a la planta suspendida mediante un hilo, sobre el que se va enrollando el tallo principal conforme va creciendo.

El tutorado permite un crecimiento vertical de las plantas y facilita las labores del cultivo (Jaramillo *et. al.*, 2006). Se realiza atando con rafia el tallo; es una práctica necesaria en el invernadero porque permite un crecimiento adecuado de la planta, facilita las labores de poda y la cosecha; también permite una alta densidad de población del cultivo. La sujeción de las plantas

debe realizarse por lo menos una vez por semana para lograr un crecimiento vertical y evitar que los tallos se trocen (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.8.4. Podas

Con la poda se busca un equilibrio entre el volumen de material vegetal y de aire disponible, aunque esto signifique la disminución del rendimiento, el cual se compensa porque se puede establecer un mayor número de individuos (Escaff *et. al.*, 2005).

2.8.4.1. Poda de formación

Es la primera poda que se le realiza a la planta, entre los primeros 25 a 30 días después del trasplante y es la que define el número de tallos a desarrollar. Se puede trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos. Sin embargo, lo más recomendable o apropiado en invernadero es trabajar la planta a un solo tallo para facilitar el tutorado y las labores de manejo (Jaramillo *et. al.*, 2006).

2.8.4.1. Poda de brotes laterales

Consiste en eliminar brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano-otoño y cada 10 a 15 días en invierno) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y facilitar la cicatrización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades (Rodríguez *et. al.*, 2006).

2.8.4.2. Poda de hojas

Según Rodríguez *et. al.* (2006), es recomendable tanto en las hojas senescentes, para facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero. Así se elimina la fuente de inóculo.

El deshoje debe ser moderado para no disminuir el área foliar para la fotosíntesis y como consecuencia afectar los rendimientos. Se debe preferir las

hojas viejas, basales, inmediatamente más debajo de racimos ya cosechados y aquellos que estén muy afectados por enfermedades (Escaff, 2005).

2.8.3.4. Raleo de frutos

Para conseguir calidad de los frutos, es muy recomendable eliminar uno, dos o más frutos por racimo, dependiendo del número de frutos amarrados. La razón es que, al eliminarlos los carbohidratos se distribuyen uniformes entre los frutos que queden en la planta y con esto se favorece el tamaño uniforme de los frutos (Velasco *et. al.*, 2005).

2.8.6. Bajado de plantas

Resh (1997), indica que conforme las plantas de tomate alcancen la parte superior de los cable de soporte, se debe ir aflojando las cuerdas bajándolas unos 0.5 m cada vez y, al no existir hojas viejas ni frutos en la base del tallo, se puede ir dejando caer este sobre la bancada, sobre los postes o alambres de soporte. Si no se tiene cuidado los tallos podrían partirse, y entonces sería preciso enterrar las partes más bajas de éstos hasta tapar el punto de ruptura. Deberán permanecer en la parte superior de la planta de 1.2 a 1.5 m de hojas y racimos florales.

El bajado de plantas debe realizarse cuando éstas alcanzan una altura que ya no permita un adecuado manejo del cultivo, sin embargo este descenso de puede afectar la interceptación de radiación solar por el dosel y consecuentemente al rendimiento del cultivo (Pilatti y Bouso, 2000).

Sin embargo aún existen dudas en el sector productivo sobre la severidad y frecuencia con que se debe realizar el bajado de plantas para no afectar los rendimientos. Considerando la mano de obra y las posibilidades de transmisión de enfermedades, se recomienda que el bajado de plantas se realice el menor número de veces durante el ciclo del cultivo (Atherton y Rudich, 1986).

2.8.7. Despunte

Cuando se requiere limitar el crecimiento del o los tallos de un tomate de hábito indeterminado, se debe de eliminar el punto de crecimiento que se ubica

en el ápice de los brotes. El hecho de despuntar el brote terminal del eje, permite controlar la altura a la cual se conduce la planta, el número de racimos a cosechar, y la uniformidad de la maduración de los frutos, ya que cuando se realice la labor se produce la tendencia de la planta a concentrarse en el desarrollo de los frutos (Escaff, 2005).

2.8.8. Polinización

La polinización consiste en la liberación del polen sobre los estigmas de la flor y mejorar de esta manera el amarre de los frutos. La polinización debe realizarse todos los días entre las 10:00 y las 12:00 h a partir de la primera floración (Conevyt, 2008). La polinización se puede hacer mecánicamente moviendo las plantas, haciendo circular el viento mediante sopladores o ventiladores y la utilización de abejorros que son altamente eficientes para estimular este proceso. La temperatura juega un factor muy importante en la formación y liberación del polen, la temperatura óptima requerida en la noche es de entre 20 a 24 °C y de día entre 15.5 a 32°C. Otros factores que limitan la polinización son la luz y la húmeda relativa que pueden limitar la transferencia de la antera al estigma, lo ideal es tener una buena radiación solar y una húmeda relativa del 70% (Nuño, 2007).

De acuerdo con Velasco *et. al.* (2005), a través de la polinización se originan las semillas y son éstas las responsables del crecimiento y desarrollo de la pulpa del fruto. Si no existe una polinización o fecundación óptima la producción disminuye, de allí su importancia.

2.9. Ciclos de producción

Nuez (2001), menciona que existen dos principales ciclos: En el ciclo otoño-invierno se planta de finales de agosto a mitad de septiembre, para recolección de diciembre a abril. En el ciclo de primavera se planta de fin de diciembre a mitad de enero para recolección de abril a junio o julio. En ambos casos hay que tener presente, al elegir la fecha de plantación, que la entrada en producción en un sistema sin suelo se adelante un par de semanas respecto a un cultivo en suelo.

2.10. Valor nutritivo

El tomate es una fuente rica de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, zinc, cobre, sodio, hierro, calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (Jaramillo *et.al.*, 2007).

El perfil nutricional del tomate se basa en una combinación equilibrada de antioxidantes tales como la vitamina C, carotenoides y flavonoides; un alto contenido de ácido fólico y un bajo nivel de grasas. Sin embargo, la cualidad más importante es el poder antioxidante, ya que posee licopeno, que junto con las vitaminas y minerales, reduce el riesgo de contraer cáncer (Namensy, 2004). En el Cuadro 2.2 se muestra los principales componentes del fruto de tomate.

Cuadro 2.2. Principales componentes del fruto de tomate (Chamarro, 2001).

Componentes	Peso fresco %
Materia seca	6.50
Carbohidratos totales	4.70
Grasas	0.15
N proteico	0.40
Azucares reductores	3.00
Sacarosa	0.10
Sólidos solubles (°Brix)	4.50
Ácido málico	0.10
Ácido cítrico	0.20
Fibra	0.05
Vitamina C	0.02
Potasio	0.25

2.11. Plagas y enfermedades

2.11.1. Plagas

Las plagas de mayor importancia que se presentan en la Comarca Lagunera en la producción de tomate orgánico bajo condiciones protegidas son: mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows&Perring y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman); minador de la hoja (*Liriomyza munda* Frick); el pulgón (*Aphis gossypii* Glover) y el acaro bronceado del tomate (*Aculops lycopersici* Masee) (Cano *et. al.*, 2002).

2.11.1.1. Mosquita blanca

Se considera la plaga más común de tomate en invernadero, debido a las condiciones ambientales, temperatura y humedad relativa, aunque se encuentra durante todo el ciclo del cultivo, se ha observado que las poblaciones más numerosas inciden en los primeros 50 días después del trasplante. *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*, son insectos pequeños, miden entre 1 a 2 mm, con alas de color blanco ceroso o blanco amarillento. Las ninfas son de forma oval, aplanada, semitransparente y de color verde pálido. Las hembras pueden poner alrededor de 300 huevecillos, llegando a producir de once a doce generaciones por año a una temperatura de 20°C cada 34 días promedio, mientras que a 30°C realiza un ciclo en 16 días (Velasco *et. al.*, 2005).

El daño principal es por la alimentación, ninfas y adultos se alimentan en el envés de la hoja succionando la savia de las plantas. En infestaciones severas, las plantas presentan una clorosis marcada y, como consecuencia la planta detiene su crecimiento, en ocasiones se caen las hojas. Por la secreción de mielecilla, originan el desarrollo de la fumagina que al cubrir la superficie de las hojas produce trastornos en las funciones metabólicas del vegetal (Gutiérrez *et. al.*, 2001). Otro daño es la transmisión del virus del amarillamiento de las cucurbitáceas, atribuido a *Trialeurodes vaporariorum* mientras que *Bemisia tabaci* es trasmisora de un mayor número de virus, por ejemplo el virus del rizado amarillo del tomate (Velasco *et. al.*, 2005).

Los métodos de control usados para esta plaga son:

El control cultural: Uso de mallas antiáfidos en ventanas laterales y cenitales, eliminación de malas hierbas y restos de cultivos en el interior y exterior del invernadero, no tener cultivos en diferentes etapas de desarrollo, realizar a tiempo la poda de brotes tiernos y el uso de trampas cromáticas con adherentes (Velasco *et. al.*, 2005).

El control biológico: Existen muchos enemigos naturales que ayudan a reducir las poblaciones de esta plaga. Ejemplo de éstos son las avispas parasitoides de las géneros *Aphelinidae* y *Platygastridae* que afectan en el tercer estadio ninfal. También podemos utilizar hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii* (Corpeño, 2004).

El control químico: Se aplica cuando el control biológico es ineficaz. Los productos recomendados son a base de Imidacloprid, endosulfan, bifentrina, thiamethoxam y pymetrozina, cuidando siempre que se apliquen en las dosis exactas y haciendo una rotación de productos (Velasco *et. al.*, 2005).

2.11.1.2 Psilido del tomate o pulgón saltador

Bactericera cockerelli, insectos pequeños, con alas transparentes en forma de tejado ubicadas sobre el abdomen. Parecen pequeñas chicharras y de 2 a 3.5 mm de largo, de color café pardo. Los huevecillos son pedicelados, de color naranja y son ovopositados en el borde de las hojas. Las ninfas tienen forma de concha de color verde limón. Las pupas tienen también forma de concha pero de color pardo (Velasco *et. al.*, 2005).

Control cultural: Una fertilización bien balanceada ayuda a disminuir los daños. Se considera que una planta sana es menos severamente atacada por las plagas (Avilés *et. al.*, 2002). El uso de la red entomológica para la captura y detección de adultos ha mostrado ser muy eficiente (Nava, 2002).

Control biológico: Existen documentados varios enemigos naturales del minador de la hoja *B. cockerelli*, entre ellos: *Tetrastichus triozae*, *Metaphycus pallidus*, *Antochoris melanocetus*, *Daraeocoris brevis*, *Orius tristicolor*, *Chrysoperla carnea*, *Chrysoperla rufilabor*, *Hippodamia covengens* entre otros. Como depredadores podemos usar las catarinitas (*Hippodamia convergens*

Guérin-Méneville), la chinche ojona (*Geocoris spp.* Fallen) y las crisopas (*Chrysopa carnea* Stephens) (Avilés *et. al.*, 2002).

Control químico: Los productos autorizados para esta plaga son los hechos a base de azinfos metílico y fenvalerato (SAGAR, 2000).

2.11.1.3. Minador de la hoja

Según López y Gastélum (2003), existen varias especies de minadores de la hojas que pertenecen al orden *Diptera* de la familia *Agromycidae*, entre las que se encuentran: *Liriomyzamunda*, *L. trifoli*, y *L. sativae*. Los adultos miden aproximadamente de 2 a 3 mm de longitud, son de color negro brillante y se distinguen porque la región posterior de la cabeza es de color negro, el tercer segmento de la antena es pequeño, redondo, amarillo y pubescente, la parte dorsal del protórax y mesotórax es de color negro, metotórax amarillo. El abdomen ventralmente es de color amarillo. El ciclo de vida de huevo a adulto requiere de tres semanas bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, la larva nace a los 4 días después de haber depositado el huevo y completa su desarrollo en un lapso de 10 días.

