

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**PRODUCCIÓN DE TOMATE TIPO BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN
INVERNADERO CON DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS**

POR:

AURORA LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCIÓN DE TOMATE TIPO BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN
INVERNADERO CON DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS

POR:

AURORA LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

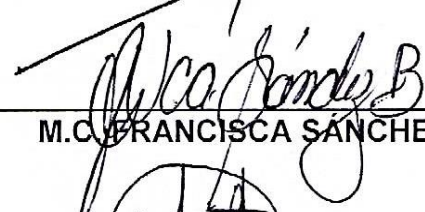
APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

ASESOR:



M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

ASESOR:

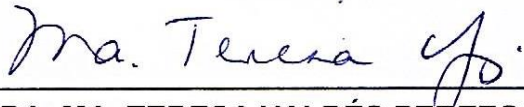


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

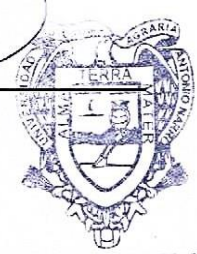
ASESOR:



DR. ALFREDO OGAZ



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


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCIÓN DE TOMATE TIPO BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN
INVERNADERO CON DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS

POR:

AURORA LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:



ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

VOCAL:



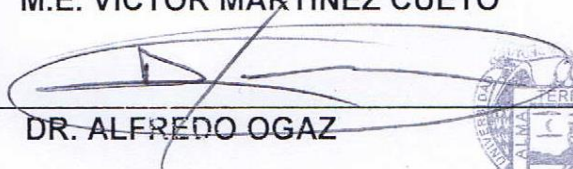
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

VOCAL:

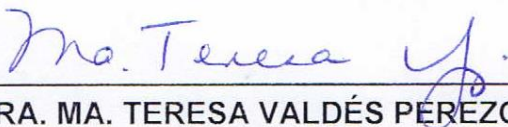


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO


VOCAL SUPLENTE:



DR. ALFREDO OGAZ



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


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2014

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por las muchas y grandes bendiciones que he recibido día a día, por acompañarme en cada momento de la vida, quien con su infinito amor me ha guiado y dado la fortaleza en los momentos más difíciles y permitirme llegar hasta este punto en la culminación de mi carrera profesional y mostrarme que con su ayuda se pueden lograr muchas cosas.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Por abrirme sus puertas y haber contribuido a mi educación y darme la oportunidad de escalar un peldaño más en esta formación académica y profesional.

A MI ASESOR PRINCIPAL:

Ing. Juan Manuel Nava de los Santos quien me brindó todo el apoyo posible, por su tiempo, paciencia y es pieza clave de la realización de este trabajo.

A MIS ASESORES

MC. Francisca Sánchez Bernal, ME. Víctor Martínez Cueto, Dr. Alfredo Ogaz quienes me apoyaron y colaboraron para la realización del presente trabajo.

A MI NOVIO

José Luis Alcántara por estar conmigo estos 3 años, por brindarme su apoyo, amor y comprensión, por estar a mi lado en momentos difíciles y por apoyarme en la realización de este trabajo. Te amo.

Agradezco al personal del departamento de horticultura, quienes me brindaron sus conocimientos, consejos, confianza y formación en el transcurso de mis estudios profesionales.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Jacobo Humberto López Feria y Josefina López García

Las personas más importantes en mi vida y a quienes les agradezco por apoyarme siempre y haberme dado el legado más importante de la vida que es la educación porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión.

A mi padre que lo amo, y que siempre ha estado cuando lo he necesitado, en los buenos y en los malos momentos, por la motivación constante de seguir adelante, por ese amor incondicional, por su sacrificios y esfuerzo que tuvo que hacer constantemente.

A mi madre uno de los pilares más grande de mi vida, con la que me hubiese gustado compartir el momento de mi graduación, sin embargo, esto no será posible pues Dios decidió llevársela. Pero donde quieras que te encuentres todo lo que me enseñaste lo tendré presente el resto de mi vida.

A MIS HERMANOS

Por todo ese apoyo incondicional, por estar conmigo en los buenos y malos momentos que hemos vivido y por darme ánimos para salir adelante a lo largo de mi carrera profesional a pesar de la distancia que nos separa. Los quiero mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE APÉNDICE	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Metas	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen del tomate	4
2.2 Clasificación taxonómica	4
2.3 Descripción botánica	5
2.4 Generalidades del invernadero	6
2.4.1 Ventajas de la producción bajo invernadero	8
2.4.2 Desventajas de la producción bajo invernadero	10
2.5 Requerimientos climáticos del cultivo del tomate	11
2.5.1 Temperatura	11
2.5.2 Humedad relativa	11
2.5.3 Luminosidad	12
2.5.4 Ventilación, y/o enfriamiento	12
2.5.5 Contenido de CO ₂ en el aire	12
2.5.6 Radiación en el cultivo del tomate	13
2.6 Elección del genotipo	13
2.7 Labores culturales	15
2.7.1 Aporcado y rehundido	15
2.7.2 Tutorado	15

2.7.3 Poda	15
2.7.4 Poda de brotes laterales o axilares	16
2.7.5 Podas de hojas o deshojado	16
2.7.6 Poda del brote apical.....	16
2.7.7 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos	17
2.7.8 Polinización	17
2.8 Índice de cosecha y calidad	18
2.8.1 Índice de cosecha.....	18
2.8.2 Calidad del fruto	20
2.8.3 Sólidos solubles (°Brix).....	21
2.9 Sustratos	22
2.9.1 Tipos de sustratos	24
2.9.2 Funciones de los sustratos.....	24
2.9.3 Clasificación de los sustratos	25
2.10 Solución nutritiva (SN).....	25
2.10.1 Fertilización y Fertirrigación.....	26
2.10.2 Conductividad eléctrica en la solución nutritiva	28
2.10.3 Potencial Hidrogeno (pH) de la solución nutritiva.....	29
2.10.4 Temperatura de la solución nutritiva.....	30
2.10.5 Fertilizantes comerciales	30
2.11 Antecedentes de producción de tomate con fertilizantes inorganicos en invernadero con diferentes conductividades electricas.	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	33
3.2 Localización del experimento	33
3.3 Forma del invernadero	33
3.4 Material genético	33
3.5 Diseño experimental.....	34
3.6 Preparación de macetas.....	34
3.7 Siembra.....	34

3.8	Trasplante	34
3.9	Fertirriego	34
3.10	Fertilización	35
3.11	Procedimiento para la preparación de la solución nutritiva	36
3.12	Manejo del cultivo.....	37
3.12.1	Poda.....	37
3.12.2	Tutorado	37
3.12.3	Polinización	37
3.13	Control de plagas y enfermedades.....	37
3.14	Cosecha	38
3.15	Variables evaluadas en tomate	38
3.15.1	Peso del fruto	38
3.15.2	Diámetro polar	38
3.15.3	Diámetro ecuatorial	39
3.15.4	Espesor de pulpa.....	39
3.15.5	Sólidos solubles (° Brix).....	39
3.16	Análisis estadísticos	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1	Números de frutos.....	40
4.2	Diámetro polar	41
4.3	Diámetro ecuatorial	41
4.4	Número de lóculos.....	42
4.5	Sólidos solubles (°Brix).....	43
4.6	Espesor de pulpa.....	44
4.7	Rendimiento por planta	45
4.8	Rendimiento por total (t·ha ⁻¹).....	45
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	LITERATURA CITADA	48
VII.	APÉNDICE	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Contexto taxonómico del genero <i>Lycopersicon</i>	4
Cuadro 3.1 Composición de la solución nutritiva (Testigo) empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 2 dS·m ⁻¹	35
Cuadro 3.2 Composición de la solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 1 dS·m ⁻¹	35
Cuadro 3.3 Composición de la solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 3 dS·m ⁻¹	36
Cuadro 4.1 Números de frutos por planta evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas, a tres racimos.	40
Cuadro 4.2 Diámetro polar (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.....	41
Cuadro 4.3 Diámetro ecuatorial (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas	42
Cuadro 4.4 Números de lóculos en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.....	43
Cuadro 4.5 Sólidos solubles (°Brix) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.	44
Cuadro 4.6 Espesor de pulpa (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.	44
Cuadro 4.7 Rendimiento por planta (kg) en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas, a tres racimos.	45
Cuadro 4.8 Rendimiento en t·ha ⁻¹ en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas , a tres racimos.	46

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1 A. Análisis de varianza para la variable números de frutos por planta en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013	57
Cuadro 2 A. Análisis de varianza para la variable diámetro polar en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013.....	57
Cuadro 3 A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013	58
Cuadro 4 A. Análisis de varianza para la variable números de lóculos en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013	58
Cuadro 5 A. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (° Brix) en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN- UL. 2013.....	59
Cuadro 6 A. Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013..	59
Cuadro 7 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (kg) en el cultivo de tomate tipo bola bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013	60
Cuadro 8 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento en t·ha ⁻¹ en el cultivo de tomate tipo bola bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013	60

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas que más se produce en hidroponía, y sus características de nutrición y sabor gustan a muchos grupos de consumidores. Una alta conductividad eléctrica en la solución nutritiva generalmente permite mejorar el sabor de la fruta, aunque la producción se puede afectar al obtener frutos de menor tamaño.

El objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento y calidad del tomate bola con diferentes conductividades eléctricas (CE), en invernadero. Los tratamientos consistieron en tres valores de Conductividad eléctrica (1, 2 y 3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) en la que la de conductividad eléctrica 2 deciSiemens ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) es el testigo, se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

El híbrido utilizado para este trabajo fue CLX 37304F1 (Tomate Bola), de la empresa Harris Moran. Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta, diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos, sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), espesor de pulpa, rendimiento por planta, rendimiento $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Las variables evaluadas no presentaron diferencia estadísticamente significativa, sin embargo las plantas regadas con la solución de Steiner con una conductividad eléctrica de 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (testigo) fue el que presentó mejores valores en diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos y espesor de pulpa.

Palabras claves: Tomate, híbrido, Conductividad eléctrica, solución nutritiva, fenología.

I. INTRODUCCIÓN

Velasco *et al*, (2011) cita a SAGARPA (2000) menciona que el tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), es una de las especies hortícolas más importantes para el consumo humano, y genera cuantiosos ingresos, empleo y un valor nutritivo para la dieta. Además su cultivo requiere de una gran cantidad de mano de obra remunerando en beneficio social. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año, su fruto se consume tanto en fresco como procesado y es una fuente rica en vitaminas.

Los frutos del tomate contienen compuestos antioxidantes importantes para la salud humana como los carotenoides licopeno y β -caroteno los cuales ayudan a contrarrestar los efectos dañinos de radicales libres, los cuales contribuyen en el desarrollo de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como el cáncer (Krzyzanowska *et al.*, 2010).

Velasco *et al*, (2011) cita a SAGARPA (2000) menciona que el tomate es la hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada en todo el mundo, con alrededor de 3, 593,490 ha, con una producción de 53, 857,000 ton.

