

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD REGIONAL LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



“EVALUACIÓN PARA CALIDAD DE FRUTO DE DOS GENOTIPOS DE TOMATE BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN SUSTRATO ORGÁNICO E INORGÁNICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”

POR:

LÁZARO MORENO RÍOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD REGIONAL LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"EVALUACIÓN PARA CALIDAD DE FRUTO DE DOS GENOTIPOS DE
TOMATE BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN SUSTRATO
ORGÁNICO E INORGÁNICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO"

POR:

LÁZARO MORENO RÍOS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

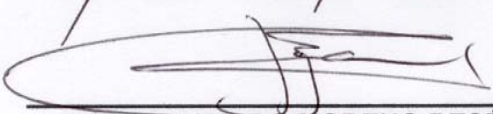
ASESOR:
PRINCIPAL


DR. PEDRO CANO RÍOS

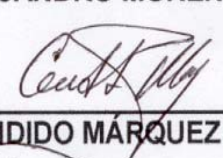
ASESOR

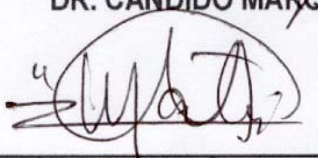

DR. PABLO PRECIADO RANGEL

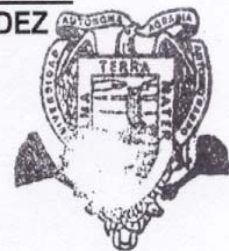
ASESOR:


DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:
EXTERNO


DR. CANDIDO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Torreón, Coahuila, México

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
Diciembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD REGIONAL LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"EVALUACIÓN PARA CALIDAD DE FRUTO DE DOS GENOTIPOS DE
TOMATE BOLA (*Lycopersicon esculentum* Mill) EN SUSTRATO
ORGÁNICO E INORGÁNICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO"

POR:

LÁZARO MORENO RÍOS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

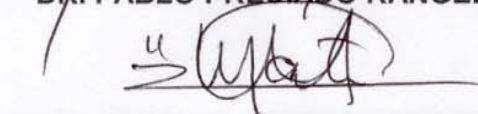
PRESIDENTE:


DR. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL:

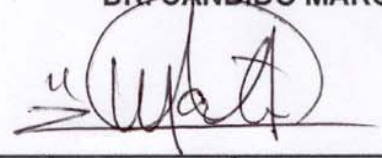

DR. PABLO PRECIADO RANGEL

VOCAL:


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL:
EXTERNO


DR. CANDIDO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Torreón, Coahuila, México

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
Diciembre del 2009

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios, por cuidarme y permitirme salir adelante durante toda mi vida, por cobijarme con una familia, pero sobre todo por darme la oportunidad de vivir.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de prepararme profesionalmente y más allá de sus aulas, sobre todo por darme la dicha de ser un BUITRE.

Al Dr. Pedro Cano Ríos, por su amistad, por compartirme conocimiento en mi formación profesional y por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo y terminar con éxito.

Al M.C. Víctor Martínez Cueto, por su valiosa amistad durante toda mi carrera, por sus consejos y apoyo, por compartir sus conocimientos, por que más que un maestro fue un amigo.

Al Dr. Cándido Márquez Hernández, por su amistad y apoyo brindado y contribuir con sus conocimientos.

Al Dr. Pablo Preciado Rangel, por su amistad y valioso apoyo, compartirme de su conocimiento para la realización de este trabajo.

A la MC. Cynthia Dinorah, por su valiosa amistad y gran apoyo.

A todos mis maestros, por su infinita paciencia y por contribuir con conocimientos a mi formación profesional.

Al Equipo de Fútbol Americano, por permitirme representar con orgullo a mi Universidad, a todos mis amigos, a mis entrenadores por su paciencia y apoyo.

A la Fam. González Cortés, por su apoyo y consejos, pero sobre todo por su valiosa amistad.

A mis amigos, José Galdámez, Efrén, Joel, Melesio, Gilberto, Aarón, J. Jafet, Aimir, Fernando, por compartir gratos e inolvidables momentos.

DEDICATORIAS

A mis padres, Noemí Ríos Clemente y Oscar Moreno Ruíz, por darme la dicha de vivir, por todos sus esfuerzos y sacrificios durante toda mi vida, por sus consejos y apoyo incondicional, por ser excelentes padres, pero sobre todo por su inmenso amor.