Las larvas producen minas continuas en las hojas las cuales son lineales e irregulares, de color blanquizco verdoso, con líneas conspicuas negras parecidas a hilos de excremento en los lados alternos de la mina. Las minas individuales son de poca importancia; sin embargo, cuando la población larval es grande pueden ser minadas hojas enteras y plantas muy dañadas parecen como si hubiesen sido chamuscadas por fuego. Las hojas minadas son susceptibles al daño por viento lo que ocasiona la defoliación completa del cultivo (López y Gastélum, 2003; Garza, 2001).

Las mosquitas hembras hacen diminutas picaduras en el haz de las hojas con su ovipositor puntiagudo, y se alimentan de la savia en alrededor de ocho de cada diez de estas picaduras y depositan huevecillos en las otras dos. Los machos son incapaces de picar las hojas pero ocasionalmente se alimentan de las fuentes disponibles realizadas por la actividad de las hembras (Garza, 2001).

Control cultural: La destrucción de malezas hospederas y de residuos de cultivos inmediatamente después de la última cosecha, son medidas de prevención muy importantes para reducir las poblaciones de esta plaga (Garza, 2001).

Control biológico: Se recomienda utilizar las avispas *Diglyphus sp* y *Ophius sp.* y *Chrysonotomyia sp* (López y Gastélum, 2003).

A nivel mundial, se han encontrado varios parasitoides del minador de la hoja, principalmente de las familias Braconidae, Chalcididae, Eulophidae y Pteromilidae; entre los que se encuentran: *Opius dissitus* Mausebeck, *O. insularis* Ashmead, *Diglyphus begini* Ashmead, *Hermitarsenus semialbiclavus* Girault, *Derostenus fullawayi* Crawford, *Chrysocharis parksi* Crawford. Estos parasitoides atacan a las larvas de minador de la hoja (Garza, 2001).

Control químico: Se recomienda la aplicación de los insecticidas llamados de nueva generación: Cyromazina (Trigard) y la abamectina (Agrimec). La Cyromazina ha demostrado ser efectiva contra larvas de minador de la hoja y segura para la fauna benéfica. El Avid 1.8 (1.0 y 0.75 L.ha⁻¹), Trigard 75 (0.80 y 0.60 Kg.ha⁻¹) y Lorsban 480 E (1.5 L.ha⁻¹) también son insecticidas efectivos contra larvas de minador de la hoja en el cultivo de tomate (López y Gastélum, 2003).

2.11.1.4. Acaro del bronceado del tomate

Es un acaro de la familia *Eriophyidae* originario de Australia y extendido por todo el mundo. Es una plaga de las solanáceas y también de otros cultivos como el pepino. Los mayores daños los produce en tomate, donde puede llegar a secar la planta. En menor medida ataca a berenjena, patata, petunia o tabaco. El huevo es más pequeño por lo que es invisible en campo. Las ninfas son blancas de aspecto similar a los adultos pero más pequeños y menos activas. El adulto mide poco más de 0.1 mm. Es alargado, en forma de coma, de color blancuzco o amarillo cerúleo y es poco móvil. No es visible a simple vista pero puede observarse sobre el cultivo con lupa (Fernández, 2011).

Los primeros síntomas, normalmente inadvertidos, se aprecian por una decoloración bronceada o herrumbe en el tallo primero, y hojas después, desde

la parte basal de la planta cercana al suelo, que se propaga en evolución ascendente. También ataca a los frutos. Los máximos de la población del acaro se encuentran encima de la zona afectada. A medida que asciende la plaga va desencadenando la parte baja, las hojas cambian de amarillo a un color (Fernández, 2011).

Control cultural: Eliminar malezas hospederas, desinfectar ropa, calzado, etc. Monitorear para detectar los primeros brotes y eliminar las primeras plantas afectadas (CESAVEG, 2013).

Control biológico: Realizar mezclas de repelentes como el ajo y canela mezclados con azufres (gránulos dispersables). Al detectar el primer brote, aplicar a todo el invernadero (CESAVEG, 2013).

Control químico: Realizar tratamientos localizados con acaricidas más azufre en los primeros brotes utilizando suficiente agua. Equilibrar los niveles de humedad relativa de 50 a 70% durante el día (CESAVEG, 2013).

2.11.1.5. Araña roja

Tetranychus urticae, los huevecillos recién puestos son verde claro brillantes, conforme se desarrollan adquieren un color café verdoso. Las ninfas son de color verde, a medida que avanza su desarrollo se presentan dos manchas en el idiosoma. Esta especie pasa por los estados de huevecillo, larva, dos instares ninfales y adulto. Los huevecillos se colocan entre la seda que secretan las hembras, en el envés de las hojas y en altas infestaciones se pueden observar huevecillos en el haz.

Esta plaga comienza a alimentarse de las células, para lo cual las perfora e ingieren su contenido. Los tejidos afectados muestran una coloración café y el follaje se observa bronceado. Prefiere alimentarse de hojas maduras mismas que se ubican a la mitad basal de la planta (Bautista y Alvarado, 2006).

Control cultural: El correcto manejo del riego puede llevar a reducciones de los daños causados por *T. urticae*, teniendo en cuenta que los cítricos sometidos a estrés salino generalmente acumulan metabolitos como mecanismo de defensa y estos compuestos pueden afectar al desarrollo de los ácaros (Arbona *et. al.*, 2003).

Control biológico: Realizar mezclas de repelentes como el ajo y canela mezclados con azufres (gránulos dispersables). Al detectar el primer brote, aplicar a todo el invernadero (CESAVEG, 2013).

Control químico: Realizar tratamientos localizados con acaricidas más azufre en los primeros brotes utilizando suficiente agua. Equilibrar los niveles de humedad relativa de 50 a 70% durante el día (CESAVEG, 2013).

2.11.2. Enfermedades

Cano *et. al.* (2002) determina que las principales enfermedades que atacan al cultivo de tomate bajo invernadero son la Cencilla (*Levellila taurina* Lev. Arnaud), el Tizón temprano (*Alternaria solani* Ell&Grout).

2.11.2.1. Tizón tardío

Provocado por *Phytophthora infestans*, las manchas son de color marrón claro a oscuro, de apariencia húmeda, de forma irregular, algunas veces rodeadas por un halo amarillento, no están limitadas por las nervaduras de las hojas. Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y puntas de las hojas. Bajo condiciones de alta humedad, se forman en la cara inferior (envés) de las hojas unas vellosidades blanquecinas que constituyen las estructuras del patógeno (esporangióforos y esporangios). Las lesiones se expanden rápidamente, se tornan marrón oscuro, se necrosan y causan la muerte del tejido. En el campo, las plantas severamente afectadas emiten un olor característico, debido a la rápida descomposición del tejido foliar (Pérez y Forbes, 2008).

2.11.2.2. Tizón temprano

Provocado por *Alternaria solani* (Ell. &Mart) L.R. Jones &Grout, este patógeno está ampliamente distribuido en todo el mundo y se ha encontrado en varias regiones productoras de tomate en México. La enfermedad se presenta en hojas, tallos y frutos. Aparece en cualquier época de desarrollo del cultivo. Las hojas atacadas se tornan amarillas y se caen. En los tallos y ramas, se presentan lesiones ovales o circulares, oscuras, alargadas y también con anillos concéntricos, que en ocasiones los circundan, lo que debilita las ramas y, por el

peso de los frutos las llega a romper. En los frutos aparecen lesiones ovales o circulares oscuras y hundidas, con anillos concéntricos, generalmente en el pedúnculo (Bautista y Alvarado, 2006).

En cuanto al manejo se recomienda el uso de variedades tolerantes y a través de aspersiones de productos químicos en forma preventiva. Las aplicaciones se realizan un poco antes de la fructificación y después a intervalos de 7 a 10 días. La rotación de cultivos por un periodo de 3 años reduce la cantidad de inóculo; también es conveniente eliminar residuos de cosecha (Bautista y Alvarado, 2006).

2.11.2.3. Moho gris

Provocada por *Botrytis cinerea*, se le conoce con el nombre de moho gris efecto de la esporulación de esporas frecuentemente del tejido afectado, esto se da bajo condiciones de frío y humedad que prevalecen en la noche y le dan al tejido enfermo, de color café grisáceo una apariencia vellosa. La infección se presenta como resultado de la germinación de esporas que pueden penetrar directamente a través de heridas en hojas, sépalos, pétalos y frutos (Nuño, 2007).

Para el control, en primer término es el manejo del cultivo y manipulación de ventilación dentro del invernadero, reduciendo la humedad relativa, haciendo circular aire para mantener seco el follaje, remoción de hojas viejas de la planta, aplicación de fungicidas en áreas con densas poblaciones (Nuño, 2007) .

2.11.2.4. Damping off o ahogamiento del tallo

Enfermedad provocada por un conjunto de patógenos, *Rizoctonia solani* (Lev.), *Pythium spp.* y *Fusarium spp.* el ahogamiento es común en tomate en climas templados y tropicales en todo el mundo. La enfermedad afecta semillas y plántulas en semilleros y almácigos, de diversos cultivos. Se consideran dos tipos de síntomas, a causa de la pudrición de la semilla, donde es común encontrar a *Pythium sp.* y *Rizoctonia solani*. Pueden encontrarse semillas que germinan pero las plantas no emergen del suelo a esto se le conoce como ahogamiento pre-emergente; el segundo tipo ocurre cuando las plántulas recién

emergidas del suelo se marchitan rápido debido a la pudrición de los tejidos del cuello de la raíz y presentan un estrangulamiento en esta zona y en ocasiones se observa una coloración negra arriba del cuello. *Pythium spp.*, así como *Rizoctonia spp.*, tienen amplia gama de hospedantes, incluyendo malezas, puede dispersarse en suelo contaminado o en el agua de riego. El exceso de fertilizantes nitrogenados favorece la infección (Bautista y Alvarado, 2006).

2.11.2.5. Cenicilla

La cenicilla es un problema serio en regiones de cultivo calientes áridas y semiáridas. Los primeros síntomas son lesiones que van de color verde claro a amarillo brillante, en el haz de las hojas. Las plantas afectadas se pueden defoliar, lo que tiene como resultado cosechas reducidas, frutos de menor tamaño y quemaduras de sol. En general, las cenicillas son hongos de hospedantes específicos, pero *O. simula* tiene un amplio intervalo de hospedantes. Típicamente los patógenos que provocan las cenicillas (*Levillula taurina* G. Arnaud; *Odiopsis simula* Scalia) no crecen dentro de la planta pero emiten austerios dentro de la misma, mientras que el micelio crece sobre la superficie (Bautista y Alvarado, 2006).

Para su manejo se tiene que tener limpio alrededor del cultivo, ya que *O. simula* tiene amplio intervalo de hospedantes. El éxito del uso de productos químicos depende de la detección oportuna de la enfermedad; también es necesario un buen cubrimiento en las aplicaciones (Bautista y Alvarado, 2006).

2.11.2.6. Marchitez

Causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, la marchitez aparece al inicio de floración o formación de primeros frutos y es un amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales gradualmente se marchitan, mueren adheridas a la planta y posteriormente caen al suelo. Los síntomas pueden aparecer en un solo lado de la planta (ataque en el tejido conductor de algunas ramas) mientras que el resto permanece sano, aunque pueden manifestarse en toda la planta. Al hacer un corte transversal en la parte baja del tallo se observa una coloración café oscura del tejido vascular (xilema). Si el corte es longitudinal se puede ver

la tonalidad café del tejido vascular a lo largo de todas las ramas, tallos y raíces. Las plantas en estas condiciones presentan achaparramiento, finalmente puede morir la planta y producir solo algunos frutos de baja calidad. El hongo puede estar en la semilla o en suelo, las clamidosporas pueden permanecer viables por más de cinco años y puede ser diseminado por suelo contaminado, agua de lluvia, implementos agrícolas, por la semilla, trasplantes y el agua de riego. El daño es más intenso de 21 a 33 °C. Las plantas mueren 2 a 4 semanas después de la infección. Otras condiciones que lo favorecen son días cortos, pocos luminosos, alto contenido de nitrógeno combinado con bajo contenido de potasio. Generalmente el ciclo empieza con la presencia de macronidios, microconidios, micelio y/o clamidosporas en el suelo infestado, éstos germinan y penetran por heridas o aberturas naturales, atacando el xilema e invadiéndolo todo, con lo cual éste adquiere una tonalidad amarillo ocre a café, la cual externamente se manifiesta como una clorosis; el micelio sigue desarrollándose y llega a invadir las células adyacentes al xilema; después se presenta una marchitez y la muerte de la planta. Las toxinas (lycomarasmina y ácido fusárico) y la obstrucción mecánica (tilosas) de los tejidos son los responsables de la marchitez y muerte de la planta (Delgadillo y Álvarez, 2003).