La producción de tomate en el 2008 se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de jitomate en el mundo, con una participación de 36%. Le sigue Estados Unidos con 14%; Turquía, 12%; India, 11%; mientras que México ocupó el doceavo lugar, con 3% de participación en la producción (SAGARPA, 2010).

En México la producción anual total de tomate es de 222,791.43 toneladas cosechadas en una superficie mayor a 54,510.59. Es la hortaliza que más se exporta, sobre todo al mercado de los Estados Unidos de Norteamérica, siendo tres tipos de tomate los que se producen en las regiones de importancia: “bola”, “saladette” y “cherry”. A pesar de cultivarse en 27 estados de la República Mexicana, solo cinco (Sinaloa, Baja california, san Luis potosí, Jalisco, Nayarit) concentran más del 60% por ciento en su superficie sembrada, cosechada y

producida, destacándose Sinaloa como el principal productor, tanto para abastecer el mercado Nacional como Internacional (SIAP, 2010).

Los países que ocupan los primeros tres lugares en el ranking de mayores exportadores, comercializan poco más de 55% de total mundial. Holanda ocupa el primer sitio, con 22% del volumen de exportaciones mundiales de jitomate; México tiene el segundo lugar con 18% de las mismas; en tercer lugar, España con 17% del total mundial (SAGARPA, 2010).

El sistema de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento de superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 8 kg/planta, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que está entre 1.5 y 2 Kg/planta (Jaramillo *et al.*, 2006).

La hidroponía es ampliamente usada en el mundo para la producción de los cultivos más rentables. El tomate es una de las especies hortícolas que más se produce en hidroponía, debido a su elevado potencial productivo (el cual no es explotado completamente en campo), a su demanda nacional y mundial, así como a su alto valor económico, principalmente cuando se produce en los periodos en que no existe en campo (Lara, 2000).

1.1 Objetivo

Determinar el rendimiento y calidad del tomate bola con diferentes conductividades eléctricas, en invernadero.

1.2 Hipótesis

La conductividad eléctrica afecta el rendimiento y calidad de tomate bola en invernadero.

1.3 Metas

Determinar la conductividad eléctrica adecuada para la solución nutritiva utilizada en la fertilización de tomate bola.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

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 silvestre. A México se le considera como el centro más importante de domesticación del tomate. (Fernández *et al.*, 2004).

Dos hipótesis se han propuesto para definir el sitio donde estos eventos ocurrieron: el peruano y el mexicano. Aunque la prueba definitiva para el tiempo y lugar de la domesticación se desconoce, se presume que es México la región más probable de la domesticación, y Perú como centro de diversidad para los parientes silvestres (Larry y Joanne, 2007).

El vocablo tomate. Procede del náhuatl *tomatl*, que se aplicaba genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa. (Nuez, 2001).

2.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Jaramillo *et al.*, (2007) establece la clasificación taxonómica de esta manera:

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Esculentum</i>
Nombre binominal	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Descriptor (1788)	Miller

2.3 Descripción botánica

Jaramillo *et al.*, (2013) describe las principales características morfológicas de la planta de tomate:

Planta: Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva anualmente. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y según el hábito de crecimiento las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas.

Determinadas: Su crecimiento es limitado, lo contrario que en las indeterminadas, donde es ilimitado. Las variedades de hábito determinado son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas; poseen inflorescencias apicales.

Indeterminadas: Tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos, presentan la yema terminal del tallo vegetativa y hay tres o más hojas entre cada inflorescencia a lo largo del tallo.

Semilla: La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x4x2mm 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 envuelven y protegen el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

Sistema Radicular. La planta originada de semilla presenta una raíz principal que crece hasta 2.5 cm. diarios y alcanza una profundidad de 60 cm. Cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia, se favorece el crecimiento de raíces secundarias que se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la

capa del suelo. El sistema radical puede abarcar una extensión de 1.5 m de diámetro alrededor de la planta (Garza, 2008).

Tallo. El tallo principal de la planta de tomate tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Sobre el tallo se van a desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias (Zeidan, 2005).

Hojas. Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Monardes, 2009).

Flor: Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Nuño, 2007)

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

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

2.4 Generalidades de invernadero

2.4 Definición de invernadero

Se entiende por invernadero a la construcción de estructura cubierta, cuyo ambiente interior puede ser controlado debido a que los materiales utilizados son transparentes y permiten el paso de la luz solar. El invernadero es un factor de protección para los cultivos establecidos (Linares *et al.*, 2004).

Antón (2004) menciona que un invernadero es aquella estructura que, además de proteger al cultivo de la lluvia y el viento, permite el paso de la radiación solar dificultando la pérdida de calor, en particular la componente del infrarrojo térmico.

El invernadero es una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, el cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas, para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior (Castellanos, 2009).

El invernadero es una estructura cerrada con una cubierta y paredes de forma plana y curva, transparente, en el que es posible controlar varios grados de temperaturas, humedad, nivel de nutrientes, fotoperiodos intensidad luminosa, concentración de CO₂ atmosférico, sistemas de fertirrigación y el medio radicular (Dubois, 1980 citado por Alviter y Granados, 2005).

Los invernaderos, finalmente, son estructuras de apoyo a la producción agrícola; y deben usarse como parte fundamental de un sistema productivo constituido por una serie de elementos, igualmente importantes para aumentar los rendimientos. Los invernaderos por sí solos no son una panacea ni la solución universal a los problemas que enfrenta la agricultura mexicana. Como estructuras para proteger cultivos son herramientas modernas que impulsan el desarrollo de la agricultura, basadas en una serie de tecnologías que definen la agricultura de precisión, como parte de los métodos modernos de producción empleados en la agricultura tecnificada (Pacheco, 2006).

Zeidan (2005). Menciona que las Ventajas y desventajas de la producción bajo invernadero son las siguientes:

2.4.1 Ventajas de la producción bajo invernadero

- Protección contra condiciones climáticas extremas.

Permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades y presencia de rocío en los cultivos, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada.

- Control sobre otros factores climáticos.

La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombrero, enriquecimiento con CO₂.

- Obtención de cosechas fuera de época.

Cultivar bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Además, hay una adaptación de la producción al mercado a los requerimientos locales y de exportación, porque los periodos de producción y mercadeo se extienden, y se logra un aprovisionamiento continuo del producto.

- Mejor calidad de la cosecha.

Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo; además se permite la utilización de variedades mejoradas, como las de tipo larga vida.

- Preservación de la estructura del suelo.

En ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento; así mismo, se disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por lo que las plantas adquieren mayor disponibilidad de ellos, reflejándose en mayor productividad por unidad de área.

- Siembra de materiales seleccionados.

En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrollo materiales de alto rendimiento y larga vida, que exigen condiciones especiales con una producción que solo es viable bajo condiciones de invernadero.

- Aumento considerable de la producción.

Es lo que estimula a los productores a aplicar esta técnica de producción. Una planta, expuesta a diferentes factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor.

- Ahorro en costos de producción.

Al existir un ahorro en los costos de producción, se aumenta la producción por unidad de área, se produce un incremento en la eficiencia de los insumos agrícolas, se disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.

- Disminución en la utilización de plaguicidas.

Al tener mejor control de organismos nocivos, se previene el ataque de enfermedades e introducción de insectos plaga; además, dentro del invernadero es posible la utilización de mallas y cubiertas para evitar la entrada de estos.

- Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo.

Al tener altos rendimientos, no se requiere mucha área sembrada. El cultivo al estar protegido permite incrementos en la densidad de siembra por m².

- Uso racional del agua y de los nutrientes.

El ahorro de agua es importante, puesto que la producción bajo cubierta va acompañada de sistemas eficientes –como el riego por goteo–, y en el caso de los nutrientes, estos se agregan a diario en fertirriego, lo que permite suministrar a la planta agua y nutrientes de acuerdo con sus requerimientos según el estado fenológico, evitando pérdidas por lixiviación.

- Realización de una programación en las labores del cultivo y de la producción.

La primera cosecha es mucho más precoz, lo que permite un mayor periodo de producción y con esto mayor productividad por planta y por unidad de aérea.

- Mayor eficiencia en la utilización de mano de obra en épocas de lluvias.

Esto sucede debido a que los operarios no requieren suspender sus labores, porque están protegidos de las precipitaciones dentro del invernadero en estas temporadas.

- Establecimiento de procesos de producción más limpia con énfasis en Buenas Prácticas Agrícolas.

Es importante anotar que todos estos factores se ven maximizados en la medida que pueda existir control climático dentro del invernadero.

2.4.2 Desventajas de la producción bajo invernadero

- Alta inversión inicial.

Para arrancar con el invernadero se requiere necesariamente de una infraestructura, cuyo costo depende de los materiales con que se construya, además de precisar de una inversión para el sistema de fertirrigación.

- Requiere de personal especializado.

Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación. Sin embargo, tener personal capacitado hoy en día es más una necesidad y una ventaja para cualquier empresa; para el caso de los pequeños productores que no tienen fácil acceso a la asistencia técnica, el no tener personal especializado puede llevarlos a cometer errores en el manejo del invernadero y los cultivos.

- Alta supervisión.

Requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un mejor control de plagas y enfermedades, y del desarrollo productivo del cultivo.

2.5 Requerimientos climáticos del cultivo del tomate

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

2.5.1 Temperatura

El tomate es una planta de clima cálido; muere cuando se presentan temperaturas inferiores a 0°C. Las temperaturas óptimas para su crecimiento se encuentran en 25°C en el día y entre 15 y 18°C en la noche. Por debajo de los 12 °C se detiene el crecimiento y por encima de 30-35°C también hay problemas, en este caso para la polinización ya que el polen se esteriliza y se presenta el aborto floral. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como en la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Rodríguez., *et al* 2006).

2.5.2 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 60 y un 80%. Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, cara de gato o malformación del fruto y frutos huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse.

Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, se reduce la fotosíntesis y se seca el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.5.3 Luminosidad

El tomate es exigente en luminosidad; requiere de días soleados y entre 8 a 16 horas de luz, para un buen desarrollo de la planta y poder lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, y reduce la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.5.4 Ventilación, y/o enfriamiento

Una buena ventilación lateral que permita la entrada de aire fresco y una ventilación cenital que permita la salida de aire caliente, es decir una excelente circulación del aire, permitirá enriquecer el ambiente del invernadero con bióxido de carbono, el cual es la materia prima junto con el agua, para la actividad fotosintética de la planta.

El movimiento ligero de la planta causado por la circulación del aire, favorece la polinización. Si la ventilación en forma natural no es suficiente, se debe recurrir a la ventilación artificial con ayuda de ventiladores y extractores de aire para provocar la circulación de este. La ventilación deficiente provoca la incidencia de enfermedades como tizón tardío y botritis, difíciles de controlar con el uso de productos químicos. Es importante recalcar que el aire fresco es más pesado que el aire caliente, por tanto, el invernadero debe tener suficiente ventilación lateral que permita la entrada de aire fresco, y una ventilación cenital proporcional, que permita la salida de aire caliente, evitando de esta manera el sobrecalentamiento de este. Esta circulación de aire constante, permite un flujo que renueva y enriquece el ambiente (Mondragón, 2005).