A mis hermanos, Oscar, Luis Noé y Alan Jardiel, por que forman parte de mi vida.

A mis abuelas, Eloina Clemente y Jesús Ruíz, por brindarme todo su cariño y amor, por sus sacrificios, por formar parte de mi vida, por ser mis abuelas.

A mi tía, Dora Luz Ríos, por su inmenso cariño y amor, por sus sacrificios, por darme animo en todo momento, por todo su apoyo incondicional.

A mis tíos, Santiago Ríos, Adelin Moreno, Lázaro Ríos, Obet Ríos, Janeth Ríos, Gloria Moreno, Gloria Gallegos, Noé Clemente, Octavio Clemente, por sus consejos y apoyo.

A mi sobrino, Oscar Moreno, por llenar de alegría nuestros corazones, por formar parte de nuestras vidas.

A mis primos, Dorian Santiago, Margarita Janeth, Anahid, Edgar Obet, Mauricio, Martin, Abril, Alexia, Lucia Darani, Luvia, Noé, Rafael, Sara del Pilar, Fabián, Ulises, Lázaro, por compartir momentos inolvidables llenos de alegría.

A la Fam. Fierro Chávez, por su cariño, por sus consejos, por todo su inmenso apoyo, por abrirme las puertas de su hogar, pero sobre todo por brindarme su invaluable amistad.

A O. Cristina Fierro, por su valioso apoyo, por su cariño, paciencia y consejos, por todos los momentos de alegría, pero sobre todo por compartirme de su vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE APÉNDICE	xiii
RESUMEN	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Metas.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del tomate.....	3
2.2 Origen.....	3
2.3 Clasificación taxonómica del tomate.....	3
2.4 Características morfológicas	4
2.4.1 Semilla.....	4
2.4.2 Raíz.....	5
2.4.3 Tallo.....	5
2.4.4 Hoja.....	6
2.4.5 Flor	7
2.4.6 Fruto	7
2.4.7 Valor nutritivo	7
2.5 Invernadero	8
2.5.1 Generalidades del invernadero	8
2.5.2 Ventajas de la producción en invernadero	9

2.5.3 Desventajas de producir en invernadero	10
2.6 Exigencias del clima	10
2.6.1 Generalidades	10
2.6.2 Temperatura	11
2.6.2 Humedad Relativa	12
2.6.3 Luminosidad	13
2.6.4 Radiación en invernadero	14
2.6.5 Radiación en el cultivo del tomate	15
2.6.6 Contenido de CO ₂ en el aire	15
2.7 Elección del genotipo	15
2.7.1 Adaptación al sistema y ciclo de cultivo	16
2.7.2 Resistencia a plagas y enfermedades	16
2.8 Labores culturales	17
2.8.1 Producción de plántula	17
2.8.2 Trasplante	17
2.8.3 Poda de formación	18
2.8.4 Tipos de poda	18
2.8.5 Despunte	19
2.8.6 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos	19
2.8.7 Aporcado y rehundido	20
2.8.8 Tutorado	20
2.8.9 Bajado de plantas	21
2.8.10 Polinización	21
2.8.11 Arreglo topológico	22
2.9 Requerimientos nutricionales	22
2.9.1 Nitrógeno	23
2.9.2 Fósforo	23

2.9.3 Potasio	24
2.10 Fertirriego	24
2.10.1 Soluciones nutritivas.....	28
2.11 Plagas y enfermedades	30
2.12 Generalidades de la agricultura orgánica	31
2.12.1 La agricultura orgánica en el mundo	31
2.12.2 La agricultura orgánica en México.....	34
2.12.3 Importancia de los sustratos orgánicos	35
2.12.4 Características del compost	35
2.12.5 Nutrientes en el compost.....	36
2.12.6 Empleo de yeso en la agricultura	36
2.13 Calidad del fruto.....	37
III MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Localización geográfica y tipo de invernadero	41
3.2 Clima	41
3.3 Genotipos	42
3.4 Sustratos	42
3.5 Siembra	43
3.6 Diseño experimental	43
3.7 Manejo del cultivo	44
3.8 Fertirrigación.....	44
3.8.1 Solución nutritiva inorgánica.....	45
3.8.2 Solución nutritiva orgánica	46
3.9 Tutorado	47
3.10 Poda	47
3.11 Bajado de plantas	48
3.12 Polinización	48