Para prevenir esta enfermedad se recomienda tratar la semilla con agua caliente por 20 minutos a 50 °C, que elimina al patógeno, fertilizar adecuadamente, dar riegos ligeros y frecuentes para tener humedad constante en el suelo, rotación de cultivos, esterilización de suelos ó sustratos en invernaderos y tratar la plántula por inmersión de raíz antes del trasplante con fungicida sistémico como el Tecto o Benlate. Otras medidas son; no fertilizar con demasiado nitrógeno y eliminar plantas atacadas (Delgadillo y Álvarez, 2003).

2.11.2.7. Virus del Mosaico de la alfalfa

Los síntomas son la aparición de mosaicos, moteados amarillo brillante, deformación de la lámina foliar, y en infecciones tempranas, marcada disminución del tamaño de la planta por acortamiento de entrenudos (Gutiérrez *et. al.*, 2001). En tallos en la parte apical de la planta ocasiona manchas

necróticas de color bronceado o pardo por un solo lado. En los frutos verdes se observan manchas irregulares a circulares, abolladas, ligeramente hundidas y de color pardo cubriendo toda la superficie al final. Este virus se disemina principalmente por medio de pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*) en forma no persistente, es decir cuando uno de los pulgones se alimenta de una planta infectada puede transmitir el virus inmediatamente a varias plantas sanas (Velasco *et. al.*, 2005).

2.11.2.8. Virus de las hojas amarillas en cuchara del tomate

Según Velasco *et. al.* (2005), las plantas presentan un aspecto raquítico y arbustivo, con hojas y folíolos pequeños, los bordes de las hojas se curvan hacia arriba dando la forma de “hoja acucharada” este síntoma se presenta en toda la planta junto con el desarrollo pobre, a diferencia de un enrollamiento de las hojas causado por el frío o por exceso de sales, pero que afecta el crecimiento de la planta. Este virus se disemina principalmente por el vector que es la mosquita blanca de la especie *Bemisia tabaci*, la que puede adquirir el virus de otro cultivo de tomate infectado, de malezas infectadas o de tabaco cultivado.

2.12. Otras alteraciones

2.12.1. Enrollamiento de las hojas

El enrollamiento de las hojas puede ser causado por las siguientes condiciones: cuando existen temperaturas menores de 10°C ocurre un enrollamiento de los folíolos a manera de “acucharamiento”, desde las hojas basales hacia el ápice de las plantas. Por la poda severa se provoca un desbalance hormonal en las plantas, que se manifiesta como deformación de las hojas. Por ataque de micoplasmas, que también provoca acucharamiento en las hojas aunque en este caso llega a presentar decoloración en las hojas jóvenes. También el exceso de sales en el sustrato después de varios ciclos de cultivo puede causar un enrollamiento en las hojas (Velasco *et. al.*, 2005).

2.12.2. Golpe de sol

Se produce por una exposición directa del fruto a los rayos del sol, lo cual genera un área blanca brillante y correosa. Se presenta cuando se realizan podas fuertes de hojas, dejando el fruto descubierto, lo que aumenta repentinamente la temperatura del fruto, ocasionando un daño en el tejido (Jaramillo *et. al.*, 2006).

Es importante dejar como mínimo dos hojas arriba del último racimo a la hora de hacer el despunte, mismas que servirán para alimentar a los últimos frutos y para darles sombra. Al momento de podar hojas se debe tener cuidado de quitar solo las que están cerca de los frutos próximos a cosechar y evitar que los frutos verdes queden expuestos al sol (Velasco *et. al.*, 2005).

2.12.3. Agrietado del futo

Puede manifestarse de tres formas, estrés por falta de agua, efecto de bajas temperaturas, cambios en la conductividad eléctrica. La primera ocurre cuando el agrietado se da a lo largo de todo el fruto, generalmente es provocado por cambios bruscos en la humedad en el sustrato, o por un riego muy pesado sobre todo cuando se tienen condiciones de altas temperaturas. En cuanto al efecto de bajas temperaturas se nota cuando el agrietado es circular, se le atribuye al efecto de temperaturas menores a 10°C durante el crecimiento y el desarrollo del fruto, que generalmente presenta una deformación. El agrietado que ocurre por los cambios en la conductividad eléctrica, se produce cuando existe un cambio en la conductividad eléctrica de la solución del suelo provocado por riegos con solución nutritiva y luego muy constantes con agua sola (Velasco *et. al.*, 2005).

Ante este desorden se recomienda el empleo de prácticas culturales que conllevan a un crecimiento de frutos uniforme y comparativamente lento, tales como mantener la humedad del suelo no muy alta y no aplicar volúmenes de riego excesivos al sustrato (Castellanos, 2009).

2.12.4. Pudrición apical

La pudrición apical es la más común de las fisiopatías, primero aparece en frutos verdes con desarrollo medio. Se manifiesta como áreas blancas o cafés del tejido locular. Como lesión interna aparece dañando el tejido en la placenta del fruto y de manera externa el pericarpio, la lesión no es del todo acuosa. Aparece una pequeña mancha de agua húmeda cerca de la cicatriz floral. Conforme la mancha se ensancha, el tejido afectado tiende a secarse y se torna ligeramente café oscuro, generalmente se desarrolla de manera bien definida una mancha corchosa hundida, pero se seca (Castellanos, 2009).

La pudrición apical se desarrolla cuando el calcio y/o los niveles de humedad en la zona radical son bajos. Sin embargo ahora se conoce que una interacción compleja de factores anatómicos, genéticos y ambientales son los que determinan si un determinado fruto desarrolla o no el desorden (Saure, 2001).

Se evita la incidencia de pudrición apical si se lleva a cabo un encalado de los techos del invernadero, un poco antes de que se presente el problema de temperaturas elevadas en el invernadero y un alto déficit de humedad. Esto evita que la demanda hídrica se dispare y que la planta pueda coordinar la velocidad de crecimiento del fruto con la velocidad en el suministro de agua y por tanto de calcio. El calcio en la zona radical debe ser adecuado y la concentración de los cationes de competencia no debe ser excesiva. El abastecimiento de agua debe basarse en un monitoreo efectivo, el agua no debe ser demasiada salina (Castellanos, 2009).

2.13. Cosecha

Guzmán y Sánchez (2000), indican que los frutos de tomate pueden recolectarse después de haber alcanzado su madurez fisiológica. Este estadio se caracteriza por la viabilidad de las semillas y un método práctico de determinarlo es cortar con una navaja el fruto. En un fruto fisiológicamente verde el corte afectará a las semillas, mientras que cuando las semillas son fisiológicamente viables, resbalan del filo de la navaja debido a la presencia de mucílagos en sus cubiertas, normalmente este momento coincide con la

coloración amarilla del ápice y la aparición de un brillo característico en la piel del fruto.

2.14. Generalidades del invernadero

Un invernadero es una estructura con una cubierta traslúcida usada para la protección de cultivos simulando las condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior (Castellanos, 2009; Sánchez, 2005).

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control edafoclimático alterando sus condiciones normales de hábitat como son el suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica (Castilla, 2005).

La aplicación de la tecnología de invernadero en los cultivos agrícolas fue motivada, en un inicio, por las condiciones climatológicas de algunos países. Tal es el caso de Israel a mediados del siglo XX. Esta misma tecnología se ha venido extendiendo en los últimos años a diferentes países que presentan problemas con el clima, la escasez de agua y con algunas plagas. Además, las exigencias de la economía global obligan a los productores agrícolas al uso de las variadas formas de esta tecnología para poder competir en los mercados internacionales (Dennis, 2007).

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera adecuada a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero, representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas de la raíz a las hojas (Jaramillo *et. al.*, 2006).

2.15. Ventajas y desventajas de los invernaderos

2.15.1. Ventajas del invernadero

De acuerdo con Anzures (2007), dentro de las principales ventajas que proporcionan los invernaderos están los siguientes:

- Producciones con alto valor añadido

- Precocidad en la producción
- Aumento en el rendimiento
- Producción fuera de época
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Control de plagas y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

2.15.2. Desventajas del invernadero

Así como tiene ventajas los invernaderos también poseen inconvenientes que repercuten en el productor:

- Alta inversión inicial
- Alto costo de operación
- Requiere de personal con alto nivel de experiencia práctica para el buen funcionamiento del invernadero.

2.16. Invernaderos en México

La superficie de invernadero en México para el 2009 se estimó en 10,000 ha y el 72% se dirige a la producción de tomate en sus diferentes modalidades, seguido por el pepino y el chile bell (González, 2009).

En México, la horticultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25% anual), lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas actualmente establecidas (Juárez *et. al.*, 2011). Los invernaderos en México han mostrado un incremento muy marcado en superficie, reportando que las primeras referencias de invernaderos en el país datan de 1990, hacia el año 2000 se estima alrededor de 500 hectáreas de invernaderos, mientras que para 2005 existían ya alrededor de 4,500 ha y para finales de 2007 8,000 hectáreas cubiertas por invernaderos (Cook, 2007).

Los cambios en las demandas y preferencias de los consumidores finales por productos de mayor calidad, frescos, más nutritivos, sanos e inocuos, y

durante todo el año, aceleraron el crecimiento de la producción de hortalizas bajo ambiente protegido en México (CONACYT, 2010).

Los estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50% de la producción total de cultivos protegidos (Juárez *et. al.*, 2011).

2.17. Tomate orgánico en invernadero

La producción de tomate bajo invernadero en México, se caracteriza por utilizar varios niveles tecnológicos en diferentes condiciones de clima (Grijalva y Robles, 2003).

La producción de tomate orgánico en invernadero es posible, permite la obtención de tomate aumentando los rendimientos considerablemente respecto a campo, además, se puede obtener producción durante todo el año además de mejorar la calidad de los productos (Márquez *et. al.*, 2009).

La diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en tipo el sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios (Dodson *et. al.*, 2002). Lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a partir de extractos vegetales (Navejas, 2002).

La productividad del tomate depende en gran parte del nivel tecnológico del invernadero y de las prácticas de manejo y dentro de éstas la elección de la variedad es primordial. La variedad a escoger debe adaptarse al tipo de infraestructura, que sea del tipo de tomate que demande el mercado, productiva y buena calidad del fruto, resistente a desórdenes fisiológicos y frutos con buen comportamiento en postcosecha (Berenguer, 2003).

2.18. Generalidades de los sustratos

El término sustrato es aplicado a los materiales sólidos, distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Los sustratos pueden ser de

materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar elementos nutritivos al proceso de nutrición de las plantas (Zaidan, 1997).

Actualmente en México se están extendiendo rápidamente los sistemas de producción de frutos o partes comestibles de hortalizas en condiciones de invernadero. El sistema más comúnmente utilizado es producir utilizando sustratos con o sin recirculación de soluciones nutritivas. Antes de usar un sustrato en explotaciones comerciales es muy importante el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo; de esto depende el éxito o el fracaso de una buena producción de las partes que se comercializan de un cultivo hortícola. Por otro lado es importante tomar en consideración el costo del sustrato. Es posible que en un sustrato barato no posea todas las propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas de un sustrato caro, sin embargo es importante considerar que estas se pueden adecuar por medio del manejo, de tal manera que la relación costo/beneficio se puede incrementar utilizando un sustrato barato (Burés, 1998).

En la búsqueda de materiales que sustituyan al suelo para tener una mayor inocuidad con materiales inertes, se ha llegado a la conclusión de que todos los materiales pueden ser útiles para el desarrollo de la planta, con algunas ventajas y también con ciertos inconvenientes (Samperio, 2004).

Los aspectos relacionados con la conservación del ambiente han dado paso al uso de sustratos, de tal manera que se incluyen como elemento de selección, que sean reciclables, optimicen el uso del agua, eviten el lavado de elementos nutritivos y que sean supresores de patógenos (Zarate, 2002).