2.5.5 Contenido de CO₂ en el aire

El contenido de carbono (C) en el tejido vegetal representa alrededor del 40% de la materia seca. El carbono procede del dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmosfera y se incorpora al tejido vegetal a través del proceso de la fotosíntesis, por tanto, se puede afirmar que el CO₂ es una de las principales fuentes de la fotosíntesis. En la atmósfera actual, la concentración de CO₂ está en torno a 385 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, mientras que la concentración óptima para la fotosíntesis

se sitúa entre 900-1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, lo que significa que la tasa de asimilación de carbono potencial está muy limitada por la actual concentración de CO_2 atmosférico. (Lorenzo, 2012).

Registros continuos realizados en un invernadero dotado de ventilación pasiva durante todo el ciclo de producción, indican que la concentración de CO_2 más habitual, analizada por clases de frecuencia, es de 250 a 300 mmol mol^{-1} durante el periodo de iluminación (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2005).

2.5.6 Radiación en el cultivo del tomate

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por los cultivos, como fuente de la fotosíntesis, es uno de los principales determinantes de la producción. La reducción de la transmisión de radiación debida a la acumulación progresiva de polvo, polen y suciedad repercute considerablemente más en climas secos de escasa pluviometría, siendo en estas áreas uno de los principales factores de variación. También el envejecimiento del material de cubierta depende de las características del propio material y su deterioro se ve influido por las condiciones climáticas (Lorenzo, 2012).

2. 6 Elección del genotipo

La producción final del cultivo de tomate tiene mucho que ver con la decisión que se haya tomado a la hora de elegir el material, aspecto que es de gran trascendencia. En primer lugar, la variedad tiene que ser del tipo de tomate que demande el mercado y buen comportamiento en vida de anaquel. Además, debe de ser productiva tanto cuantitativa como cualitativamente bajo las condiciones de clima, suelo, sistema de cultivo e infraestructura y medios de que se dispongan. Así mismo, es importante conocer la susceptibilidad de los cultivares a los desórdenes fisiológicos, y la resistencia a las enfermedades.

En México, el 80% de la producción de tomate se destina al consumo interno y principalmente los tomates son de tipo saladette. Mientras que para exportación, los tomates “bola” o tipo Beef (grandes y carnosos) son los que demanda el consumidor norteamericano y en pequeña escala algunos

consumidores selectos de México, como restaurantes y ciertas cadenas de comida rápida. Independientemente del mercado de destino, los frutos de la variedad a plantar deben tener buena conservación, características que influyen en una mejor comercialización y venta posterior (Castellanos, 2004).

2.7 Labores culturales

2.7.1 Aporcado y rehundido

Práctica que se realiza en suelos enarenados tras la poda de formación, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta con arena. El rehundido es una variante del aporcado que se lleva a cabo doblando la planta, tras haber sido ligeramente rascada, hasta que entre en contacto con la tierra, cubriéndola ligeramente con arena, dejando fuera la yema terminal y un par de hojas (Cázares *et al.*, 2010).

2.7.2 Tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y, sobre todo, los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades (Paredes, 2009).

El tutorado en variedades de crecimiento indeterminado, estas plantas se tutora con hilo rafia y se amarran a las estructuras metálicas del invernadero o sobre alambres de aceros colocados a 2 m o más arriba de las hileras de jitomate. Si el invernadero es suficientemente resistente, se tutora a este, de lo contrario se deberá instalar un sistema de tutoraje independiente, puesto que con el peso existe riesgo de que su estructura se dañe (Gil *et al.*, 2003)

2.7.3 Poda

La poda es la eliminación de ciertas partes de la planta como hojas, tallos y/o frutos para mejorar el desarrollo y aspecto de las plantas relacionadas con su eficiencia fotosintética, hábitos de crecimiento, sanidad, fructificación y facilidad de manejo, para lograr esto es importante realizar los siguientes tipos de poda. (Arteaga *et al.*, 2007).

2.7.4 Poda de brotes laterales o axilares

Este tipo de poda consiste en la eliminación de los brotes laterales que emergen inmediatamente arriba de cada hoja a lo largo del tallo, es decir, son tallos secundarios que deben eliminarse para conducir la planta a un solo tallo; en otras palabras, se deben eliminar las ramas laterales que salen de la axila de cada una de las hojas del tallo principal. Eventualmente, se puede conducir la planta a dos tallos, dejando crecer el brote lateral abajo del primer racimo, pero más de dos tallos no es recomendable para un sistema intensivo de producción de jitomate. Con este tipo de poda se eliminan los pequeños tallos o brotes, conforme aparecen en el tallo principal. Como la eliminación de estos causa heridas en el tallo principal, deben eliminarse cuando alcanzan una longitud máxima de 5 cm, ya que si se hace cuando han alcanzado mayor tamaño puede provocarse mayor susceptibilidad para el ataque de enfermedades y un desequilibrio fisiológico, que se manifiesta en enrollamiento de hojas (Mondragón, 2007).

2.7.5 Poda de hojas o deshojado

La eliminación de hojas o deshojado es recomendable tanto en las hojas senescentes, o hojas que están ocultas en el follaje con objeto de facilitar la aireación y mejorar la maduración homogénea de los frutos, así como en hojas enfermas que deben eliminarse inmediatamente del invernadero para evitar la presencia de fuentes de inóculo (Salas, 2002).

Con el objeto de facilitar la aireación e iluminación del cultivo, lo que conlleva a mejorar el color de los frutos, se recomienda la eliminación o supresión de hojas senescentes o enfermas, que deben llevarse inmediatamente fuera del invernadero (Valenzuela *et al.*, 2010).

2.7.6 Poda del brote Apical

Los materiales de crecimiento indeterminado tienen una yema vegetativa en la parte apical del tallo principal que permite el crecimiento continuo de la planta, por lo que el sistema de tutores no permite la conducción de la planta a más de

diez racimos. Por lo tanto, es necesario eliminar la yema apical y dejar dos o tres hojas arriba del último racimo floral (Pérez y Castro, 1999 citados por Arteaga *et al.*, 2007).

2.7.7 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos

También se recomienda la eliminación temprana de flores y frutos defectuosos, con lo que se evita que compitan con los normales (León, 2006).

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del jitomate en racimo, y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. De forma general podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático es una intervención que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El aclareo selectivo tiene lugar sobre frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre. (Cázares *et al.*, 2012).

Cuando se plantea producir cierto número de racimos por plantas en una variedad indeterminada, se hace la práctica de despunte que consiste en eliminar la punta del tallo principal con el objetivo de que ya no siga creciendo y solo produzca el número deseado de racimos de frutos. En algunas situaciones se realiza la poda de fructificación dejando en cada racimo de 4 a 6 frutos para mejorar su calidad (Velasco y Nieto, 2006).

2.7.8 Polinización

La polinización es fundamental en los procesos productivos, reproductivos y calidad de los cultivos, por tal razón, este proceso es de vital importancia en la agricultura para aumentar la productividad (Manrique y Blanco, 2013).

La polinización con abejas es una alternativa válida para aumentar los rendimientos, siendo en la actualidad las responsables de polinizar casi el 65% de los cultivos comestibles (FAO, 2004).

La polinización manual mediante la agitación de las flores y la polinización entomófila producen tomates con mejor calidad y cantidades satisfactorias. Respecto de la polinización del tomate, este requiere de un insecto grande como los abejorros, en la actualidad los polinizadores más utilizados dentro de los invernaderos (Velthuis y van Doorn, 2006).

2.8 Índice de cosecha y calidad

2.8.1 Índice de cosecha

El corte de los frutos se inicia aproximadamente a los 65 días después del trasplante, dependiendo de la variedad y clima. Debe iniciarse cuando los frutos principian a cambiar de su color verde característico a rojo pálido; por ser muy firmes, se minimiza el daño por magulladuras en cosecha, empaque y transporte. Es usual realizar una pre-selección clasificando los frutos en material de primera calidad, de segunda y hasta de tercera. (Disagro, 2004).

Suslov y Cantwell (2000) Mencionan los Estándares para tomate. La madurez mínima de cosecha Verde maduro 2 está definida por los índices de estructura interna del fruto. Las semillas están completamente desarrolladas y no se parten con el rebanado del fruto. La formación del gel está avanzada en al menos uno de los lóculos y hay formación de material gelatinoso en otros lóculos.

Tomates de larga vida de anaquel (ESL): La maduración del fruto es severamente afectada si el fruto es cosechado en el estado verde maduro 2. La madurez mínima de cosecha esta mejor definida como el equivalente a la madurez clase rosa (estado de color 4 de la USDA, más del 30% pero no más del 60%de la superficie del fruto, muestra un color rosa-rojo). El alargamiento de su vida postcosecha es debido, en parte, a la presencia del gen rin o nor.

En general en nuestro país se cosechan los tomates en los siguientes estados:

Verde maduro: Son tomates que han alcanzado el desarrollo máximo; son de color verde y el extremo apical presenta una mancha blanca.

Pintón o virado: Son tomates que presentan un comienzo de la aparición del color típico de la variedad.

Rosado: Son tomates con leve coloración rosada en casi toda su superficie.

Rojo firme: Son tomates que tienen el color típico de la variedad.

Dentro de los cultivares de fruto redondo que tenemos, existen diversas comportamientos con respecto a la velocidad de maduración (virado de color). La investigación realizada sobre todo en la genética de cruzamientos, ha permitido la incorporación de genes que alteran los procesos normales de maduración (gen rin y nor), provocando una revolución en cuanto al momento adecuado de cosecha debido a que frutos que posee en alguno de estos genes pueden ser cosechados en estados más avanzados de madurez (rojo firme) y poseer firmezas similares a las de híbridos tradicionales cosechados en estados más inmaduros (verde maduro). Por lo que la cosecha de tomates larga vida permite por su firmeza en poscosecha ser arrancados con más color (Baron *et al.*, 2000).

El tomate se cosecha a mano. Esto es indispensable para cumplir con las exigencias de calidad para tomate de consumo fresco. La recolección de tomate para la industria puede realizarse tanto manual como mecánicamente. Las maquinas suelen estar equipadas con un mecanismo para la clasificación por tamaños y un aparato para la separación de tomates verdes y tomates coloreados (J. N. M. Van Haeff *et al.*, 2008).

2.8.2 Calidad del Fruto

La calidad, se evalúa por la apariencia, color, textura, valor nutricional, composición en madurez de consumo, seguridad (sanidad), sabor y aroma. El sabor es medido por los sólidos solubles y ácidos orgánicos. (Cantwell *et al.*, 2007).

La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño no es un factor del grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial. Los índices de calidad son:

Forma- Bien formado por tipo (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado).

Color- Color uniforme (de naranja – rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que no estén verdes.

Apariencia- Lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimientos, cara de gato, sutura, quemado del sol, daño por insectos y daño mecánico o magulladuras.

Firmeza- Que sea firme al tacto. Que no esté suave y que no se deforme fácilmente debido a su condición de sobremaduro.

- Los grados U.S. son No.1, combinación No.2 y No.3. la distinción entre grados está basada predominantemente en la apariencia externa, magulladuras y firmeza.

- Los tomates que crecen en invernadero solamente son de grados No.1 y No.2 de U.S. (Suslov y Cantwell, 2000).