3.13 Control de plagas y enfermedades	48
3.14 Cosecha	49
3.15 Variables evaluadas	50
3.16 Análisis estadísticos	50
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 Peso de fruto	51
4.2. Forma de fruto	52
4.3. Color de hombro	53
4.4. Diámetro ecuatorial.....	54
4.5. Diámetro polar	55
4.6. Sólidos solubles.....	55
4.7. Espesor de la pulpa	56
4.8. Número de lóculos.....	57
4.9. Color externo	58
4.10. Color interno	59
V. CONCLUSIÓN	60
VII. LITERATURA CITADA	61
VIII. APÉNDICE	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Principales componentes del fruto del tomate (Chamarro, 2001).	8
Cuadro 2.2.	Concentración de nutrientes en la solución nutritiva (ppm). (Zaidan y Avidan, 1997). UAAAN-UL, 2004.	27
Cuadro 2.3.	Rangos mínimo, óptimo y máximo de concentraciones de nutrimentos considerando varios autores. (INCAPA, 1999), CELALA, 2003. ...	30
Cuadro 3.1.	Descripción de los tratamientos. UAAAN-UL. 2008.	43
Cuadro 3.2.	Dosis aplicada de solución nutritiva por planta. UAAAN-UL. 2008.	45
Cuadro 3.3.	Solución Nutritiva Inorgánica Madre aplicada en cuatro etapas fenológicas del cultivo. UAAAN-UL. 2008.	45
Cuadro 3.4.	Solución Nutritiva Orgánica Madre aplicadas en cuatro diferentes etapas fenológicas del cultivo. UAAAN-UL. 2008.	46
Cuadro 4.1.	Comparación de medias de los diferentes tratamientos para Variable Peso de Fruto. UAAAN-URL. 2009.	51
Cuadro 4.2.	Forma de fruto en número y porcentaje en cada variable para cada tratamiento; evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero. UAAAN-URL. 2009.	52
Cuadro 4.3.	Color de hombro, porcentaje en cada variable de cada tratamiento, para evaluación de calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero. UAAAN-URL. 2009.	53
Cuadro 4.4.	Comparación de medias de Sustratos (S) y Genotipos (G), para la Variable Diámetro Ecuatorial. UAAAN-URL. 2009.	54
Cuadro 4.5.	Comparación de medias para Sustratos (S), para la variable Diámetro Polar.	55
Cuadro 4.6.	Comparación de medias para Sustratos (S), para la variable Grados Brix.	56
Cuadro 4.7.	Comparación de medias de los diferentes tratamientos para Variable Espesor de Pulpa. UAAAN-URL. 2009.	57
Cuadro 4.8.	Comparación de medias de los diferentes tratamientos para Variable Número de Lóculos. UAAAN-URL. 2009.	58

Cuadro 4.9.	Color externo, porcentaje, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.	58
Cuadro 4.10.	Color interno en número y porcentaje, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 3.1** Grados de madurez del fruto de tomate: 1. Verde maduro; 2. Inicio de color; 3. Pintón; 4. Rosado; 5. Rojo pálido; 6. Rojo. (Hazera, 1999). **49**

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1A.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Peso de Fruto. UAAAN-URL. 2009.	69
Cuadro 2B.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Diámetro Polar. UAAAN-URL. 2009.	69
Cuadro 3C.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Diámetro Ecuatorial. UAAAN-URL. 2009.	70
Cuadro 4D.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Grados Brix. UAAAN-URL. 2009.	70
Cuadro 5E.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Espesor de Pulpa. UAAAN-URL. 2009.	71
Cuadro 6F.	Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Número de Lóculos. UAAAN-URL. 2009.	71
Cuadro 7G.	Nivel de significancia para cada variable, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero. UAAAN-URL. 2009.	72

RESUMEN

La sobre explotación de la tierra en la agricultura ha llevado a producir hortalizas como el tomate de inadecuada calidad debido al mal uso de productos sintéticos como los agroquímicos, provocando la contaminación de la tierra agrícola, y por otro lado la población humana cada día incrementa más y más, exigiendo mayor calidad de los productos hortícolas para consumo en fresco que limiten causar estragos para la salud. Esto conlleva a la búsqueda de alternativas para producir productos de excelente calidad, para consumo humano.