El uso de sustratos en la agricultura es común en invernaderos donde se realizan cultivos intensivos, teniendo como principales ventajas el permitir: el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la cosecha, incremento en la calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena, 1994). Los sustratos entonces son la base para mejorar diversas composiciones de una región en particular, esperando con ello optimizar la producción y reducir costos (Ocampo *et. al.*, 2005).

2.19. Propiedades de los sustratos

2.19.1. Propiedades físicas

Las características físicas más importantes de un sustrato son la porosidad, la retención y disponibilidad de agua y el contenido de aire. La porosidad es el volumen total del sustrato que no está ocupado por partículas orgánicas ni minerales su nivel óptimo es mayor del 85%. El agua disponible de un sustrato, dadas sus características se encuentran en rangos muy limitados de tensión matricia. La capacidad de aireación es la porción de volumen del sustrato que está ocupada por aire, una vez saturado y drenado, suele corresponder con el 20% al 30% en volumen (Castilla, 2005).

Algunos parámetros físicos como la densidad aparente, el espacio poroso total, la resistencia al enraizamiento, la retención de humedad, humectabilidad, conductividad hidráulica y la difusibilidad son suficientes para caracterizar una gran variedad de sustratos (Michel, 2008). Otra característica de los sustratos es la distribución del tamaño de partículas, que influyen directamente en la porosidad (Castilla, 2005).

2.19.2. Propiedades químicas

En general, un sustrato debe tener una buena estabilidad química, que evite cualquier liberación de elementos que puede generar problemas de salinidad o fitotoxicidad, o inducir en la solución de precipitados indeseables (Castilla, 2005).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) define la cantidad de cationes que se pueden fijar por unidad de volumen o peso del sustrato. Los sustratos con CIC nula o muy baja serán los más adecuados. La CIC es importante en sustratos orgánicos y conviene saturarla antes de su uso con aportes de calcio, a fin de minimizarlas, para que no altere la disponibilidad de nutrientes programada en la fertirrigación. La salinidad en los sustratos puede alterarse por un desequilibrio entre absorción (más lixiviación) y aportes o por la elevada CIC del sustrato, por lo que el seguimiento de la CE de la solución es imprescindible. En cultivo sin suelo, la disponibilidad de elementos minerales es

esencial, por lo que el sustrato que no interfiera en esa disponibilidad será siempre preferible (Castilla, 2005).

2.19.3. Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas que puede contener un sustrato son el contenido de materia orgánica, la relación Carbono-Nitrógeno (Anzures, 2007).

Los sustratos de origen mineral son biológicamente inertes, lo que no ocurre con los sustratos orgánicos, que son biodegradables, pudiendo inducir liberación de amoníaco o de sustancias fitotóxicas o estimulantes. Hay que evitar el uso de sustratos orgánicos con alta biodegradabilidad. Con el uso todos los sustratos van acumulando restos de raíces, que se degradan. La relación carbono/nitrógeno (C/N) ha sido propuesta como índice de estabilidad biológica de los sustratos de origen orgánico. Una relación C/N entre 20 y 40 es considerada adecuada para el desarrollo de los cultivos en sustrato (Castilla, 2005).

2.20. Clasificación de los sustratos

Los sustratos se clasifican de acuerdo a su origen en: naturales, industriales y artificiales. El sustrato adecuado para un mejor desarrollo de los cultivos, es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y elementos nutritivos en forma disponible para la planta (Burés, 1998).

Desde el punto de vista de su utilización hortícola, los sustratos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos o minerales. Los sustratos orgánicos pueden ser de origen natural o sintético, incluyendo también a diversos subproductos de origen natural. Los sustratos minerales pueden ser de origen natural o transformados artificialmente, incluyendo en este grupo diversos subproductos industriales (Castilla, 2005).

2.20.1. Sustratos orgánicos

Los sustratos orgánicos son aquellos que por su origen están sujetos a descomposición, es decir, liberan los nutrientes que éstos contengan. Son sustratos orgánicos las turbas, la cascarilla de arroz y trigo, la cascara de almendra, la paja de algunos cereales, los troncos triturados y aquellos que

contengan nutrientes asimilables para las plantas (Samperio, 2004). 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 *et. al.*, 2002).

Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen el compost y el vermicompost, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen y Carey, 2004).

2.20.2. Sustratos inorgánicos

En el caso de los sustratos inorgánicos se encuentran aquellos que son de origen natural, es decir son obtenidos a partir de rocas o minerales de origen diverso (ígneos, metamórficos o sedimentarios), no son biodegradables. Los transformados industrialmente son materiales provenientes de rocas o minerales, que han sufrido un proceso químico o físico, con el objetivo de obtener fibras o gránulos ligeros muy porosos, entre ellas destacan la perlita, lana roca, vermiculita, arcillas expandidas, etc. (Hitchon *et. al.*, 1990).

También están disponibles los residuos y subproductos industriales como sustratos, éstos son materiales provenientes de diversas actividades industriales: residuos de procesos de combustión, desechos de minería, escoria de los hornos, escoria de carbón etc. (Burés, 1998).

2.20.3. Criterios para elección de sustratos

El mejor sustrato de cultivo variará en cada caso, según las condiciones concretas del empleo, el mejor sustrato para el desarrollo de la planta debe tener buenas condiciones físicas (con elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente aireación, baja densidad aparente, alta porosidad total y estabilidad de características y de estructuras) así como buenas propiedades químicas y biológicas. Además, debe tener un costo (en el cual el transporte es muy importante) acorde con sus prestaciones. La disponibilidad del sustrato en el ámbito local suele ser determinante en la

elección, no hay que olvidar que la elección del sustrato debe estar de acuerdo con el nivel tecnológico del invernadero, especialmente con el nivel del sistema de fertirrigación (Castilla, 2005).

2.21. Compost

El compost es el resultado de un proceso de biodegradación de materia orgánica llevado a cabo por organismos y microorganismos del suelo bajo condiciones aerobias. Como resultado de la acción de estos organismos, el volumen de desperdicios se reduce entre un 50 y un 85%(Pico, 2002).

El compost puede mejorar las características del suelo tales como la fertilidad capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fosforo y potasio, mantiene alores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto *et. al.*, 2002) y como sustrato no contamina el ambiente (Rodríguez *et. al.*, 2008).

La elaboración de compost, ya sea bacteriana o mediante lombrices, tiene varias ventajas; reduce los olores del estiércol, no atrae moscas, minimiza la concentración de patógenos, reduce la diseminación de malezas y adiciona compuestos orgánicos estabilizados que mejoran la estructura del suelo (Figuroa y Cueto, 2002).

En la producción orgánica, el compost es aceptado dentro del proceso de producción, únicamente deben cubrir ciertos requisitos como es el de voltearla por lo menos cinco veces, manteniendo la temperatura entre 55 y 76 °C por tres días y que la relación C:N sea entre 25:1 y 40:1 (NOP, 2004).

2.22. Vermicompost

El Vermicompost es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices. Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico, tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la

capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Cruz *et. al.*, 2009).

El uso de vermicompost, generado a partir de diversos residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad (Santamaría *et. al.*, 2001). Lo anterior, se fundamenta en la demanda creciente de alimentos inocuos y deterioro del ambiente, que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos (Cruz *et. al.*, 2003). El vermicompost como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Rodríguez *et. al.*, 2008).

2.23. Té de vermicompost

El uso del té de vermicompost en la producción orgánica en invernadero puede reducir costos, aumentar el vigor en las plantas y reducir los efectos negativos al medio ambiente (Atiyeh *et. al.*, 2000). Se puede utilizar como un fertilizante líquido por las grandes cantidades de nutrientes que posee además podría contribuir al desarrollo del cultivo a partir de la plántula ya que contiene ácidos húmicos (Warburton y PillaiMcGarry, 2000).

La principal contribución del té de vermicompost es la adición de reguladores de crecimiento, tales como ácidos húmicos y reguladores de crecimiento vegetal absorbidos en el ácido húmico (Arancon *et. al.*, 2005). Los ácidos húmicos son moléculas que regulan los procesos implicados en el desarrollo de las plantas, tales como la absorción de micro y macro nutrientes (Atiyeh *et. al.*, 2000).

2.24. Uso de algas en la agricultura

Las algas marinas, se utilizan desde hace tiempo como aditivos para suelos; actúan como acondicionador del suelo por su alto contenido en fibra y como fertilizante por su contenido en minerales. Las algas marinas así como sus derivados, se utilizan gracias al alto contenido en NPK y en todos los macro elementos y micro elementos, además de 27 sustancias naturales cuyo efecto es similar a los reguladores del crecimiento de las plantas: vitaminas,

carbohidratos, proteínas y sustancias biosidas que actúan contra algunas enfermedades (Crouch y Van Staden, 1993).

Los efectos conseguidos por los productos formulados a base de algas marinas como bioestimulantes de las plantas son: aumento del crecimiento de las plantas (Arthur *et al.*, 2003), adelanto de la germinación de las semillas (El-Sheekh y El-Saied, 2000), retrasan la senescencia, reducen la infestación por nematodos (Featonby-Smith y Van Staden, 1983), incrementan la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada *et al.*, 1999), mejorar el crecimiento de las raíces (Jones y Vanstanden, 1997), incrementar la cosecha de frutos y semillas (Zurawicz *et al.*, 2004), e incrementar el grado de maduración de los frutos (Fornes *et al.*, 2002). Los extractos de algas marinas son ricos en citoquininas y auxinas, fitorreguladores involucrados en el crecimiento y en la movilización de nutrientes en los órganos vegetativos (Hong *et al.*, 1995).

México cuenta con extensos litorales con plataforma marina donde proliferan las algas, aun no se ha cuantificado esta producción, pero al juzgar por las cantidades super-industriales que el mar arroja a las playas y que ahí se pudren es muy probable que, al utilizarlas, haya algas suficientes como materia prima para tratar los 12 millones de hectáreas de tierra que México tiene de riego y buen temporal (Canales, 2000).

2.25. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de agricultura sostenible que independientemente de los conceptos que se le puede dar, busca el equilibrio armónico entre el desarrollo agropecuario y los componentes del ecosistema. Se basa en la utilización racional de los recursos localmente disponibles como: tierra, clima, agua, vegetación nativa y endémica, animales y las habilidades y el conocimiento de las culturas permanentes, para generar una agricultura que sea económicamente factible, ecológicamente protegida, culturalmente adaptada y socialmente justa. Reduciendo al mínimo la pérdida de nutrientes, biomasa, energía y evitando la contaminación (Herrera, 2008).

La agricultura orgánica nace desde nuestros ancestros, indígenas que tuvieron la capacidad de alimentar a más de treinta millones de habitantes en áreas reducidas, utilizando únicamente insumos naturales locales. La nueva escuela de agricultura orgánica, que tomo fuerza en Europa y Estados Unidos alrededor de 1970, nació como una respuesta a la revolución verde y la agricultura convencional (Amador, 2001).

La agricultura orgánica ha despertado gran interés, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. La reconversión progresiva hacia la agricultura orgánica, la investigación, las actividades de transformación y consumo de productos también llamados biológicos ha registrado un comportamiento de gran dinamismo. Durante los últimos años, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la demanda y el consumo de productos orgánicos, sobre todo en los países desarrollados. La explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación a la ingesta de productos alimenticios inocuos, sanos, de los cuales se conozca su origen y trayectoria real, así como la mayor conciencia por la conservación del medio ambiente, y algunas posiciones de solidaridad con grupos sociales menos favorecidos en los países en vías de desarrollo (Zamorano, 2005).

La utilización de residuos orgánicos para fertilizar los cultivos es una práctica obligada en la agricultura orgánica, estos materiales tienen un alto contenido de materia orgánica, microorganismos y una elevada concentración de nutrientes (Preciado *et al.*, 2007).