Usualmente el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, pero antes de un ablandamiento excesivo. Por tanto, el color en tomate es la

característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida poscosecha y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Fraser *et al.*, 1994).

Los principales atributos de calidad en los alimentos son: color, textura y sabor (*flavor*). Los dos primeros constituyen normalmente las bases de aceptación o rechazo por parte de los consumidores. El color en el tomate es una característica de calidad extremadamente importante, ya que determina la madurez y vida post cosecha, y es el factor determinante en cuanto a la aceptabilidad por parte del consumidor (Zapata *et al.*, 2007).

En los productos agrícolas, la firmeza es un atributo de calidad de vital importancia. Sin embargo, muchas cuestiones no están todavía resueltas. Las células de los vegetales no son una estructura estática, sino que son de naturaleza dinámica. Estos cambios en la composición y estructura ocurren continuamente durante el desarrollo de las plantas (Stolle-Smits *et al.*, 1999).

2.8.3 Sólidos solubles (°Brix)

Contenido en sólidos totales y sólidos solubles. Ambos índices informan sobre la cantidad de sólidos del fruto de tomate y están correlacionados. A nivel práctico se utiliza normalmente el contenido en sólidos solubles conocido como ° Brix. La mayor parte de las variedades contienen entre 4,5 y 5,5° Brix, aunque, más que el carácter varietal, lo que influye sobre el contenido en sólidos solubles son factores agrológicos, especialmente la climatología durante el período de maduración y el riego (volumen total de agua, momento de corte de riego, etc.) que pueden hacer variar el contenido en ° Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7 (Ciruelos, 2008).

La cantidad de sólidos solubles presentes en el fruto depende del potencial fisiológico y genético de éstos para desarrollarlos. Existen factores que pueden influir en este proceso, como son alta área foliar, nivel de asimilados exportados

por las hojas, nivel de importación de asimilados y metabolismo de carbohidratos de la fruta (YOUNG, JUVIK y SULLIVAN, 1993).

La acumulación de azúcar en las células de almacenamiento del fruto es crucial, tanto para el tamaño como para el sabor. En la madurez del fruto, cerca de la mitad de la materia seca es hexosa, la cual consta de un 65% de sólidos solubles en el jugo del tomate (HO, 1996).

Los sólidos solubles de un tomate para proceso puede variar de 4 a 6 grados Brix (BEZERT, 1994).

La cantidad de azúcares presentes en el fruto (aproximadamente la mitad del contenido total de sólidos) y la cantidad de ácidos (alrededor de un octavo del total de sólidos) determinan el sabor del tomate. Una alta cantidad de azúcares y una alta concentración de ácidos es la mejor combinación para obtener un muy buen sabor. Los valores de sólidos solubles y concretamente de azúcares (glucosa y fructosa), junto con los ácidos orgánicos (cítrico y málico) son factores esenciales para la calidad organoléptica del tomate de consumo fresco (Rodríguez *et al.*, 2010).

2.9 Sustrato

2.9 Generalidades

El sustrato en hidroponía es todo aquel material distinto al suelo, el cual puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, que se coloca en un contenedor o bancal, en forma pura o mezclado, para que permita el anclaje del sistema radicular del cultivo (Cenid-Raspa, 2003).

Ocampo *et al.*, (2005) mencionan que los sustratos son una base para mejorar diversas composiciones de una región en particular, esperando con ello optimizar la producción y reducir costos.

Las diferentes especies hortícolas, por sus características específicas, necesitan y se adaptan a ciertos tipos de sustratos tales como: tezontle, fibra de

coco, vermiculita, arena, entre otros, o bien, la mezcla de ellos, con el propósito de obtener el crecimiento adecuado y el máximo de productividad de los cultivos (López-Pérez *et al.*, 2005).

Para el estudio de los sustratos es indispensable concebir a los sustratos en contenedor como un sistema formado por tres fases:

- una fase sólida la cual asegura el anclaje del sistema radical y la estabilidad de la planta.
- una fase líquida que asegure el suministro de agua y nutrimentos a la planta.
- una fase gaseosa que asegure el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre las raíces y el medio externo.

Cualquier material orgánico, mineral o artificial puede ser empleado como sustrato, con la condición de que desempeñe las funciones expuestas anteriormente. El problema fundamental en los sustratos es asegurar la producción de biomasa de las partes aéreas con la ayuda de un volumen limitado de sistema radicular (Díaz, 2004).

Características de la arena: se consideran arenas, todo aquellos materiales cuyas partículas van de un diámetro de 0.02 a 2mm de diámetro. La densidad aparente de este material es superior a 1.5 g/cm^3 y en general el espacio poroso total es muy similar al de los suelos, por el orden de 50%. La arena es un sustrato económico cuando se tiene disponible a una distancia cercana. Una de las limitantes de este material es su peso, pues dificulta la manipulación de los contenedores por lo mismo. Las partículas con diámetro inferior de 0.5 mm presentan una buena capacidad de retención de agua, pero están pobremente aireadas, en particular cuando la altura del contenedor es reducida, por el contrario las partículas con diámetro mayor de 0.5 mm presentan una mejor capacidad de aireación y menor capacidad de retención de agua (Abad y Noguera, 2000).

Características de la perlita son las siguientes: Nombre genérico de un mineral natural volcánico (Silicato de Aluminio), que al ser sometido a elevadas temperaturas ($1000 \text{ }^\circ\text{C}$), se expande hasta 20 veces su volumen, dando lugar a un

material inerte y muy ligero. Se fabrica a partir de rocas volcánicas vítreas, con densidad aparente de 1.5 g cm^{-3} . Al fundir la roca a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, se logra disminuir la Da a 0.12 g cm^{-3} . El resultado es un buen sustrato para la producción de cultivos hidropónicos, con un excelente drenaje, ligero, de baja capacidad de intercambio catiónico ($0.15 \text{ me}/100 \text{ g}$), con pH muy cercano a la neutralidad y de fácil manejo. En el mercado se puede encontrar diferentes tipos de perlitas, los cuales varían en el tamaño de la partícula (B-6, B-9, B-10, B-12 y B-13); sin embargo, la perlita B-12 es la más utilizada en la producción de hortalizas en invernadero, tiene un espacio poroso total de un 85%, capacidad de aireación de 30%, agua fácilmente disponible del 25% y un 7% de agua de reserva (Jasso *et al.*, 2011)

2.9.1 Tipos de sustratos

Baixauli *et al.*, (2002), menciona que los principales sustratos utilizados en cultivo sin suelo en hortalizas son.

1. Lana de Roca
2. Perlita
3. Arenas
4. Turbas
5. Fibra de coco
6. Picón

2.9.2 Funciones de los sustratos

Hay cuatro funciones con las que debe cumplir un medio para mantener un buen crecimiento de las plantas.

- Proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Retener humedad de modo que esté disponible para las plantas.
- Permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmosfera.
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta.

La única función garantizada por el medio, después de hecha la mezcla, es el soporte: las demás deben ser controladas por el productor.

Para alcanzar sus funciones el sustrato utilizado debe ser:

- De peso liviano
- De buena porosidad
- Bien drenado pero con buena capacidad de retención de humedad.
- Ligeramente ácido y con buena capacidad de intercambio de cationes.
- Capaz de mantener un volumen constante tanto cuando esta húmedo o seco.
- Fácil de almacenar por periodos largos sin cambios en sus propiedades físicas y químicas.
- De fácil manejo y mezcla.

Algunos materiales individuales pueden ofrecer todas las cuatro funciones pero no en el grado requerido. Por lo que se deben realizar ajustes que compensen estos requerimientos, lo cual se logra mediante mezclas (Alvarado *et al.*, 2002).

2.9.3 Clasificación de los Sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, sin embargo de acuerdo a Abad *et al.* (2004) los sustratos se pueden clasificar como materiales orgánicos e inorgánicos.

Una desventaja que presentan los materiales orgánicos en relación a los inorgánicos es que son susceptibles de continuar su descomposición en mayor o menor medida en el contenedor.

2.10 Solución nutritiva (SN)

Favela *et al.*, (2006) cita a Steiner (1968) por lo que mencionan que una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrientes esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente.

Una Solución nutritiva verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961) citado por Favela *et al.*, (2006).

Entre otros factores, la solución nutritiva (SN) es parte fundamental en la hidroponía; de la SN depende la magnitud y calidad de la producción. Los aspectos más importantes de la SN son: la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, la concentración de nutrimentos expresada con la conductividad eléctrica (CE), el pH, la relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ y la temperatura (Lara, 2000).

Teniendo en cuenta que por cada tonelada de fruta que se produce, se extrae una determinada cantidad de nutrimentos, a mayor rendimiento, mayor extracción nutrimental. Por esta razón, las dosis de fertilización por unidad de superficie en estos cultivos se han disparado con relación a los cultivos convencionales. Debido a esto, en las explotaciones hortícolas extensivas, hoy en día se suelen aplicar soluciones nutritivas, en lugar de dosis de fertilizantes. El concepto de la solución nutritiva ha sido originalmente propuesto para sistemas hidropónicos o de cultivos sin suelo, pero también se aplica para cultivos en suelo. Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, cuya concentración y relaciones elementales favorecen la absorción nutrimental para el cultivo (Castellanos, 2009).

2.10.1 Fertilización y Fertirrigación

La Fertirrigación es la aplicación de fertilizantes a través de sistemas de riego, utilizando el agua como medio de transporte; de esta manera se suministran nutrientes a las plantas, de acuerdo con su etapa de desarrollo. Para ellos se utilizan sales inorgánicas de alta solubilidad que contienen uno y más elementos nutritivos. En la Fertirrigación, los nutrientes aplicados van disueltos en el agua de riego y, por tanto son absorbidos y aprovechados de inmediato por las plantas; además, es una rápida solución para deficiencias específicas. Esta práctica ha

cobrado importancia en las dos últimas décadas. Los fertilizantes utilizados en el fertirriego deben ofrecer: alta solubilidad, compatibilidad de los fertilizantes, facilidad de uso, interacción entre los nutrientes (Pichisaca *et al.*, 2003).

El uso de fertirriego permite no solo incrementar el rendimiento y mejorar la calidad, sino que también es una herramienta indispensable para mejorar su manejo, detectar deficiencias y cuidar el ambiente natural en torno a los cultivos (Soto, 2000 citado por Tapia *et al.*, 2004).

Terán *et al.*, (2007) mencionan que la fertirrigación es el suministro de nutrientes a la planta mediante el agua de riego; los objetivos de la fertirrigación son disminuir la pérdida de los nutrientes, incrementar la absorción de los mismos y aumentar la producción y la rentabilidad.