Por esta razón en el presente trabajo se evaluó la calidad de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) producido bajo sustratos orgánicos e inorgánicos. El trabajo se llevo a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Regional Laguna, dentro del invernadero número dos. Se utilizó un diseño completamente al azar con 14 repeticiones, para lo cual se evaluaron los siguientes tratamientos: se utilizo como sustratos orgánico al compost con yeso al cincuenta por ciento y cincuenta por ciento arena, con dos diferentes genotipos comerciales (Gironda y caimán), con fertilización orgánica, al primer tratamiento se le denomino T₃ (compost con yeso + arena x caimán); al segundo tratamiento se le denomino T₄ (compost con yeso + arena x gironda); estos tratamientos se compararon con una línea de producción inorgánica, con sustrato de arena al cien por ciento, con los mismos genotipos comerciales, del cual derivaron dos tratamientos al primero de ellos se le denomino T₁ (arena x caimán); el segundo tratamiento fue denominado T₂ (arena x gironda).

El resultado obtenido es que los tratamientos a base de sustratos orgánicos como son el compost con yeso, es una alternativa para la producción de hortalizas en fresco como lo es el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), presentando las mejores características, confirmando que el compost con yeso influye de manera significativa en la calidad de los frutos.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., Compost, Yeso, Tratamientos.

I. INTRODUCCIÓN.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una de las hortalizas más importantes en el mundo y su popularidad aumenta cada día más, además de que en México también es una de las hortalizas que más se cultiva. Es por eso que se ha tenido la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan aumentar los volúmenes de producción y mejorar los estándares de calidad que exige el mercado, siendo la agricultura orgánica una opción adecuada.

Una de las grandes ventajas de la producción en invernadero es el poder obtener cosechas durante todo el año, variando dicha producción en función de la tecnificación del invernadero y de la importancia que se le da al cultivo.

Actualmente existe un interés especial por los consumidores de hortalizas frescas (tomate) y alimentos en general, de conocer la forma en que éstos fueron cultivados, prefiriendo a aquellos de la mejor calidad. Con todo lo anterior se obliga al productor a buscar métodos de producción sustentable.

En lugares como la Comarca Lagunera donde existen altas producciones de estiércol al año, por lo que una opción es la utilización del compost, que es un material degradado por la lombriz de tierra (*Eisenia fétida*). A este material también se le llama humus de lombriz o "Word casting" como se le conoce en el comercio internacional, el compost favorece a la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color.

1.1 Objetivos.

- Evaluar la calidad de frutos de dos genotipos de tomate bola en dos sustratos diferentes (inerte y orgánico).

1.2 Hipótesis.

- La calidad de frutos de tomate bola es influenciado por los sustratos.

1.3 Metas.

- Conocer la combinación adecuada entre sustratos que presenten mejor calidad.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate

2.2 Origen

El tomate es una planta nativa de América del sur, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú). Donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancias de tipo silvestre. México es considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación del tomate.

La evidencia histórica del tomate favorece a México como el centro más importante de domesticación de esta hortaliza, ya que la utilización de formas domesticas en el país, tiene bastante antigüedad y sus frutos fueron conocidos y empleados como alimentos por las culturas indígenas que habitaban en la parte central y al sur del país antes de la llegada de los españoles (Nuez, 2001).

El vocablo tomate procede del náhuatl *tomatl*, aplicado genéricamente para las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Fernández *et al.*, 2004).

2.3 Clasificación taxonómica del tomate

Esquinas y Nuez (2001) describe la taxonomía del tomate de la siguiente manera:

Nombre común:..... Tomate y Jitomate.

Nombre científico:..... *Lycopersicon esculentum Mill*

Clase:..... Dicotiledóneas

Orden:..... Solanes (personatae)

Familia:..... Solanáceae

Tribu:..... Solaneae

Género:..... *Lycopersicon*

Especie:..... *esculentum*

2.4 Características morfológicas

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se utiliza como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinas, e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar, en estas últimas, a los 10 m de altura en un año (Chamarro, 2001).

2.4.1 Semilla

La semilla del tomate es de forma lenticular, con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forma una yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable. La germinación de la semilla ocurre de manera

fácil. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión (Nuez, 2001; Berenguer, 2003).

2.4.2 Raíz

El sistema radicular tiene como funciones la absorción y el transporte de agua y elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo, este sistema radicular es de tipo fibroso y consta de una raíz principal corta y débil, saliendo de ellas numerosas raíces secundarias y potentes. Sin embargo, cuando la planta se propaga mediante el trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia se favorece el crecimiento de las raíces secundarias laterales las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Las porciones del tallo y en particular la basal, bajo condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tienden a formar raíces adventicias (Garza, 1985; Valadéz, 1990; Chamarro, 2001).