La importancia ecológica de la agricultura orgánica consiste en que evita la contaminación de la tierra, del agua y del aire, al igual que preserva y valoriza los recursos naturales como base de las explotaciones agrícolas, protege la fertilidad natural de los suelos a largo plazo, desarrolla métodos de producción respetuosos del ambiente, mantiene un uso óptimo de los recursos naturales locales y de los recursos naturales renovables, evita la erosión hídrica y eólica, la salinidad y la degradación física y biológica de los suelos, conserva el agua,

favorece los ciclos biológicos en el agrosistema y evita la erosión génica (Anzures, 2007).

2.26. Agricultura orgánica en el mundo

La producción orgánica mundial va en constante crecimiento, y ha revolucionado, sin perder la esencia de la materia orgánica, no obstante, existen cuatro principales problemas en la producción, la comercialización, limitantes ambientales, costos de producción y la insuficiente capacitación e investigación (Cano *et al.*, 2005).

Los países con el mayor número de productores orgánicos son: Uganda, India, Etiopía y México. Se estima que casi la mitad de los productores orgánicos del mundo se ubica en África (Ochoa y Ortega, 2010). Los países latinoamericanos han crecido en forma importante tal es el caso de Perú, Paraguay, Ecuador y Colombia. Actualmente se estima una superficie certificada de 600, 000 ha en los países asiáticos y 200, 000 ha entre los países africanos (Demarchi, 2000).

2.27. Agricultura orgánica en México

En México la producción orgánica representa ya un rubro importante, gracias a que cubre más de 50,000 hectáreas certificadas bajo un esquema de producción sustentable y genera más de 47 millones de dólares en divisas, propiciando la revalorización de la agricultura tradicional, la generación de empleos (3.7 millones de jornales anuales) y mayores ingresos principalmente para producción de hortalizas orgánicas (Robledo *et al.*, 2002).

En el año 2000, en México existían 262 zonas de producción orgánica, ubicadas en 28 estados de la república, entre los cuales destacan: Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran el 82.8% de la superficie orgánica total. Los estados de Chiapas y Oaxaca cubren el 70% del total. De las 668 zonas de producción orgánica detectadas para el 2004, el 45.26% corresponden a café orgánico, 29.56% a frutas, 12.77% a aguacate, 6.57% a hortalizas y 5.665 a granos (Gómez *et al.*, 2003).

El desarrollo de sistemas de producción orgánicos en México responde a una tendencia mundial de cambio de prioridad al crecimiento económico, consumo material, y seguridad legal, hacia una mayor preocupación por la calidad de vida, el ambiente y la sociedad, etc. Esta tendencia también se vincula con un mayor nivel de ingresos y con el hecho de que los consumidores gastan relativamente cada vez menos en alimentos (menos del 10% de su ingreso, en promedio, en los países desarrollados), por lo que están en mejor posibilidad de satisfacer sus nuevas necesidades. La creciente demanda por productos verdes, entre ellos, los productos orgánicos, son parte de esta tendencia postmaterialista (Inglehart y Abramson, 1994).

2.28. Mercado de productos orgánicos

El mercado interno de los productos orgánicos se encuentra en una etapa incipiente, dado que sólo 15 por ciento de la producción orgánica se consume dentro de México y sólo 5 por ciento se vende como orgánica (Schwentesius *et. al.*, 2010).

El número de mercados orgánicos locales en México está creciendo rápidamente gracias a productores y consumidores comprometidos; sin embargo, cada mercado enfrenta retos significantes, muchos de ellos comunes (Schwentesius *et. al.*, 2010).

El mercado de los EE.UU. para productos orgánicos, es el más grande del mundo y es también el que ha registrado de manera constante un crecimiento, aun en periodos de recesión económica (Ochoa y Ortega, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de latitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1120 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la región lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de aridez. La temperatura promedio fluctúa entre los 28 °C y 40 °C, pero puede alcanzar hasta 48 °C en verano y -8°C en invierno.

3.2. Localización del experimento

El presente estudio se llevó a cabo durante los meses de octubre 2011 a abril 2012 en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), ubicada en la Carretera a Santa Fe, Periférico Raúl López Sánchez Km 1.5 en la ciudad de Torreón, Coahuila.

3.3. Condiciones experimentales

El experimento se llevó a cabo en el invernadero No. 2 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna la cual tiene una superficie de 250.8 m². La forma del invernadero es semicircular con una estructura metálica, cubierta lateralmente de lámina de policarbonato, cuenta con un suelo recubierto por grava, con una excelente pendiente de drenado, con un sistema de enfriamiento que consta de una pared húmeda y un par de extractores de aire, ambos sistemas están sincronizados para accionarse por sensores.

3.4. Diseño experimental

La investigación se llevó a cabo con una distribución de completamente al azar con la interacción de ocho tratamientos con cuatro repeticiones, evaluando el genotipo Cuauhtémoc de la compañía Harris-moran®, en diferentes sustratos (Cuadro 3.2).

El llenado de macetas se llevó a cabo el día 20 de octubre del 2011, con sustratos en mezcla a base de arena, composta y vermicompost, proporciones mencionadas en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Proporción de sustratos para tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2013.

Sustrato	Proporción por maceta	Tratamientos que lo ocupan
Arena	1:100	T1 y T2
Arena y compost	1:1	T3 y T4
Arena y vermicompost	1:1	T5 y T6
Arena, compost y vermicompost	1:1:1	T7 y T8

3.6. Material genético

El material genético que se utilizó fue el de la Variedad Cuauhtémoc híbrido de crecimiento indeterminado de frutos grandes y ovalados, posee resistencia a *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum*, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne javanica*, Virus del Mosaico del Tomate. Resistencia intermedia al Virus de las Hojas Amarillas en Cucaracha del tomate (TYLC).

3.7. Siembra

La siembra de las semillas se llevó a cabo el 03 de Octubre del 2011 en charolas de 200 cavidades, utilizando Peat-moss como sustrato.

3.8. Trasplante

En el momento en que la plántula alcanzó 15 cm de altura se realizó el trasplante en macetas con capacidad de 20 kg con los sustratos antes mencionados. Esta actividad se llevó a cabo el día 07 de noviembre del 2011.

3.9. Poda

En cuanto al manejo de la planta se realizó una primera poda al tener la planta una cantidad de 5 hojas, eliminando las hojas basales maduras.

Posteriormente se realizaron podas semanales donde se eliminaron las yemas axilares, hojas dañadas y viejas. Se hizo podas de frutos eliminando los excesivos procurando dejar los frutos con mayor llenado para la cosecha.

3.10. Polinización

Esta práctica se llevó a cabo durante la floración, se realizó la polinización manual utilizando una vara de madera y agitando las flores, se dispersó el polen con la ayuda de los extractores, se realizó la polinización a las 12:00 h todos los días.

3.11. Bajado de plantas

Con la finalidad de facilitar el manejo de la planta, la toma de datos y cosecha y evitar que la planta alcanzara la zona alta del invernadero evitando la zona de máxima acumulación de calor se realizó el bajado de la planta, de manera que todas las plantas se bajasen hacia el mismo lugar evitando el mezclado de estas para su estudio.

3.12. Riego

Se realizó un riego pesado con un recipiente de medida conocida antes del trasplante para eliminar las sales contenidas en el sustrato. El volumen del riego fue de 8 L de agua por maceta.

Los riegos posteriores al trasplante fueron variando conforme la planta pasaba en sus diversas etapas fenológica. El volumen de agua en los primeros riegos fue de 500 mL por maceta de té de vermicompost dos veces al día (tratamientos orgánicos) uno en la mañana y otro por la noche, y 500 mL de solución por maceta para los tratamientos minerales. Seguido la fenología de la planta se aplicó durante la aparición de las flores la cantidad de 1 L de té de vermicompost para los tratamientos con fertilización orgánica, mientras que para los de mineral se regaba con la solución a un litro por maceta por el día y un litro de agua por la tarde. En el comienzo de la fructificación se realizaron riegos de 1 L de té de vermicompost por la mañana y 1 L de agua por la noche (tratamientos con fertilización orgánica), mientras que para los de mineral se rego un litro de solución por maceta en la mañana y 1 L de agua por la tarde.

Se hicieron igual los riegos destinados para el lavado de sales cada 8 días con una cantidad de 2 L de agua por maceta en todos los tratamientos.

3.13. Fertilización orgánica

3.13.1. Té de vermicompost

El té de vermicompost se elaboró de acuerdo a la metodología de Edwards et al. (2010), como se describe a continuación: para eliminar el exceso de cloro que se utiliza para potabilizar el agua, en un tambo de 100 litros se colocaron 60 L de agua y se generó turbulencia durante tres horas con una bomba de aire. Posteriormente, se colocaron 6 kilos de vermicompost en una bolsa de plástico tipo red colocando la bolsa con la vermicompost dentro del tanque con agua previamente aireada. Finalmente se agregó 40 gr de piloncillo como fuente de energía soluble, 15 mililitros de una fuente de nitrógeno, fósforo y potasio orgánico (Gregalis®, 8 % N, 10 % P, 8 % K, Agroquímicos Versa S. A. de C. V.). La mezcla se dejó fermentar por 24 horas con la bomba de aire encendida. Para diluir el té a una proporción 1:3 se utilizó 1 L de té de vermicompost por cada 3 litros de agua, de esta mezcla se aplicará 1 L por maceta.

3.13.2. Algas

Se hicieron seis aplicaciones del producto con extracto de algas (Algaenzims®, de la empresa PALAO-BIOQUIM S. A. de C. V.), para los tratamientos con algas; la 1ª aplicación se hizo al momento del trasplante (aplicación foliar al cepellón del 1%), la 2da aplicación foliar (1 L ha⁻¹) se efectuó al inicio de la floración y después de cada corte se aplicó vía foliar el producto (250 mL ha⁻¹).

3.14. Fertilización inorgánica

Se realizó una solución nutritiva a base de nitratos para los tratamientos de fertilización mineral. Se hacía una mezcla de nitrato de potasio (76 gr) en 100 L de agua. Y se alternaba con fosfato de amonio.

Cuadro 3.2 Diseño de los tratamientos. UAAAN UL 2013

Tratamiento	Sustrato	Fertilización
--------------------	-----------------	----------------------

T1 (testigo)	Arena	Mineral
T2	Arena	Mineral y algas
T3	Arena y compost	Orgánica
T4	Arena y compost	Orgánica y algas
T5	Arena y vermicompost	Orgánica
T6	Arena y vermicompost	Orgánica y algas
T7	Arena, compost y vermicompost	Orgánica
T8	Arena, compost y vermicompost	Orgánica y algas

3.14. Control de plagas y enfermedades

En cuanto a las plagas que atacaron a cultivo solo podemos mencionar la incidencia de la mosquita blanca, que fue controlada con el uso del producto Phytoneem®, que es un insecticida elaborado a base de extracto de Neem. Se usó en las últimas cosechas donde ocurrió la aparición de esta plaga del cultivo.

3.14. Cosecha

Se llevó a cabo la cosecha cuando los frutos alcanzaban una coloración rojiza, se realizaba cada semana para así ayudar a la planta a llenar los frutos y madurarlos para la siguiente cosecha.

3.15. Variables evaluadas

3.15.1. Peso del fruto

Para esta variable se utilizó una báscula de precisión, se realizaba el pesaje por racimos y se escogía el fruto con las características más amenas al estudio para su pesado individual. Se hicieron para todos los tratamientos de la misma manera.

3.15.2. Número de frutos

Se contaron los frutos presentes en el racimo durante la cosecha, esto se hizo por cada planta.

3.15.2. Diámetro Polar

De cada racimo se escogieron los frutos con mayores características y se les tomo el diámetro polar, se utilizó para esto un vernier.

3.15.3. Diámetro Ecuatorial

Al igual que para el diámetro polar en esta variable se utilizó el Vernier para la obtención del dato del diámetro ecuatorial de los tomates escogidos para su estudio.

3.15.4. Grosor de Pulpa

Para el grosor de la pulpa se realizó un corte trasversal al tomate de modo que el corte nos permitiera medir con el vernier el diámetro o bien el grueso de la pulpa del tomate elegido para su estudio.

3.15.5. Número de lóculos

Para el número de lóculos se dispuso a cortar el tomate seleccionado para su estudio, contándose el número de lóculos que poseía.