Ventajas de la fertirrigación

- **Disminución de la mano de obra en la aplicación de los fertilizantes.** La aplicación manual es dispendiosa e inexacta. La aplicación mecánica es relativamente costosa y algunas veces ocasiona compactación del suelo y daños a las plantas.
- **Mejor distribución del fertilizante.** Las soluciones nutritivas se diluyen en forma homogénea en el agua de riego y esto hace que distribuya en la misma forma que el agua en la zona de raíces, mejorando la eficiencia y disminuyendo los costos.
- **Eficiencia en el uso y economía de los fertilizantes.** El suministro de los nutrientes en forma fraccionada aumenta la asimilación, disminuye las pérdidas por lavado y favorece un aprovechamiento más eficiente de los fertilizantes.
- **Control de la profundidad de aplicación.** De acuerdo con las características del suelo el fertilizante y el cultivo, algunas veces es conveniente aplicar los fertilizantes al finalizar el riego para evitar la lixiviación de los nutrientes en el perfil del suelo.

- **Dosis de aplicación y control.** Se pueden aplicar cantidades exactas; además, el sistema de fertilización puede conectarse bajo control automatizado en forma hidráulica, eléctrica, electrónica o sistematizada, usando programas específicos de fertilización.
- **Aplicación precisa de microelementos.** Estos nutrientes son costosos y por lo general se aplican en pequeñas dosis; por lo tanto, es necesario tener un sistema preciso y exacto para la aplicación eficiente.

2.10.2 Conductividad eléctrica en la solución nutritiva

La conductividad eléctrica (CE) mide la concentración de sales disueltas en el agua y el valor se expresa en mS/cm, este valor multiplicado por un factor de corrección 0,7 o 0,9 en función de la calidad del agua, nos permite conocer de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/l. La CE expresa la capacidad para conducir la corriente eléctrica (Baixauli *et al.*, 2002).

La CE influye en la nutrición de las plantas, a CE mayores que 6 dS m⁻¹ se induce diferente absorción entre los nutrimentos y, por lo tanto, desbalance entre éstos; pero una CE menor que 2 dS m⁻¹, es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías. (Lara, 2000).

El factor CE, nos indicará la concentración relativa de los nutrientes disueltos en el agua (TDS). La totalidad de sólidos disueltos corresponde a la cantidad de aniones y cationes y las partes insolubles en el agua. Conocer la CE permite decidir oportunamente cuando modificar el porcentaje de nutrientes en la solución (Díaz *et al.*, 2013).

El aumento de materia seca en el fruto, obtenido bajo condiciones de salinidad, mejora sus cualidades organolépticas (Magán 2008), por tanto, la salinidad podría considerarse como una herramienta estratégica para mejorar la calidad del fruto como el tomate (Dorais *et al.*, 2001), sin embargo, en contraposición implica una reducción de la producción comercial potencial.

Los niveles de salinidad moderados inciden, en mayor medida, sobre la disminución del tamaño del fruto (Sonneveld y Welles, 1988 citado por Lorenzo *et al.*, 2013) Asociado a una menor acumulación de agua y la reducción del número de frutos se producen cuando el estrés osmótico es más severo (Ho *et al.*, 1987 citado por Lorenzo *et al.*, 2013).

Una conductividad alta nos indica acumulación o exceso de sales

- Las sales de solución se disocian en iones y por tanto alteran la capacidad de conducir la corriente eléctrica.
- A mayor cantidad de sales disueltas, mayor conductividad eléctrica.
- En días cálidos, secos, ventosos y soleados la planta puede absorber mucho más agua que nutrientes. La concentración de la solución restante se eleva.
- En días nublados, húmedos y con buena luminosidad la planta puede tomar poco agua de la solución y más nutrientes. La concentración de la solución restante disminuye.
- Hay que tener en cuenta que también a mayor temperatura, mayor disociación y por tanto mayor conductividad.

C.E. recomendable para tomate varía de 2 a 4 (Velasco *et al.*, 2011).

Es importante recordar que un incremento en la CE de la SN afecta la absorción y el transporte de nutrimentos en la planta, lo que repercute en el rendimiento (Favela *et al.*, 2006).

2.10.3 Potencial Hidrogeno (pH) de la solución nutritiva

El pH de la SN se determina por la concentración de los ácidos y de las bases. El pH se define una vez que se establece la proporción relativa de los aniones y los cationes, y la concentración total de ellos en me L^{-1} , lo cual significa que el pH es una propiedad inherente de la composición química de la SN y no puede cambiar independientemente (De Rijck y Schrevens, 1998).

El pH de la SN determina la solubilidad de algunos nutrimentos, principalmente de P y Ca^{2+} , para evitar su precipitación, el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. (Lara, 2000).

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es ácida su valor es menor a 7, será alcalina cuando el valor es mayor a 7 y neutra con valor de 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerlo dentro de un rango de 5.5 a 6.5 (Urrestarazu, 2004).

2.10.4 Temperatura de la solución nutritiva

Influye en la absorción de nutrimentos; se ha reportado que para el caso de tomate la temperatura óptima es de 22°C. El control de la temperatura es un factor secundario en zonas templadas, en zonas frías es conveniente contar con un sistema de calefacción para la SNH. Es necesario evitar temperaturas menores a 15° C para prevenir en las plantas la reducción de la absorción de nutrimentos. El agua donde van los nutrimentos disueltos también lleva disuelto oxígeno el cual necesitan las raíces de las plantas. A temperaturas menores de 22°C, El oxígeno disuelto en la SNH es suficiente para abastecer la demanda de las raíces, a temperaturas mayores a este valor, la demanda de oxígeno por las plantas no es satisfecha por la SHN debido a que aumenta la difusión de este gas. Con altas temperaturas de la SHN se incrementa el crecimiento vegetativo en una magnitud mayor que la deseable y disminuye la fructificación (Rodríguez *et al.*, 2006).

2.10.5 Fertilizantes comerciales

En el mercado puede encontrarse una gran variedad de productos que aportan micro elementos, vitales para una nutrición adecuada de la planta del tomate. Se pueden encontrar en presentaciones sólidas y líquidas, en forma mineral y de quelatos. Los fertilizantes de uso más difundido son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato de cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo

costo y a que permiten fácilmente un ajuste de la solución nutritiva, pero también existen en el mercado abonos complejos, sólidos cristalinos y líquidos, que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples, a las necesidades de las distintas etapas de desarrollo del cultivo (J. N. M. Van Haeff *et al.*, 2008).

Los fertilizantes, ya sean sólidos o líquidos, tienen la finalidad de proporcionar a las plantas los nutrimentos necesarios para su desarrollo. Los fertilizantes que se utilizan para preparar las SN, deben ser altamente solubles. El conocimiento de sus características (solubilidad, pureza, reacción, incremento en la CE y costo), son de vital importancia para la preparación de las SN (Favela *et al.*, (2006).

2.11 Antecedentes de producción de tomate con fertilizantes inorgánicos en invernadero con diferentes conductividades eléctricas

Flores (2011) evaluó tres niveles de conductividad eléctrica (1, 2 y 3 dS m⁻¹) de la solución nutritiva Steiner sobre el crecimiento y rendimiento de genotipos nativos de tomate de Puebla, México. Se observó una disminución de la altura de planta al incrementar la CE de 1 a 2 dS m⁻¹; la materia seca presentó una relación directa con la CE. Todos los genotipos evaluados al ser cultivados a una CE de 3 dS m⁻¹ no presentaron reducción significativa en su rendimiento, siendo el mayor rendimiento de (4561.3 g·planta⁻¹).

Capulin *et al.*, (2011) mencionan que evaluaron el uso del extracto líquido de estiércol bovino (ELEB) y fertilizante químico en solución nutritiva, por plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un sistema hidropónico en invernadero. Se evaluaron tres factores a dos niveles: ELEB, crudo y fermentado; conductividad eléctrica (CE) de las soluciones 2 y 4 dS·m⁻¹; y la adición de fertilizante inorgánico como complemento a las soluciones de ELEB; se agregaron dos tratamientos con fertilizantes inorgánicos (solución de Steiner) para cada nivel de CE como testigos. Los resultados muestran mayor producción de materia seca (133.9 g·planta⁻¹), rendimiento (2,742 g·planta⁻¹), en plantas regadas con

soluciones nutritivas con CE de $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El ELEB fermentado y complementado con fertilizantes en soluciones, tuvieron el mismo comportamiento que el ELEB crudo sin fertilizantes, en el crecimiento y producción por plantas de jitomate en hidroponía.

Dorai *et al.*,(2001) reporta que el tamaño de la fruta esta inversamente relacionada con la conductividad eléctrica, mientras que el contenido de materia seca de la fruta se incrementa linealmente por la conductividad eléctrica y que el aumento de la CE con NaCl reduce acidez titulable, potasio y nitrógeno en la fruta, pero también aumenta su contenido de sodio. NaCl aumenta la dulzura de los frutos de tomate y mejora la intensidad global del sabor.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera se encuentra conformada por las porciones suroeste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango. Este territorio se ubica entre los meridianos 102° 00 y 104°47 de longitud oeste, y los 24° 22 y 26° 23 de latitud norte (Corona, 2005).

Tiene una altitud de 1,120 msnm. Geográficamente la región Lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de aridez, cuenta con pocas prominencias orográficas, pero que tienen mucha importancia no obstante que son sierras y cerros de mediana elevación (SEMARNAT, 2012)

3.2 Localización del experimento

El trabajo experimental se realizó en un invernadero, del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), carretera Periférico Santa Fe s/n. Situada a 103°22'30.91" longitud oeste y 25°33'26.71" de latitud Norte, en Torreón, Coahuila, el trabajo se realizó de febrero a junio de 2013.

3.3 Forma del invernadero

De acero galvanizado, con paredes rectas y techo en forma de arco, cubierto con polietileno transparente y malla sombra del 50%. El piso cubierto con grava de río para evitar encharcamientos. Para control de temperatura cuenta con una pared húmeda y dos extractores, para su automatismo cuenta con un termostato.

3.4 Material genético

El híbrido evaluado es él: CLX 37304F₁ Tomate Bola indeterminado, de la empresa Harris Moran Seed Company.

3.5 Diseño experimental

Se evaluó tres tratamientos con 4 repeticiones cada una. Los tratamientos consistieron en: T1 (CE 1), T2 (CE 2) y T3 (CE 3), Siendo el testigo el tratamiento 2 dS·m⁻¹. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, Se consideró una planta por maceta como unidad experimental.

3.6 Preparación de macetas

Para esta actividad se utilizaron bolsas de plástico tipo vivero color negro, con capacidad de 18 kg llenados con mezcla de arena al 90% y perlita al 10%. En esta mezcla de sustratos se realizó dos riegos a saturación para el lavado de sales.

3.7 Siembra

La siembra se realizó en charolas germinadoras de 200 cavidades el día 05 de febrero 2013, se colocó una semilla por cavidad, el sustrato que se utilizó para la germinación fue Peat Moss. El riego se efectuó cada tercer día hasta el trasplante.

3.8 Trasplante

El trasplante se realizó el 7 de Marzo del 2013, pasando 30 días después de la siembra, Esta actividad se llevo a cabo en bolsas de plástico negro cuando las plantas alcanzaron una altura de 12-15 cm. Al momento del trasplante, las raíces se sumergieron en un solución del producto captan (1g por litro de agua) como medida preventiva para el ataque de hongos. Posteriormente al trasplante se aplicó un fungicida agrícola llamada Tecto 60, que consistió de 1gr por 1litro de agua y por maceta se aplicó ½ litro para prevenir enfermedades causadas por hongos.