2.4.3 Tallo

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras, el diámetro puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser de crecimiento determinado (tallos que al alcanzar un determinado número de ramilletes detienen su crecimiento) e indeterminado (tallos que no detienen su crecimiento). Ambos casos presentan un crecimiento simpódico; el tallo del tomate es inicialmente erecto, pero al crecer, y debido a su poca consistencia, queda rastrero, siendo necesario su manejo con tutores

cuando se cultiva en invernaderos. Los tallos son pubescentes en toda su superficie. En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante podas para una mejor conformación de la planta. El desbroté debe ser oportuno, sobre todo en el brote inmediato inferior al racimo, el cual surge con gran vigor. El cuello del tallo tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo o con la arena, característica muy importante que se aprovecha en las labores culturales, aporcado y el rehundimiento de cultivos enarenados (Serrano, 1979; Valadéz, 1990; Berenguer, 2003).

2.4.4 Hoja

Las hojas son limbos compuestos de 7 a 9 folíolos. El haz es de color verde y el envés de color grisáceo. La disposición de las nervaduras en los folíolos es penninervia. En general, la disposición de las hojas en el tallo es alterna. Los folíolos son: peciolados, lobulados y con el borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambos sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas (Garza, 1985; Chamarro, 2001).

Dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, éstos constan de un nervio principal (Garza, 1985; Chamarro, 2001).

2.4.5 Flor

El tomate es una planta hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple, en la base de la planta o ramificado en la parte superior. Las flores nacen en racimos del tallo principal y en las ramas laterales. El número de racimos varía de cuatro a diez o más, esto dependiendo de la variedad, las flores individuales tienen un cáliz verde que contiene cinco pétalos, una corola de color amarilla, soldada interiormente con cinco pétalos que forman un tubo pequeño, cinco o más estambres y un solo pistilo, en su mayor parte son auto polinizadas. La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo, de igual número de estambres que se alternan con los pétalos (Edmond, 1981; Berenguer, 2003).

2.4.6 Fruto

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

2.4.7 Valor nutritivo

El tomate es un cultivo de alto valor comercial y una enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en forma muy variada, además de sus excelentes cualidades organolépticas, su alto valor nutricional, contenido de vitamina C y licopeno,

además se ha demostrado que está inversamente relacionado con el desarrollo de ciertos tipos de cánceres. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños de transporte (Casseres, 1984; Berenguer, 2003). En el cuadro 2.1 se muestran los principales componentes del fruto del tomate.

Cuadro 2.1 Principales componentes del fruto del tomate.

Componentes	Peso fresco %	Componentes	Peso fresco %
Materia seca	6.50	Ácido málico	0.10
Carbohidratos totales	4.70	Ácido cítrico	0.20
Grasas	0.15	Fibra	0.50
N proteico	0.40	Vitamina C	0.02
Azúcares reductores	3.00	Potasio	0.25
Sacarosa	0.10	Sólidos solubles (°Brix)	4.50

Fuente: Chamarro (2001).

2.5 Invernadero

2.5.1 Generalidades del invernadero

Rodríguez y Jiménez (2002) definen a un invernadero como una construcción cubierta artificialmente, con materiales transparentes, con el objeto de proveer un ambiente climático favorable durante todo el año para el desarrollo de los cultivos. Por su parte un cultivo forzado o protegido es como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo crece en un microclima acondicionado por un invernadero. El cultivo

protegido también incluye técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, así como la sanidad vegetal; estas prácticas conllevan a alcanzar las metas y objetivos que se persiguen en dicho cultivo protegido, tales como: incremento de la producción, precocidad y mayor calidad del producto.

2.5.2 Ventajas de la producción en invernadero

Durante los últimos 15 años a nivel mundial el sistema de producción más empleado ha sido el uso del invernadero, ya que permiten incrementar la producción, en comparación al método tradicional del cultivo. Se menciona también que al utilizar el riego por goteo, dentro de estos sistemas de producción, el ahorro de agua puede ser del 40 % en comparación con los métodos tradicionales (Carvajal *et al.*, 2000).