3.15.6. Sólidos solubles

Para los °Brix se utilizó un instrumento llamado refractómetro, el cual permitió conocer los niveles de °Brix en el tomate. Para la determinación de esta variable se seleccionó un fruto en el punto de madurez de consumo, se partió con un cuchillo y se procedió a colocar cuatro gotas sobre el cristal del refractómetro. Finalmente se tomó la lectura.

3.16. Análisis estadístico

Con la finalidad de determinar el efecto entre los tratamientos estudiados, a los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias con el método DMS (0.05).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza (Cuadro A1) demuestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 40.03 %.

Los tratamientos T1 (testigo) y T2 son iguales entre si y diferentes a los demás tratamientos (T3, T4, T5, T6 y T7), pero el tratamiento T1 es estadísticamente igual al tratamiento T4 (Cuadro 4.1).

El mejor rendimiento obtenido fue el del tratamiento T2 con 107.61 ton/ha, manejado este con mezcla entre fertilización mineral y aspersion de algas marinas y con sustrato de arena, mientras el de menor rendimiento el tratamiento T7 con 37.17 ton.ha⁻¹ se manejó con fertilización orgánica con sustrato a base de arena más compost más vermicompost (Cuadro 4.1).

En los tratamientos de fertilización mineral (T1 y T2) se observa claramente la superioridad del tratamiento T2, esto debido a la aplicación de algas marinas ya que ésta posee propiedades reguladoras del crecimiento de la planta y por ende del llenado de los frutos. Mientras que en los demás tratamientos (T3, T4, T5, T6, T7 Y T8) a los que se les apporto algas marinas son superiores a los tratamientos sin éstas.

Hernández (2007), usando fertilización inorgánica a base de nitratos y ácido fosfórico entre otros, obtuvo un rendimiento de 139.7 ton/ha, y con una fertilización orgánica a base de lixiviado de vermicompost un rendimiento de 61.8 ton/ha, dichos resultados, el primero supera al obtenido con el tratamiento T2, y el segundo iguala al obtenido con el tratamiento T4. Mientras que para los tratamientos T3, T5, T6, T7, T8 con fertilización orgánica los resultados son menores al de 61.8 ton.ha⁻¹, y el tratamiento T1 está por debajo del resultado de éste autor.

Cuadro 4.1. Medias para la variable rendimiento (ton.ha⁻¹) de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.

Tratamiento	Rendimiento promedio (ton.ha ⁻¹)
T2	107.61 a
T1	80.63 ab
T4	61.63 bc
T5	45.50 c
T6	45.06 c
T8	43.58 c
T3	42.23 c
T7	37.17 c
DMS(0.05)	34.1

Michel (2007) utilizando el genotipo Big Beef, de crecimiento indeterminado, con sustrato de arena y fertilización orgánica obtuvo 177.31 ton.ha⁻¹, estando por encima de las medias resultantes de ésta investigación, ya que los tratamientos (T3, T4, T5, T6, T7 y T8) con el mismo tipo de fertilización tuvieron como resultados de entre 37.17 a 61.63 ton.ha⁻¹, esto debido quizá a la interacción de sustratos con la planta y por qué no, con la misma adición de nutrientes.

Del Rio (2008), con el manejo orgánico de tomate obtuvo rendimientos de 104 ton.ha⁻¹, usando como sustrato la composta y arena, lo que demuestra que el tratamiento T3 con el mismo sustrato queda debajo de este resultado, sin embargo el tratamiento T2 demuestra superioridad con 106.67 ton.ha⁻¹ debido a la fertilización mineral y la aplicación de algas marinas.

Gutiérrez (2008), obtuvo con la fertilización con lixiviado de vermicompost rendimientos de 47.09 ton/ha, lo que indica que los tratamientos T3, T5 se asemejan a los resultados mientras que el tratamiento T7 queda por debajo de este, además el tratamiento T4 supera éste resultado. Los tratamientos con

fertilización mineral (T1, T2) superan éste resultado con medias de 107.61 y 80.63 ton.ha⁻¹.

4.2. Número de frutos

El análisis de varianza (Cuadro A2) demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 35.06 %.

El tratamiento T2 es diferente a todos los demás tratamientos al mismo tiempo que estos (T1, T3, T4, T5, T6, T7 y T8) son iguales entre sí.

El tratamiento con mayor número de frutos promedio fue el T2 por la acción entre las fertilizaciones pues se le aplicó fertilización mineral y algas marinas. El tratamiento con menos frutos por planta fue el T7 con 12.75 frutos por planta. Mientras que los demás tratamientos (T1, T3, T4, T5, T6 y T8) se encuentran en la media de los dos tratamientos mencionados anteriormente (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Medias para la variable Número de frutos de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.

Tratamiento	Número de frutos
T2	34.75 a
T1	20.00 b
T4	18.50 b
T3	14.25 b
T8	13.75 b
T6	13.50 b
T5	13.25 b
T7	12.75 b
DMS(0.05)	7.30

Los resultados de los tratamientos aquí estudiados son similares a los encontrados por Carreón (2009), con una media de 20.4 frutos por planta, con aplicación de vermicompost en sustrato de arena.

Ortega *et. al.* (2010), utilizando el genotipo Sun 7705 de tipo indeterminado contraponen los resultados con un promedio de 44 frutos por planta, utilizando solución nutritiva mineral y en sustrato de aserrín. Esto puede ser debido a que el ciclo de producción utilizado fue el de primavera verano, donde la radiación solar incidía en el invernadero y así se logró el amarre y llenado de frutos. Mientras que en los tratamientos evaluados en la presente investigación se realizó durante otoño-invierno con radiaciones solares mínimas lo que demuestra esos resultados.

Moreno *et. al.* (2005) obtuvieron medias entre los 8 y 17 frutos por planta, con el genotipo Floradade, con sustratos a base de mezclas de vermicompost mas arena. Dichos resultados son superados por los tratamientos con fertilización mineral (T2 y T1), y también el tratamiento T4 con sustrato de compost y fertilización orgánica. Mientras que los demás tratamientos (T3, T5, T6, T7 y T8) se encuentran en el rango de resultados obtenidos por dicha investigación.

4.3. Peso del fruto

El análisis de varianza (Cuadro A3) arrojó un 35.06 % de coeficiente de variación, lo que indica diferencias no significativas entre los tratamientos.

Estadísticamente todos los tratamientos son similares. El tratamiento T2 que obtuvo mayor peso de fruto con 116.95 gr, y el tratamiento T3 el de menor peso con 74.26 gr. Sin embargo los demás tratamientos (T1, T4, T5, T6, T7,y T8) se comportaron similares a media de estos dos tratamientos (T2 y T3) (Cuadro 4.3).

Los tratamientos con fertilización mineral superan a los demás tratamiento debido a que los nutrimentos están disponibles directamente a la planta mientras que los tratamientos orgánicos proceden de una descomposición para que la planta asimile sus propiedades nutritivas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio superan a los obtenidos por Carreón (2009), que utilizó como sustrato la arena y fertilizo con vermicompost, encontrando medias de 54 a 49 gr por fruto.

Cuadro 4.3. Medias para la variable Peso del fruto de los tratamientos estudiados. UAAAN-JUL 2013.

Tratamiento	Peso de fruto (gr)
T2	116.95 a
T1	105.43 a
T6	87.76 a
T5	87.06 a
T4	84.06 a
T8	78.02 a
T7	75.88 a
T3	74.26 a
DMS(0.05)	45.73

Rivera (2006) encontró un peso promedio entre frutos de 143.96 gr, a base de sustratos de arena y vermicompost, superando los obtenidos en los tratamientos T5 y T6 con el mismo sustrato, además de los resultados obtenidos en los tratamientos (T2, T3, T4, T7 y T8) se encuentran muy debajo de éste.

De la misma manera Chávez (2004), demostró resultados superiores a los encontrados con una media de casi 226 gr por fruto, en mezclas de arena y perlita bajo invernadero.

4.4. Diámetro ecuatorial

El análisis de varianza (Cuadro A4) demostró que existen diferencias no significativas entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 9.00 %.

El tratamiento T1 (testigo) con 5.40 cm de diámetro polar es estadísticamente diferente a los tratamientos T2 con 4.65 cm y T3 con 4.68 cm mientras que los demás tratamientos (T4, T5, T6, T7 y T8) resultaron iguales estadísticamente (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Medias para la variable Diámetro Ecuatorial de los tratamientos estudiados. UAAAN-UL 2013.

Tratamiento	Diámetro Ecuatorial (Cm)
T1	5.40 a
T6	5.03 ab
T5	4.99 ab
T8	4.85 ab
T4	4.84 ab
T7	4.79 ab
T3	4.68 b
T2	4.65 b
DMS(0.05) 0.65	

Los resultados obtenidos fueron superados por los obtenidos por Partida (2005), el cual reporto diámetros de 7 cm con fertilización orgánica y sustrato a base de arena más compost y 7.41 con fertilización inorgánica. Michel (2007) también reporta valores de 7.0 cm en su investigación con fertilización orgánica de igual manera quedando muy debajo los tratamientos aquí estudiados en cuanto a esta variable.

4.5. Diámetro Polar

El análisis de varianza (Cuadro A5) demostró que para este parámetro los tratamientos no tienen diferencia significativa, con un coeficiente de variación de 9.27 %, siendo el T1 con 6.42 cm el que sobresale de los demás y el más bajo en cuanto al diámetro polar fue el T2 con 5.61 cm (Cuadro 4.5).

Los resultados obtenidos por Carreón (2009) con medias de 4.87 a 5.11 cm manejados éstos con sustrato de arena y con fertilización orgánica a base de vermicompost, son superados por los obtenidos en los tratamientos (T3, T4, T5, T6, T7 y T8) con manejo similar.

Cuadro 4.5. Medias para la variable Diámetro Polar para los tratamientos estudiados. UAAAN-JUL 2013.

Tratamiento	Diámetro Polar (Cm)
T1	6.42 a
T5	6.18 a
T6	6.09 a
T4	6.02 a
T3	5.97 a
T8	5.89 a
T7	5.89 a
T2	5.61 a
DMS(0.05) 0.86	

Borrallas (2006) utilizando fertilización a base de té de compost en sustrato de arena obtuvo 6.7 cm de diámetro polar y una media de 6.8 cm en sustrato de arena y compost, superando la media obtenida en los tratamientos estudiados.

4.6. Número de lóculos

El análisis de varianza (Cuadro A6) demostró un coeficiente de variación de 10.55 %.Indicando que entre los tratamientos no tienen diferencias no significativas, observándose que la media en número de lóculos es de 2 en todos los tratamientos (Cuadro 4.6). Valores de 4.77 a 5.05 en el número de lóculos obtenidos por Del rio (2008) superan los encontrados en los tratamientos evaluados en el presente estudio.

Chávez (2004), supera los resultados obtenidos en este estudio con una media de 4.93 lóculos por fruto en sustratos a base de arena y perlita, con fertilización orgánica.

Carreón (2009), iguala el resultado con medias de 2.3 y 2.5 lóculos por fruto en el híbrido Sun-7705, con un manejo orgánico a base de sustrato de arena más fertilización con vermicompost.

Cuadro 4.6. Medias para la variable Número de lóculos de los tratamientos estudiados. UAAAN-JL 2013.

Tratamiento	Numero de lóculos
T6	2.58 a
T1	2.57 a
T5	2.53 a
T8	2.46 ab
T4	2.40 ab
T3	2.24 ab
T2	2.22 ab
T7	2.12 b
DMS(0.05) 0.37	

En cuanto al número de lóculos todos los tratamientos son iguales es decir que la reacción de los sustratos y la fertilización orgánica e inorgánica utilizada no influye en la cantidad de lóculos, lo que contrapone a lo dicho por Michel (2007) que la combinación de sustratos influían directamente en el número de lóculos. Los resultados igualan lo mencionado por Melo (2007), quien concluye que la interacción de fertilización orgánica e inorgánica no influye en el número de lóculos.

4.7. Espesor de pulpa

El análisis de varianza (Cuadro A7) para este parámetro arrojó un coeficiente de variación de 12.10%, indicando diferencias no significativas entre los tratamientos.

El tratamiento con mayor espesor en pulpa fue el T4 con 0.77 cm y estadísticamente es igual a los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6 y T7, siendo diferente al T8 (Cuadro 4.7).