3.9 Fertirriego

Los primeros 20 días se regó con agua. Posteriormente se empezó a aplicar el riego con solución nutritiva, el cual se aplicó 2 litro por día dependiendo de las condiciones de temperatura dentro del invernadero.

3.10 Fertilización

Fertilización Inorgánica

Cuadro 3.1 Composición de la solución nutritiva (Testigo) empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 2 dS·m⁻¹.

Composición de la solución nutritiva	
KH₂PO₄	27.4 g
Ca(NO₃)₂⁺	43.12 g
Mg(NO₃)₂⁺	78.68 g
KNO₃⁺	125.6 g
HNO₃	3 ml
H₂SO₄	14 ml

Esta solución está condicionada para prepararse en 200 litros de agua.

Cuadro 3.2 Composición de la solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 1 dS·m⁻¹.

Composición de la solución nutritiva	
KH₂PO₄	13.7 g
Ca(NO₃)₂⁺	21.56 g
Mg(NO₃)₂⁺	39.34 g
KNO₃⁺	62.8 g
HNO₃	1.5 ml
H₂SO₄	7 ml

Esta solución está condicionada para prepararse en 200 litros de agua.

Cuadro 3.3 Composición de la solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo del tomate en invernadero con una CE de 3 dS·m⁻¹.

Composición de la solución nutritiva	
KH₂PO₄	41.1 g
Ca(NO₃)₂⁺	64.68 g
Mg(NO₃)₂⁺	118.02 g
KNO₃⁺	188.4 g
HNO₃	4.5 ml
H₂SO₄	21 ml

Esta solución está condicionada para prepararse en 200 litros de agua.

3.11 Procedimiento para la preparación de la solución nutritiva

En la preparación de la solución nutritiva se aplicó el método recomendado por Steiner. Con algunas adecuaciones en las solución por lo que cada una de ellas contiene diferentes conductividades eléctricas (1, 2,3 dS·m⁻¹).

- 1.- Se utilizó 3 recipientes cada uno con un volumen de 200 litros de agua.
- 2.-Posteriormente a los recipientes con 200 litros de agua se le agregaron las siguientes composiciones, cada cantidad se hizo de acuerdo con las diferentes conductividades eléctricas, por lo que se pesaron los siguientes fertilizantes KH₂PO₄, Ca(NO₃)₂⁺, Mg(NO₃)₂⁺, KNO₃⁺ y se midieron los ácidos (ml) HNO₃, H₂SO₄., con ayuda de una probeta.
- 3.- Se agitó para diluir la mezcla de fertilizantes, y crear una solución homogénea para así poder aplicar la solución nutritiva a las plantas de tomate.
- 4.-El riego se aplicó todos los días, para cada maceta fue 2 litros de esta solución, tomando en cuenta las condiciones del ambiente que se encontraba dentro del invernadero.

3.12 Manejo del cultivo

3.12.1 Poda

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares cuando estos tenían de 5 cm. La finalidad es la de evitar competencia con el tallo principal. La poda de hojas senescentes o viejas, esta labor se realizó para evitar que estas hojas se volvieran parasitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos, también para eliminar las hojas enfermas y mejorar la ventilación entre plantas, en esta poda se eliminó las hojas basales hasta donde se encontraba el primer racimo y luego se dejó una hoja antes de cada racimo en producción a lo largo del ciclo de este cultivo.

Poda de frutos o aclareo. Con ayuda de tijeras se eliminaron los frutos excedentes en cada racimo, dejando de esta manera los primeros cuatros frutos en el primer racimo, esto es para obtener frutos de mejor calidad.

3.12.2 Tutorado

Las plantas fueron conducidas mediante hilos de rafia cuando alcanzaron una altura de 35 cm, para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos se pongan en contacto con el suelo, esta labor se llevó a cabo con un amarre de rafia en la bolsa y en la base del tallo evitando el estrangulamiento de este, para posteriormente y conforme la planta presento su crecimiento se enredaba la rafia en la planta, labor realizada generalmente cada semana.

3.12.3 Polinización

Al inicio de la etapa de floración se procedió a polinizar manualmente, esto se hizo con el movimiento de los tutores lo cual ayudo a una mejor polinización esta se llevó a cabo entre las 11.00 y 14.00 horas.

3.13 Control de plagas y enfermedades

Se realizaron aplicaciones preventivas cada 15 días desde el inicio del trasplante hasta la cosecha de 1gr o 1ml del fungicida tecto, captan, oxiclورو de cobre por litro de agua, intercalando la aplicación de estos productos. Las plagas

que se presentó en el cultivo fue la mosquita blanca y paratrioza, estas fueron controladas con el plaguicida endosulfan.

La enfermedad que se presentó durante el desarrollo del cultivo fue el *Clavibacter Michiganensis* (cáncer bacteriano) que se presentó a los 87 días después de la siembra en el cultivo, para mantener controlada esta enfermedad se utilizó el producto Cumicin bactericida este producto se aplicó cada 15 días de 2-4 gr/L.

3.14 Cosecha

La cosecha, se realizó a partir de los 114 días después de la siembra y 84 ddt, la cosecha se realizó a tres racimos, el criterio de la cosecha fue determinado por el cambio de color, esta se cosecho manualmente cuando el fruto presentaba un color rojo firme característico de la variedad.

3.15 Variables evaluadas en tomate

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

Para evaluar estas variables los materiales que se utilizaron durante el desarrollo del trabajo fueron: una báscula digital, vernier, regla milimétrica, refractómetro, peachimetro, conductimetro, tijeras, probeta.

3.15.1 Peso del fruto

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

3.15.2 Diámetro polar

Esta variable fue determinada colocando el fruto de manera vertical y midiendo la distancia entre el pedúnculo y la cicatriz floral, esto fue determinado con un vernier.

3.15.3 Diámetro ecuatorial

Fue determinado con el vernier, se colocó el fruto de forma transversal en la parte más ancha del fruto, registrando los datos en centímetros.

3.15.4 Espesor de pulpa

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

3.15.5 Sólidos solubles (°Brix)

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

3.16 Análisis estadístico

Para el análisis de resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Números de frutos

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos. Presentando una media general de 11.08 números de frutos por planta (cuadro 4.1). Aunque no se presentó diferencia estadística en la comparación de medias se puede apreciar que el tratamiento con conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹, fue el mayor con 11.75 frutos por planta, mientras que el tratamiento de conductividad eléctrica 2 dS·m⁻¹ fue el más bajo con 10.25 frutos.

Se puede apreciar que el tratamiento con conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹ fue mayor a los otros tratamientos, sin embargo el tratamiento de conductividad eléctrica 2 dS·m⁻¹ (Testigo) que obtuvo el menor número de frutos por planta presentó fruto de mayor tamaño. Probablemente se debió a la concentración de sales que contenía la solución nutritiva.

La media obtenida en este experimento es menor a los resultados obtenidos por Valenzuela *et al.*, (2014) quien obtuvo una media en tomate tipo bola de 11.12 frutos por planta, quien evaluó la respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritiva Steiner en sustrato humus de lombriz-fibra de coco.

Cuadro 4.1 Números de frutos por planta evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas, a tres racimos.

Tratamiento	Híbrido	Número de frutos Por planta	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	11.75 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	11.25 a	NS
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	10.25 a	NS
DMS (0.05%)= 2.28		11.08 C.V=9.51	

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

4.2 Diámetro polar

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa (cuadro 4.2) obteniendo una media general de 7.30 cm. Sin embargo en la comparación de medias el tratamiento de mayor valor numérico para diámetro polar (conductividad eléctrica 2 dS·m⁻¹), fue de 7.49 cm, mientras que el tratamiento de menor diámetro polar (conductividad eléctrica 3) alcanzó 7.18 cm.

Cabe la probabilidad que el T3 (conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹) fue el que presentó frutos de menor diámetro, debido al incremento en la concentración de sales en la solución nutritiva, lo cual no favoreció el desarrollo del fruto.

La media obtenida en este trabajo de investigación es superior a los resultados obtenidos por Morales (2008) quien evaluó el comportamiento de genotipos de jitomate tipo bola bajo condiciones de invernadero y Ramírez (2006) quien evaluó aplicación de vermicompost en cultivos de tomate bajo condiciones de invernadero, cuya media de diámetro polar fue de 4.6 y 5.7 cm respectivamente.

Cuadro 4.2 Diámetro polar (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Tratamiento	Híbrido	Diámetro polar	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	7.49 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	7.25 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	7.18 a	NS
DMS (0.05%)= 0.78		7.30	C.V=4.92

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

4.3 Diámetro Ecuatorial

El análisis estadístico para la variable diámetro ecuatorial del fruto no encontró diferencia estadística significativa (cuadro 4.3). Presentando una media general de 8.02 cm. Aunque no presentó diferencia estadística se puede observar que el T2 (conductividad eléctrica 2 dS·m⁻¹) fue el que presentó mayor diámetro

ecuatorial con 8.23 cm, mientras que el tratamiento tres fue el de menor diámetro ecuatorial con 7.90 cm.

El Tratamiento conductividad eléctrica 3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (T3) fue el más bajo por lo que existe la probabilidad que el contenido de sales juega un papel muy importante con lo respecta al diámetro ecuatorial.

La media general obtenida en este experimento es superior a los resultados obtenidos por Morales (2008), quien evaluó el comportamiento de genotipos de jitomate tipo bola bajo condiciones de invernadero y Ramírez (2006) quien evaluó aplicación de vermicompost en cultivos de tomate bajo condiciones de invernadero, cuyos resultados de diámetro ecuatorial fue de 5.7 y 7.3 cm respectivamente.

Cuadro 4.3 Diámetro ecuatorial (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Tratamiento	Híbrido	Diámetro ecuatorial	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	8.23 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	7.93 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	7.90 a	NS
DMS (0.05%)= 0.80		8.02	C.V=4.62

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

4.4 Número de lóculos

Para la variable número de lóculos no presentó diferencia estadística significativa, Presentando una media general de 5.07 lóculos (cuadro 4.4). Aunque no presentó diferencias estadísticas en la comparación de medias se puede apreciar que el tratamiento con conductividad eléctrica 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, fue la que tuvo mayor número de lóculos con 5.45, mientras que el tratamiento que presento menor número de lóculos fue el tratamiento CE 1 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con 4.85.

La media de estos resultados concuerda a lo obtenido por Rios (2002) quien reporta una media de 5 lóculos y por Atayde (2006) quien reporta valores

de 4.32 lóculos, quien evaluó híbridos de tomate bola con podas bajo invernadero con fertilización inorgánica.

Cuadro 4.4 Números de lóculos en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Tratamiento	Híbrido	Número de lóculos	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	5.45 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	4.93 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	4.85 a	NS
DMS (0.05%)= 0.73		5.07	C.V=6.69

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

4.5 Sólidos solubles (°Brix)

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Obteniendo una media general de 4.76 ° Brix (Cuadro 4.5). Aunque no se presentó diferencias estadísticas en la comparación de medias se puede observar que el tratamiento con conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹, fue el de mayor valor numérico con 5.09 ° Brix, mientras que el tratamiento de conductividad eléctrica 1 fue el menor con 4.26 ° Brix.

El tratamiento con conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹ probablemente fue favorecido por la mayor concentración de sales ya que de acuerdo a Favela *et al.*, (2006) el incremento de la CE propicia un aumento de azúcares en los frutos.

La media obtenida en este experimento es similar a los resultados obtenidos en tomate bola por Jasso *et al.*, (2009) quienes reportaron una media de 4.16 ° Brix, evaluando el efecto de diferentes híbridos y sustratos sobre el rendimiento y calidad de frutos de jitomate en invernadero con solución inorgánica. Sin embargo la media obtenida en este experimento es menor a lo reportado Montes (2006), quien obtuvo una media de 4.9 ° Brix, quien evaluó la relación fósforo calcio en producción de tomate bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

Cuadro 4.5 Sólidos solubles (°Brix) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Tratamiento	Híbrido	Sólidos solubles (°Brix)	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	5.09 a	NS
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	4.93 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	4.26 a	NS
DMS (0.05%)= 0.35		4.76 C.V=3.47	

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

4.6 Espesor de pulpa

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa (cuadro 4.6) obteniendo una media general de 0.82 cm. Sin embargo en la comparación de media el tratamiento de mayor espesor de pulpa fue el tratamiento con una conductividad eléctrica 2 dS·m⁻¹, que obtuvo un valor de 0.86 cm, mientras que el tratamiento de menor espesor de pulpa fue el de conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹, con 0.80 cm.

Estos resultados son similares a lo reportado por Aguilar (2002), con una media en espesor de pulpa de 0.8 cm, quien evaluó el rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 4.6 Espesor de pulpa (cm) en frutos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Tratamiento	Híbrido	Espesor de pulpa	Nivel de significancia
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	0.86 a	NS
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	0.81 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	0.80 a	NS
DMS (0.05%)= 0.10		0.82 C.V= 5.94	

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

4.7 Rendimiento por planta

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos, presentando una media general de 2.386 kg por planta (cuadro 4.7) Sin embargo, pese a no presentar diferencia estadística significativa, en la comparación de medias se puede apreciar que el tratamiento con conductividad eléctrica 1 dS·m⁻¹, fue el mayor con 2.495 kg por planta, mientras que el tratamiento con conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹, fue el menor con 2.275 kg por planta.

Los resultados de esta investigación son menores a los encontrados por Capulin *et al.*, (2011) quien obtuvo un rendimiento por planta 2,742 gramos, al evaluar estiércol bovino líquido y soluciones nutritivas con CE 2 y 4 dS·m⁻¹. Sin embargo son similares a los resultados obtenidos por Morales (2008) cuya media fue 2.057 kg por planta en tomate tipo bola, quien evaluó el comportamiento de genotipos de jitomate tipo bola bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 4.7 Rendimiento por planta (kg) en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas, a tres racimos.

Tratamiento	Híbrido	Rendimiento por planta	Nivel significancia
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	2.495 a	NS
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	2.390 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	2.275 a	NS
DMS (0.05%)= 1.023		2.386 C.V=19.70	

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

4.8 Rendimiento total (t·ha⁻¹)

El análisis estadístico para esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos (cuadro 4.8) obteniéndose una media general de 71.622 t·ha⁻¹. Sin embargo en la comparación de media el tratamiento de mayor rendimiento en t·ha⁻¹ (conductividad eléctrica 1 dS·m⁻¹) fue de 74.882 t·ha⁻¹, mientras que el tratamiento (conductividad eléctrica 3 dS·m⁻¹) fue menor con 68.258 t·ha⁻¹.

La media obtenida en este trabajo de investigación es menor a los resultados obtenidos por Aquino (2014), quien evaluando la producción hidropónica de tomate bola en invernadero, usando el tratamiento solución Steiner, té de vermicompost y té compost, obtuvo el rendimiento más alto en la solución Steiner con 91.5 t·ha⁻¹.

Cuadro 4.8 Rendimiento en t·ha⁻¹ en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes conductividades eléctricas, a tres racimos.

Tratamiento	Híbrido	Rendimiento (t·ha⁻¹)	Nivel significancia
Conductividad eléctrica 1	CLX 37304F ₁	74.882 a	NS
Conductividad eléctrica 2	CLX 37304F ₁	71.727 a	NS
Conductividad eléctrica 3	CLX 37304F ₁	68.258 a	NS
DMS (0.05%)= 24.364		71.622	C.V=19.660

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

IV. CONCLUSIONES

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamiento, las plantas regadas con la solución de Steiner (T2) con una conductividad eléctrica de $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (testigo) fue la que presentó los mejores valores numéricos para las variables en diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos y espesor de pulpa.

Mientras que el (T3) presentó mejor valor en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), estos resultados se relaciona a lo que han dicho varios autores que una alta conductividad eléctrica generalmente mejora el sabor del fruto, aunque disminuye su tamaño.

Para la variable rendimiento se puede observar que (T1) con $74.882 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, supero al (T2 y T3), cuyos resultados fueron de 71.727 y $68.258 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad-Berjon M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. 113-158.
- Abad, M. Y Noguera, P. 2000. Los sustratos en cultivos sin suelo. En: Manual del cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (Ed.). Manuales Universidad de Almería, servicio de publicaciones. 137-182 pp.
- Aguilar, C. P. 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Alvarado V. M. A., Solano S. J. A. Producción de sustratos para viveros. 2002. Proyecto VIFINEX. Costa Rica. Pág. 4 y 5.
- Alviter P. D. y Granados S. D. 2005. Construcción y manejo de invernaderos en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para el valle del mezquital, Hidalgo. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 2 p.
- Aquino, G. B. 2014. Producción hidropónica de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Antón V. M.A. 2004. Utilización del análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero Mediterráneo. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Programa de Doctorat Enginyeria Ambiental. Barcelona, España. 235p.
- Arteaga F. A., Ruiz O. U., Torres A. C, Guzmán C. E., Fierro O. S.E., Vásquez O. A., Núñez P. O., Zamora O. M .A., Rodríguez O.C. 2007. Jitomate (Sistema de Producción). Fundación Produce Oaxaca, A.C. Oaxaca. 48:10.
- Atayde, S. G. E. 2006. Híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con podas bajo invernadero Región Lagunera. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. p. 56

- Baixauli S.C., Aguilar O.J.M. 2002. Serié Divulgación Técnica, Cultivo sin Suelo de Hortalizas, Aspectos Prácticos y Experiencias. Edita: GENERALITAT VALENCIANA. Pp.20-26 y 39.
- Baron. C., Barés. C., Maradei. F. 2000. Manejo Poscosecha de Tomate. Inspección de Frutas y Hortalizas. Corporación del mercado central de Buenos Aires, Argentina. Pp. 6 y 11.
- BEZERT, J. 1994. Sistema de pago por calidad de tomate. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate Industrial. Viña del Mar. 1-3 diciembre. pp. 7-10.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo - Serie Horticultura. 5(1): 5-11 p.
- Cantwell, M., S. Stoddard, M. LeStrange, and B. Aegerter. 2007. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis, Davis Ca. USA. 16 p.
- Capulin, G. J; Mohedano, C. L; Sandoval, E. M; Capulin, V. J. C. 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México. P.107.
- Castellanos Z. J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. Celaya. Gto. México. 19 p.
- Castellanos. J. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. Intagri. 2ª Edición, Celaya. Gto. México. Pp. 235, 236, 262 y 345.
- Cázares C. M. A., Beltrán U. R. A., Trejo T.A., Esquivel R. A., Ruiz S. R. 2010. Sistema Producto Nacional Tomate Rojo (Jitomate). PLAN RECTOR Consejo Nacional de Productores de Tomate, A.C. Cuernavaca, Morelos, México. Pág. 18
- Cázares C. M. A., Beltrán U. R. A., Trejo T.A., Esquivel R. A., Ruiz S. R. 2012. Plan Rector Sistema Producto Nacional Tomate Rojo (Jitomate). Consejo Nacional de productores de tomate, A. C. México. DF. 97: 19.

- Cenid-Raspa. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación-Agua– Suelo– Planta–Atmósfera. 2003. Agricultura protegida. Libro Técnico No.1. Gómez Palacio, Dgo., México INIFAP.
- Ciruelos C. A., de la Torre C. R., González R. C. 2008. Parámetros de calidad en el tomate para industria. pág. 160.
- Corona, P. S. A. 2005. La Comarca Lagunera, constructo cultural. Universidad Iberoamericana Torreón, Comarca Lagunera, Coahuila, México.p.17.
- De Rijck, G. y E. Schrevens. 1998. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. J. Plant Nutr. 21 (5): 861-870.
- Díaz S.F.R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah, México. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto. Editores: Sánchez R., F.J., A. Moreno R., J.L. Puente M. y J. Araiza Ch. pág. 45 y 46.
- Díaz, M. F., Morales, M. A., Marco, A. Veja, A. M., Molina, S. 2013. Medidor de conductividad eléctrica y PH para control de soluciones nutritivas en riego de cultivos protegidos. INIFAP, Instituto Tecnológico de Mexicali, Mexicali, Baja California. México. p.437.
- DISAGRO. 2004. Publicaciones: Plan de manejo para el cultivo del tomate. pág. 3 y 10.
- Dorais, M., Papadopoulos, A.P., Gosselin, A. (2001). Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomy*, 21, 367-383.
- FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture. The international response. In: Freitas B M, Pereira J O P. (Eds.). *Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza, Brasil: Imprensa Universitária. pp. 19-22.
- Favela Ch. E.; Preciado R. P.; Benavides M.A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, p. 31,41 y 92.

- Fernández R.E.J., Camacho F.F. y Ricárdez S.M. .2004 .Tomates Producción y Comercio. COMPENDIOS DE HORTICULTURA. Coordinado por: Alicia namesny. Imprenta Novoprint, Barcelona, ediciones de horticultura, S.L.
- Flores G.D. 2011. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos cultivados en invernadero. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, estado de México.
- Fraser, P.D., M.R. Truesdale, C.R. Bird, W. Schuch y P.M. Bramley. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiol.* 105, 405-413.
- Garza, M., Molina, M. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. 28 p.
- Gil, V. I., Sánchez, C. Felipe., y Miranda, V. Ignacio. 2003. Producción de Jitomate en hidroponía bajo invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Serie de publicaciones AGRIBOT. Chapingo, México. Pp 89.
- HO, L. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany* 47:1239-1243.
- J. N. M. Van Haeff., Mondoñedo, R. J., Parsons, B. D., Medina, F. J., Berlijn, D. J., Orozco L. F., C. Glass, P. C. 2008. Tomates. Manuales para educación agropecuaria. Tercera edición. Editorial Trillas. D.F, México. p. 39, 57.
- Jaramillo, J., Sánchez, G., Rodríguez V., Aguilar, P., Zapata, M., Guzmán, M. 2013. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica, Bogotá, Colombia. 97 p.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez, M. Guzmán y M. Zapata. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48: 6,12 p.
- Jaramillo N. J.; Rodríguez V. P.; Guzmán A.M.; Zapata C. M.; Rengifo M. T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA – MANA – Gobernación de Antioquia – FAO. 49 p.