Del Rio (2008), en cuanto a este parámetro encontró valores de 0.72 cm lo indica similitud con los tratamientos (T1, T4 y T5). Sin embargo los

tratamientos (T2, T3, T6, T7 y T8) son inferiores al resultado de este investigador.

Cuadro 4.7. Medias para la variable Espesor de pulpa de los tratamientos para estudiados. UAAAN-UL 2013.

Tratamiento	Espesor de pulpa (Cm)
T4	0.77 a
T1	0.73 ab
T5	0.73 ab
T6	0.72 ab
T3	0.68 ab
T2	0.66 ab
T7	0.66 ab
T8	0.63 b
DMS(0.05)	0.12

Rodríguez *et. al.* (2008), con el genotipo Miramar y Big Beef encontró para esta variable medias de 0.84 cm y 0.70 cm respectivamente, el primero superando a los datos obtenidos en los diferentes tratamientos mientras que el segundo los resultados de los tratamientos (T1, T4, T5, T6) son similares, mientras que en los otros (T2, T3 T7 y T8) fue superior.

4.8. Sólidos solubles

El análisis de varianza (Cuadro A8) arrojó para este parámetro que existen diferencias altamente significativas, con un coeficiente de variación de 9.39%. Demostrando que los tratamientos con fertilización orgánica superan a los resultados de los tratamientos con fertilización inorgánica (Cuadro 4.8).

Resultados similares a los del presente estudio fueron encontrados por Chávez (2004), que utilizó los híbridos Bosky, Andre, F. Filon, bajo condiciones de invernadero con sustrato a base de perlita y arena encontrando medias con valores de 4.7 °Brix.

Rodríguez *et. al.* (2009), iguala los resultados obtenidos con medias de 4.5 y 4.7 °Brix, en los tratamientos con fertilización orgánica que manejo.

Cuadro 4.8. Medias para la variable Solidos solubles de los tratamientos evaluados. UAAAN-UL 2013.

Tratamiento	Solidos solubles (°Brix)
T8	4.80 a
T3	4.59 a
T6	4.50 ab
T4	4.49 ab
T7	4.24 abc
T5	3.96 cd
T1	3.69 cd
T2	3.62 d
DMS(0.05) 0.59	

Los resultados obtenidos por Rodríguez *et. al.* (2007), con medias de 5.3 y 5.1 en sólidos solubles son superiores a los encontrados en los tratamientos T4 y T5 ambos con sustrato de arena más vermicompost con fertilización orgánica respectivamente. Sin embargo los datos obtenidos de los tratamientos del presente estudio se encuentran dentro del rango de solidos solubles recomendados para tomate para procesado y consumo en fresco de 4.5 ° Brix (Díez, 2001).

V. CONCLUSIONES

Al evaluar los efectos entre los sustratos y la fertilización se encontró que el tratamiento con mejor rendimiento es el tratamiento T2, con un rendimiento total de 107.61 ton/ha, con sustrato a base de arena con la fertilización mineral y aspersion de algas marinas, lo que indica que el uso de algas en fertilización mineral como complemento nutricional permite el mejor desarrollo de la planta y por ende la mejor calidad de frutos, siendo así que el tratamiento obtuvo el mayor peso de fruto con una media de 116 gr, y la mayor cantidad de frutos por planta con 34.76 frutos.

El uso de té de vermicompost y algas marinas como fertilizante, siendo observados en el presente estudio mejoran la calidad y el rendimiento del tomate en comparación de los tratamientos fertilizados simplemente con té de vermicompost.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. G. F., Quiñones, P. F. J., Galván, L. R. y Chávez, S. N. 2002. Cómo producir tomate en la región de Delicias, Chihuahua. Folleto técnico No. 8. INIFAP-SAGARPA. México. Pp. 14 – 15.
- Alrøe, H. F. y Kristensen, E. S. 2004. “Basic principles for organic agriculture: Why and what kind of principles?” *Ecology & Farming*: 1-8.
- Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Abril, 2001. IICA.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-prensa. Pp. 107 – 109.
- Anzures, M. S. 2007. Producción de tomate con te de composta bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreon, Coahuila, México. Pp.14 – 15.
- Arbona, V., Flors, V. Jacas, J. A., García, P. and Gomez-Cadenas, A. 2003. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant resposness of *Carrizo citrange*, a salt-sensitive citrus rootstock, to different leves of salinity. *Plant Cell Physiol* 44:388-394.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzeger, J. D. y Lutch, C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, August 2005, vol. 49, No. 49. Pp. 297 – 306.
- Arthur, G.D., Stirk, W.A. y Vanstaden, J. 2003. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. *South African Journal of Botany* 69: 207-211.

- Atherton, J. G. y Rudich, J. 1986. Flowering, pp. 167 – 200. *In*: Anthernon J. G. y J. Rudich (Ed.) The tomato crop. University Press, Cambridge.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A. y Metzger J. D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresourcetechology*, December 2000, vol. 75, No. 3. Pp. 175 – 180.
- Avilés, G. M. C., Garzón, T. J. A., Marín, J.A., Caro, U. P. M. 2002.El psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc.): biología y ecología. Pág. 13-19. En: Avilés CM, Gálvez RJB, Garzón TJA (eds.), Memoria del Taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc., como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa. 25 y 26 de julio del 2002. 100 p.
- Bautista, A. y Alvarado, J. 2006. Producción de jitomate en invernadero. Colegio de postgraduados. Texcoco, México. Pp. 3-16, 103-233.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *En*: Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. (Eds) Castellanos J. Z., Muñoz R. J. J. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 147 – 174.
- Borrallas, L. 2006. Producción de tomate orgánico bajo condiciones de invernadero fertilizando con té de composta. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp. 66 – 76.
- Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. *En*: tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal. Narciso Pastor Sáez. Coordinador. Ediciones de Universidad de Lleida. Pp. 10 – 18
- Camacho, F. F. 2004. Técnicas de producción de cultivos protegidos. Libro II. Caja rural intermediterranea, Cajamar. España.
- Canales, L. B. 2000. Enzimas-algas: posibilidades de usos para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra volumen 17*, No. 3. Pp. 271 – 276.

- Canales, L. B. 2001. Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Resultados de investigación. PALAU BIOQUIM S.A. de C.V. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 4 – 5.
- Cano, R. P., Rodríguez, D. N., Chef, Y., Jiménez, F. y Nava, V. 2002. Identificación de plagas y enfermedades del tomate bajo condiciones de invernadero. En: XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacios, Durango. México. Pp. 220 – 225.
- Cano, R. P., Márquez, H. P., Figueroa, V. U., Rodríguez, D. N., Martínez, C. V., y Moreno, R. A. 2005. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. *En: XVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Memorias.* (9; 2005). Gómez Palacio, Durango, México. Pp. 30 – 54.
- Carreón, S. E. 2009. Optimización de riegos para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp. 43 – 56.
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri S. C. México. Pp. 19 – 50.
- Castilla, N. P. 2005. Invernaderos de plástico (Tecnología y manejo). Edición Mundí-Prensa. Madrid-Barcelona-México. Pp. 200 – 266.
- Chávez C. J. J. 2004. Efecto de cuatro niveles de composta en híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp. 87 – 100.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp. 43 – 87. *En: F. Nuez* (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Mexico.
- Claassen V. P. & Carey J. L. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *CompostSci. &Util* 12(2): 145-152.
- Comisión Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato (CESAVEG). 2013. Plagas y enfermedades en jitomate. Consulta en línea 12/11/2013. Pag. http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_jitomate_11.pdf

- Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2010. Fondo sectorial de investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agrobiotecnología y recursos filogenéticos. SAGARPA-COFUPRO. México. Pp. 4 – 5.
- Concejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo (CONEVYT). 2008. Producción de jitomate con técnicas de hidroponía. SEP-México. México. Pp. 8 – 93.
- Cook, R. 2007. El mercado dinámico de la producción de tomate fresco en el área del TLCAN. Departamento de Agricultura y Recursos Económicos. Universidad de California, Davis. (En línea) (USA). <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-773.pdf> (consulta 12/09/2012).
- Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios (IDEA). San salvador, El Salvador. Pp. 1 – 5.
- Crouch, I. J. y Van Staden, J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *PlantGrowthRegulator*. 13: 21-29.
- Cruz, L. E., Estrada, B. M. A., Robledo, T. V., Osorio, O. R., Márquez, H. C. y Sánchez, H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y Vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia*. Villahermosa, Tabasco, México. Pp. 59 – 67.
- Delgadillo, S., F., y Álvarez, R. 2003. Enfermedades del Jitomate y Pimiento en Invernadero. En: J. Z. Castellanos y M. Guzmán Palomino (Eds). *Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas*. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S.C.
- Del Rio, R. J. G. 2008. Comparación de 2 genotipos de tomate en sustratos orgánicos en invernadero. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. Pp. 77 – 78.

- Demarchi, C. 2000. Los productos orgánicos ganan más espacio. Gaceta Mercantil Latinoamericana. Negocios. Semana del 2 al 3 de octubre de 2000.
- Dennis, R. R. 2007. La tecnología de invernadero en el valle del yaqui, una alternativa para el desarrollo regional. En: Memorias del Octavo Congreso Nacional y Cuarto Congreso Internacional de la Red de Investigación y Docencia sobre Innovación Tecnológica. Culiacán, Sinaloa, México. Pp. 1 – 15.
- Díez, J. M. 2001. Tipos varietales, pp. 95 – 129. En: el cultivo del tomate. Nuez F, Ed. Mundi-Prensa. D.F. Mexico.
- Dodson, M., Bachmann, J. & Williams, P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA.
- Edwards, C. A., Askar, A., Vasko-Bennet, M. and Arancon, N. 2010. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicompost or Teas on Plant Growth and Yields. In: Vermiculture Technology, ed. C.A. Edwards, N. Arancon and R. Sherman. 235-248. CRC Press, Boca Raton, FL. DOI:10.1201/b10453-16.
- El-Sheekh, M.M. y El-Saied, A.E.F. 2000. Effect of crude seaweed extracts on seed germination, seedling growth and some metabolic processes of *Vicia faba* L. *Cytobios* 101: 378 - 382.
- Escaff, G. M., Gil, M. P., Ferreyra, E. R., Estay, P. P., Bruna, V. A., Maldonado, B. P. y Barrera, M. C. 2005. El cultivo del tomate en invernadero. INIA. La Cruz, Chile. Pp. 20 – 30.
- Featonby, S. B.C. y Vanstaden, J. 1983. The effects of seaweeds concentrate on growth of tomato plants in nematode-infected soil. *Scientia Horticulturae* 20: 137-146.
- Fernández, B. J. 2011. Filocoptes, *Aculops lycopersici* Tomate. Ficha técnica de sanidad vegetal. Ficha n° 060. Dirección general de agricultura y Ganadería. Pp.1.
- Figueroa, V. U. y Cueto, W. J. A. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Ponencia presentada como parte del curso: “Abonos

- orgánicos”, impartido dentro del XXXI congreso nacional de la ciencia del suelo, 15 de octubre de 2002. Torreón, Coahuila.
- Fornes, F., Sánchez, P. M. y Guardiola, J.L. 2002. Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and Navelina orange. *Botánica Marina* 45: 486 - 489.
- Garza, U. E. 2001. El minador de la hoja *Liriomyza spp.* y su manejo en la planicie huasteca. INIFAP-NORESTE. Folleto técnico No. 5. San Luis Potosí, México. Pp. 5 – 7.
- Gómez, T.L., Gómez, C. M. 2003. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. CIESTAAM y AUNA – Cuba, Chapingo, México. Pp. 10 – 91.
- González, N.J.F. 2009. La Agricultura Protegida. Horticultivos. Editorial Agro Síntesis S.A. de C.V. México, D.F. p.6.
- Grijalva, C.R.L. y Robles, C.F. 2003. Avances en la producción de hortalizas en invernadero. Publicación Técnica No.7. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Regional del Noroeste, Campo Experimental Caborca, Sonora, México. pp. 14-18.
- Guzmán, M. y Sánchez, A. 2000. Sistemas de Explotación y Tecnología de Producción. En: J. Z. Castellanos y M. Guzmán Palomino (Eds). Ingeniería, Manejo y Operación de invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C.
- Gutiérrez, D. L. J., Ramírez, R. S., Salazar, P. A. 2001. Manual de plagas y enfermedades del jitomate, tomate de cascara y cebolla en el estado de Morelos. Inifap-SAGAR-CIRCE. Zacatepec, Morelos, México. Pp. 1 – 77.
- Gutiérrez, M. J. 2008. Determinación de nitratos, fosfatos y potasio en planta de tomate mediante análisis de extracto de peciolo, fertilizado con lixiviado de vermicompost. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. Pp. 28 – 29.

- Hernández, M. L. 2007. Análisis de crecimiento de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero con fertilización inorgánica contra fertilización con lixiviado de vermicompost. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila. Pp. 60 – 61.
- Herrera, I. F. 2008. Manual de agricultura orgánica “Verdes gotas de vida” una alternativa sostenible para Galápagos. FUNDAR Galápagos. Ecuador. Pp. 11 – 70.
- Hitchon, G. M., Hall D. A. Szmidt, R. A. K. 1990. Hydroponic production of glasshouse tomatoes. *In*: Sardinian plaster-grade perlite. *Acta Horticulturae* 287: 261 – 266.
- Hong, YP.CC., Chen, HL., Cheng, y CH, L. 1995. Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract. *Gartenbauwissenschaft* 60: 191-194.
- Inglehart, R. and Abramson, P. R. 1994. Economic security and value change. *In*: American Journal of political science. Vol. 88, number 2. U.S.A., pp. 336-354.
- Jaramillo, N. J., Rodríguez, V. P., Guzmán, A. M. y Zapata, M. A. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín técnico 21. CORPOICA. Antioquía, Colombia. Pp. 7 – 17.
- Jaramillo, J. E., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M. Reingifo, T. 2007. Manual técnico: Buenas Practicas Agricolas en la Produccion de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. FAO-Corpoica-MANA. Colombia. Pp.
- Jones, N.B. y Vanstaden, J. 1997. The effect of a seaweed application on the rooting of pine cuttings *South African Journal of Botany* 63: 141-145.
- Juárez, L. P., Bugarín, M. R., Castro, B. R., Sánchez, M. A. L., Cruz, C. E., Juárez, R. C. R., Alejo, S. G. y Balois, M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista fuente* año 3. México. Pp. 21 – 22.
- Kuwada, K.T., Ishii, I., Matsushita, I., Matsumoto, y Kadoya, K. 1999. Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular-arbuscularmycorrhizal

- fungi and their infectivity on trifoliate orange roots Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 68:321-326.
- Labrador, M., J., Procura, J. L. y Reyes, P. J. L. 2004. Fertilizantes, enmiendas, activadores biológicos, sustratos y acondicionadores de suelo. In: Labrador M., J (ed.) Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica. Sociedad española de agricultura ecológica. p. 117-180.
- Lesur, L. 2006. Habito de crecimiento. Manual del cultivo del tomate: una guía paso a paso. Editorial Trillas. Pp. 13-21.
- López, M., M. y Gastélum, R. 2003. La importancia del minador de la hoja *Liriomyza spp.* En los cultivos de tomate y chile y su manejo. Diagnóstico y manejo de las principales plagas de tomate y chile. Fundación Produce Sinaloa A.C.
- Maroto, J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi–Prensa. 5ta edición. España. Pp. 403 – 455.
- Márquez, H. C., Cano, R. P., Rodríguez, D. N., Moreno, R. A., De la Cruz, L. E., García, H. J. L., Preciado, R. P., Castañeda, G. G. y García, P. C. 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. *En: Memorias del XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, I simposio “Producción Moderna de Melón y de Tomate”*. Torreón, Coahuila, México. Pp. 1 – 18.
- Melo, J. 2007. Fertilización orgánica e inorgánica en tomate bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Michel, M. R. 2007. Evaluación de un híbrido de tomate con fertilización orgánica e inorgánica con diferentes sustratos bajo invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Michel, J. C. 2008. Experience with selected physical methods to characterize the suitability of growing media for plant growth. *Acta Hort. (USA)* 239 – 250.

- Moreno, R. A., Valdés, P. M. T. y Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost bajo condiciones de invernadero. agricultura técnica (chile) 65(1): 26-34..
- Nava, C.U. 2002. Muestreo, monitoreo y umbrales económicos del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc). Pág. 55-77. En: Avilés CM, Gálvez RJB, Garzón TJA (eds.), Memoria del Taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc., como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa. 25 y 26 de julio del 2002. 100 p.
- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable técnica No. 5
- Namensy, A. 2004. Tomates producción y comercio. Ediciones de Horticultura, S.L. Barcelona, España. Pp. 23 – 33.
- National Organic Program (NOP). 2004. The national organic program. USDA-USA.
- Nieto, G. A., Murillo, A. B., Troyo, D. E., Larrinaga, M. J.A., García, H. J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum*L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España. Pp. 47 – 70.
- Nuño, M. R. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California. Fundación Produce. México. Pp. 1 – 17.
- Ocampo, M., Caballero, M. y Tornero, C. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. *En: agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo sustentable.* (Eds.) Tornero C. M. A., Silva G. S. E., Pérez A. R. y Bonilla F. publicación especial de la benemérita universidad autónoma del estado de Puebla. Pp. 55 – 74.
- Ochoa, B. R. y Ortega, R. C. 2010. El mercado de productos orgánicos, hacia una tendencia creciente. En: *Revista claridades agropecuarias.* México. Pp. 4 – 28.

- Ortega, M. L. D., Sánchez, O. J., Ocampo, M. J., Sandoval, C. E., Salcido, R. B y Manzo, R. F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *In: Ra Xiamha*, septiembre-diciembre, 2010/volumen 6, Numero 3. Universidad Autónoma Indígena de México, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. Pp. 339-346.
- Pérez, S. M. M. 2007. Guía técnica para la industrializar el tomate. Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa. México. pp. 4 – 5.
- Pérez, W. y Forbes, G. 2008. Manual técnico, El tizon tardío de la papa. Centro internacional de la papa. Lima, Peru. Pp. 18 – 21.
- Pico, A. G. C. 2002. Composta. Universidad de Puerto Rico-Recinto Universitario de Mayagüez- Colegio de Ciencias Agrícolas. Puerto Rico. Pp. 1 – 2.
- Pilati, R. A. y Bouso, C. A. 2000. Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* Vol. 15(1-2).
- Preciado, R. P., Ochoa, M. E., Figueroa, V. U., Cano, R. P. y Segura, C. M. A. 2007. Té de composta como sustituto de la solución nutritiva en la producción de tomate. En: *Memorias de la XIX Semana Internacional de Agronomía*, FAZ-UJED. Venecia, Durango, México. Pp. 508 – 513.
- Resh, H. M. 1997. *Cultivos hidropónicos*. Cuarta edición. Editorial Mundi-Prensa. España. Pp. 275- 425.
- Rivera, R. J. L. 2006. Efecto de diferentes mezclas de vermicompost y arena en el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp. 25 – 26.
- Robledo, T. V., Hernández, D. J. y Bacópulos, T. E. 2002. Producción de hortalizas en invernadero, con enfoque orgánico. En: *Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía*, FAZ-UJED, Venecia, Durango, México. Pp. 47 – 55.

- Rodríguez, F. H., Muños, L. S., Alcorta, G. E. 2006. El tomate rojo; sistema hidropónico. Editorial trillas. México. Pp. 43 – 54.
- Rodríguez, D. N., Cano R. P., Favela, C. E., Figueroa, V. U., Paul, A. V., Palomo, G. A., Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp. 185 – 192.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V. U., Palomo, G. A. Favela, C. E., Paul, A. V., Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana. México. Pp. 265 – 272.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Favela, C. E., Figueroa, V. U., Favela, C. E., Moreno, R. A., Márquez, H. C., Ochoa, M. E. y Preciado, R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamérica Volumen 27, número 4, 2009. Pp. 319-327.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería y desarrollo Rural (SAGAR). 2000. Guía de Plaguicidas Autorizados de Uso Agrícola. Dirección General de Sanidad Vegetal. 504p.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2000. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Volumen 1. Centro de Estadística Agropecuaria. D.F. México. Pp. 598 – 617.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*). SAGARPA. México. Pág. <http://www.siap.gob.mx>.
- Samperio, R. G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Primera edición. Editorial Diana S. A. de C. V. México D. F. Pp. 57 – 71
- Santamaría, R. S., Ferrera, C. R.; Almaraz, S. J. J., Galvis, S. A., Barois, B. I. 2001. “Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo”. Agrociencia. 35: 377-384.

- Saure, M. C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a calcium or a stress-related disorder Riview. Scientia Horticulture. Pp. 193 – 208.
- Schwentesius, R. R., Nelson, E. y Gómez, C. M. A. 2010. Producción orgánica y mercados locales en México. Revista 2000Agro. México. Pp. 1 – 2.
- Syngenta. 2010. Boletín técnico; Producción de Tomate Bajo Invernadero. Segunda edición. México. Pp. 76.
- Velasco, V. J., Ferrera, C. R. y Almaraz, S. J. J. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra 19: 241-248.
- Velasco, H. E., R. Nieto, A. y E. R. Navarro, L. 2005. Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. Mundi-Prensa. D. F., México. Pp. 21 – 116.
- Warburton, K. y Pillai-McGarry, U. executive Summary of inForm 2000. In: Warburton K., Pillai-McGarry U. y Ramage D. eds. Integrated biosystems for sustainable development.
- Zamorano, U. J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias.
- Zárate, L. T. 2002. Características de los sustratos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Pp. 62 – 63.
- Zurawicz, E., Mazny, A. y Basak, A. 2004. Productivity stimulation in strawberry by application of plant Bio regulators. 653: 155-160.

APÉNDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza para Rendimiento. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	16802.212	2400.316	4.46	0.0035
Repetición	3	1858.376	619.458	1.15	0.3514
Error experimental	21	11292.41	537.73		
T. Total	31	29953.00			
C.V. 40.03%					

**Altamente significativo

Cuadro A2. Análisis de varianza para Número de frutos. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	1543.968	220.566	8.96	<0.0001
Repetición	3	50.843	16.947	0.69	0.5691
Error experimental	21	516.906	24.614		
T. Total	31	2111.718			
C.V. 28.19%					

** Altamente Significativo

Cuadro A3. Análisis de varianza para Peso de fruto. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	6359.974	908.567	0.94	0.4978
Repetición	3	4021.592	1340.530	1.39	0.2745
Error experimental	21	20307.476	967.02271		
T. Total	31	30689.044			
C.V. 35.06%					

N/S No significativo

Cuadro A4. Análisis de varianza para diámetro polar. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	1.565	0.223	0.66	0.7060
Repetición	3	2.277	0.759	2.23	0.1150
Error experimental	21	7.162	0.341		
T. Total	31	11.006			
C.V. 9.72%					

N/S No significativo

Cuadro A5. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	1.603	0.229	1.18	0.3574
Repetición	3	1.586	0.528	2.72	0.0707
Error experimental	21	4.089	0.194		
T. Total	31	7.280			
C.V. 9.00%					

N/S No significativo

Cuadro A6. Análisis de varianza para espesor de pulpa. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	0.058	0.008	1.18	0.3568
Repetición	3	0.012	0.004	0.58	0.6351
Error experimental	21	0.150	0.007		
T. Total	31	0.221			
C.V. 12.10%					

N/S No significativo

Cuadro A7. Análisis de varianza para número de lóculos. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	0.876	0.125	1.97	0.1082
Repetición	3	0.003	0.001	0.02	0.9969
Error experimental	21	1.333	0.063		
T. Total	31	2.213			
C.V. 10.55%					

N/S No significativo

Cuadro A8. Análisis de varianza para Sólidos solubles. UAAAN UL 2013

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F	F>P
Tratamiento	7	5.284	0.754	4.76	0.0025
Repetición	3	0.570	0.190	1.20	0.3342
Error experimental	21	3.330	0.158		
T. Total	31	9.185			
C.V. 9.39%					

** Altamente significativo