- Jasso, Ch. C., Martínez, G. M. A., Alpuche, S. A. G., Garza, U. E. 2011 .Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. Folleto técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí. p. 22 y 23.
- Jasso, Ch. C; Martínez, G. M. A; Alpuche, S. A. G; Garza, U. E. 2009. Evaluación de sustratos e híbridos de jitomate en condiciones de invernadero. San Luis Potosí, México.
- Krzyzanowska, J., Czubacka A., Oleszek W., 2010. Dietary phytochemicals and human health. Bio-Farms for Nutraceuticals: Funcional food and safety control by biosensors. Chapter 7. 75-97.
- Lara H.A.2000.Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Universidad Autónoma de Zacatecas, México. p. 221y 222.
- LARRY R. & JOANNE L. Genetic resources of tomato. In: Genetic improvement of solanaceous crops-Razdan MK, Mattoo AK, eds. (2007) 2. Enfield, NH: Science Publishers. Tomato.
- León, G. H. M. 2006. Guía para el cultivo de tomate en invernadero.263 pp.
- Linares O.H., Arellano F. T., Arias G.G. 2004. Manual del participante manejo de invernaderos. 8p.
- López-Pérez, L., Cárdenas, R., Lobit, P., Martínez, O. y Escalante, O. (2005). “Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía”, en Revista Fitotecnia Mexicana. 28(2): 171-174.
- Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. El Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Pp. 25,26 y 36.
- Lorenzo. P; Sánchez, M. J; Sánchez, G. M. C; Medrano. E; Cabezas, M. J. 2013. Influencia del enriquecimiento carbónico y la salinidad sobre la producción de tomate cv. Delizia (híbrido RAF).VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Centro IFAPA. Almeria. España. 2 p.

- Magán, J. J., Gallardo, M., Thompson, R. B. (2008). Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*.
- Manrique, A., Blanco, J. 2013. Polinización de tomate, calabacín y pepino, con Meliponinosy *Apis mellifera* en invernaderos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Estación Experimental Jaime Henao Jaramillo. Estado Miranda, Venezuela. 31 (3): 243-254: 244 p.
- Monardes M. H., Escalona C. V., Alvarado V. P., Urbina Z. C., Martin B. A. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Nudo Hortícola VI Región. 10,11p.
- Mondragón S.L. 2005. Producción de jitomate en invernadero. Instituto de investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX). Primera edición, Metepec. Estado de México. Pp.39: 3.
- Mondragón S.L. 2007. Producción de jitomate en invernadero. Gobernador del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, ICAMEX. Primera edición. Metepec Estado de México. 53: 34 p.
- Montes, Z. O. 2006. Relación fosforo calcio en producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis licenciatura. UAAAN-UL.Torreón, Coahuila., México.
- Morales, F. Z. 2008. Comportamiento de genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tipo bola bajo condiciones de invernadero Comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL.Torreón, Coahuila., México. p.
- Nuez, F. El cultivo del jitomate. 2001. Ediciones mundi-prensa, Barcelona, España, Pp. 15-69.
- Nuño M.R., Ponce M.J.F., Hernández Z.C., Machain S.G.M. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja california. 4p.
- Ocampo, M. Caballero, M. y Tornero, C. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. En agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo

- sustentable. Tornero, C. M. A; Silva G, S. E; Pérez A. R. y Bonilla y F. publicación especial de la benemérita universidad autónoma del estado de Puebla 55-74 p.
- Pacheco A. A. J. 2006. Memoria Producción de hortalizas bajo invernadero. Fundación produce Sinaloa, A.C. Culiacán, Sinaloa, México, 16 p.
- Paredes Z. A. 2009. Manual del cultivo de tomate en invernadero. Economía Agraria, Corpoica, CI, Tibaitatá. Paredes Zambrano, Alfredo. Cundinamarca - Colombia. Corpoica. 56: 22 p.
- Pichisaca, M., Morocho, M., Caguana, M., Quindi, B., Robayo, E., Zambrano, O., Rodríguez, P. 2003. El cultivo de tomate riñón en invernadero (*Lycopersicon esculentum* Mill). Asociación de agrónomos indígenas de cañar (AAIC). Editorial Abyala Yala. Quito, Ecuador. p. 31.
- Ramírez, E. L. A. 2006. Tiempo de aplicación de Vermicomposta en cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila., México.
- Rodríguez F. H., Muñoz L.S., Alcorta G. E. 2006. El Tomate Rojo Sistema hidropónico. Primera Edición. Editorial Trillas, México, D. F. 36, 44p.
- Rios, J. A. 2002. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de los híbridos de tomate bola (*Lycopersicon Esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Rodríguez R.G., Cárdenas H. Y., Sánchez H. Luis 2010. Efectos de heterosis para el contenido de sólidos solubles y el tamaño del fruto en el tomate (*Solanum Lycopersicum*, L.) y su adaptación para los sistemas de cultivo protegido. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Provincia La Habana, Cuba. 7p.
- SAGARPA. 2010. Monografía de cultivos. Jitomate. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, p 6.

- Salas. M. C. 2002. Densidades de plantacion, poda y entutorado en cultivo de tomate protegido. Revista extra, Informe sobre la industria hortícola. Departamento de produccion vegetal de la Universidad de Almeria. P. 7.
- Sánchez-Guerrero, M. C.; Lorenzo, P.; Medrano, E.; Castilla, N.; Soriano, T.; Baille, A. (2005). "Effect of variable CO₂ enrichment on greenhouse production in mild winter climates"; *Agricultural and Forest Meteorology*, (132); pp. 244-252.
- SEMARNAT. 2012. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015, Informe de Evaluación Periodo 2010-2011, Comarca Lagunera (Torreón, Matamoros, Gómez palacio, Lerdo). México, p.13.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.
- STOLLE-SMITS, T.; GERARD BEEKHUIZEN, J.; KOK, T. C.; PIJNENBUR, M.; RE COURT, K., DERKSEN, J.; VORAGEN, A. (1999). Changes in Cell Wall Polysaccharides of Green Bean Pods during Development, en: *Plant Physiology*. Vol. 121, pp. 363-372.
- Suslov T. and Cantwell M. 2000. Tomate: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616, p.375.
- Tapia, V. L. M., Rico, P. H. R., Sánchez, G. P., Vidales, F. I., Aguirre, P. S., Chávez, C. X., Castellanos. J. Z. 2004. Fertirrigación: Tecnológica práctica para su aplicación en agricultura intensiva. INIFAP. Uruapan, Mich. 6 p.
- Terán, Ch. C., Valenzuela, M. M. Villaneda, V. E., Sánchez, L. G., Hío, P. J. 2007. Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá, Manual Técnico, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), p. 58.
- Urrestarazu G., M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona, España.

- Valenzuela L. M., Díaz V .T. 2010. Curso de agricultura protegida Memoria, Manejo cultural del cultivo del tomate. Fundación produce Sinaloa A. C. 25 p.
- Valenzuela, L. M; Partida, R. L; Díaz, V. T; Velázquez, A. T de J; Bojórquez, B. G; Enciso, O. T. 2014. Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México, pp. 807-818.
- Velasco H.E.; R. Nieto A. y E. Navarro L. 2011. Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. (Ed.) Mundi - Prensa México. Edición tercera, Universidad Autónoma de Chapingo. México, p. 15.
- Velasco, H.E y Nieto, A. R. 2006. Manual didáctico cultivo de jitomate en hidroponía e invernadero. 2º Edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 100 p.
- Velthuis, H. H. W. and A. Van Doorn. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*. 37: 421-451.
- YOUNG, T., JUVIK, J and SULLIVAN, J. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118:286-292.
- Zapata, L., Gerard, L., Davies, C., Oliva, L., Schvab, M. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Cienc. Docencia tecnol.* n. 34, Concepción del Uruguay.
- Zeidan, O. (2005). Tomato production under protected conditions. Mashav, Ciudadco. Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. Israel. 99 p.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1 A. Análisis de varianza para la variable números de frutos por planta en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	4.66666667	2.33333333	2.10	0.2035 NS
REPETICIÓN	3	1.58333333	0.52777778	0.47	
ERROR	6	6.66666667	1.11111111		
TOTAL	11	12.91666667			

DMS = 2.287

NS= no significativo

C.V= 9.510610

MEDIA GENERAL=11.08333

Cuadro 2 A. Análisis de varianza para la variable diámetro polar en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	0.21011667	0.10505833	0.81	0.4883 NS
REPETICIÓN	3	0.43069167	0.14356389	1.11	
ERROR	6	0.77848333	0.12974722		
TOTAL	11	1.41929167			

DMS = 0.7815

NS= no significativo

C.V= 4.928119

MEDIA GENERAL=7.309167

Cuadro 3 A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	0.25751667	0.12875833	0.94	0.4426 NS
REPETICIÓN	3	0.63606667	0.21202222	1.54	
ERROR	6	0.82488333	0.13748056		
TOTAL	11	1.71846667			

DMS = 0.8045

NS= no significativo

C.V= 4.621317

MEDIA GENERAL=8.023333

Cuadro 4 A. Análisis de varianza para la variable números de lóculos en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	0.85361667	0.42680833	3.70	0.0900 NS
REPETICIÓN	3	0.46436667	0.15478889	1.34	
ERROR	6	0.69298333	0.11549722		
TOTAL	11	2.01096667			

DMS = 0.7373

NS= no significativo

C.V= 6.692133

MEDIA GENERAL= 5.078333

Cuadro 5 A. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°Brix) en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	1.53451667	0.76725833	28.00	0.0009 NS
REPETICIÓN	3	0.14915833	0.04971944	1.81	
ERROR	6	0.16441667	0.02740278		
TOTAL	11	1.84809167			

DMS = 0.3592

NS= no significativo

C.V= 3.474644

MEDIA GENERAL= 4.764167

Cuadro 6 A. Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	0.01011667	0.00505833	2.10	0.2041 NS
REPETICIÓN	3	0.01926667	0.00642222	2.66	
ERROR	6	0.01448333	0.00241389		
TOTAL	11	0.04386667			

DMS = 0.1066

NS= no significativo

C.V= 5.943308

MEDIA GENERAL=0.826667

Cuadro 7 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (kg) en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	0.09686667	0.04843333	0.22	0.8095 NS
REPETICIÓN	3	0.61866667	0.20622222	0.93	
ERROR	6	1.32693333	0.22115556		
TOTAL	11	2.04246667			

DMS = 1.0203

NS= no significativo

C.V= 19.70413

MEDIA GENERAL= 2.386667

Cuadro 8 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento en t·ha⁻¹ en el cultivo de tomate tipo bola evaluados bajo condiciones de invernadero, a tres racimos. UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
CE	2	87.8305559	43.9152780	0.22	0.8076 NS
REPETICIÓN	3	554.3716809	184.7905603	0.93	
ERROR	6	1189.734103	198.289017		
TOTAL	11	1831.936340			

DMS = 24.364

NS= no significativo

C.V= 19.66072

MEDIA GENERAL= 71.622