Sánchez y Favela (2000) mencionan las ventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero, de las cuales destacan las siguientes:

- Programación de la cosecha de acuerdo a la demanda y precio del producto.
- Precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible hasta tres cosechas por año.
- Mayor calidad de frutos, ya que éstos son más uniformes, sanos y de mejor calidad.
- Ahorro de agua.

- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Balance adecuado entre agua, aire y elementos nutritivos.
- No se depende de fenómenos meteorológicos.

2.5.3 Desventajas de producir en invernadero

Según Sánchez y Favela (2000) entre las desventajas de producir bajo condiciones de invernadero son:

- Se requiere de una alta especialización, tanto técnica como empresarial de las personas que se dedican a esta actividad.
- Los insumos son de alto costo.
- Las instalaciones de infraestructura representan una elevada inversión inicial.
- Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas.
- La automatización del invernadero es necesaria para el control del ambiente.

2.6 Exigencias del clima

2.6.1 Generalidades

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se

encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de éstos incide sobre los demás (Castilla, 1999).

Según Sade (1998) los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes:

2.6.2 Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de los cultivares oscila entre los 20 y 30 °C durante el día y entre los 13 y 16 °C durante la noche; a temperaturas superiores de los 30 a 35 °C, las plantas se ven afectadas notablemente, deteniendo así su crecimiento y desarrollo. A temperaturas inferiores de entre 10 y 15 °C, se originan problemas de desarrollo y germinación. Mientras que a temperaturas superiores a los 25 °C e inferiores a 12 °C, la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está ligada a la temperatura en lo que refiere tanto a precocidad como a coloración, de manera que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas (Sade, 1998).

Chamarro (2001) indica que la temperatura del sustrato interviene en el crecimiento y absorción de las raíces, a temperaturas inferiores a los 14 °C, el crecimiento se inhibe y entre 18 °C y 12 °C la absorción de fósforo se ve mermado en un 50%. Así pues la temperatura está ligada directamente sobre el rendimiento final y el calibre del fruto.

La malformación de frutos de tomate se debe a las bajas temperaturas, estas malformaciones, se presentan frecuentemente en cultivos que se desarrollan en invierno, dicha malformación propicia un

desarrollo desigual de los lóculos. Un examen histológico de los ovarios de frutos de tomate, demostró que las plantas expuestas a altas temperaturas nocturnas, todos los lóculos de los cultivares examinados resultaron normales y contenían placentas con óvulos pegados; mientras que aquellas expuestas a temperaturas nocturnas bajas contenían lóculos deformados con pocos óvulos pegados a diferencia de lo normal. En casos más severos, algunos lóculos fueron deformados y la placenta y óvulos no aparecieron (Towrer *et al*, 1998).

Los valores de temperatura son únicamente indicativos, se debe tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los factores climáticos. Las temperaturas que están asociadas con falta de humedad, determinan fenómenos que a continuación se describen: intensificación de la transpiración, lo que provoca que la planta pierda su turgencia, empezando por marchitarse el ápice de crecimiento y las hojas jóvenes, los frutos maduran de forma anormal y de manera forzada, sin alcanzar su forma, tamaño, color y peso, convenientes, y disminuye considerablemente la producción (Sade, 1998).

2.6.2 Humedad Relativa

La humedad relativa se define como la tensión actual de vapor entre la tensión a saturación de la misma masa de aire, y se expresa en porcentajes, se puede medir con los siguientes aparatos: girómetros e hidrógrafos (Francescangeli, 1998).

Además la humedad relativa, es una variable del ambiente muy difícil de manejar ya que: varía rápidamente en interacción con numerosos

factores, su medición es delicada, casi siempre es aproximada; la elevada humedad relativa favorece al desarrollo de enfermedades y el agrietamiento de los frutos, dificultan la fecundación. Valores extremos de humedad también reducen el cuajado del fruto (Francescangeli, 1998).

Burgueño (2001), menciona que cuando la humedad relativa esta en exceso hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración debido al cierre de estomas, se presenta aborto floral, y cuando es deficiente la humedad existe una deshidratación de los tejidos, fecundación deficiente, aumentan las enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Siendo así que la humedad relativa óptima ambiental para el desarrollo del cultivo de tomate oscile 60 y 80 % como máximo.

La humedad relativa del aire inferior a 90% es la deseable pues arriba de este valor favorece al desarrollo de enfermedades siendo la óptima entre los 70 y 80%; en condiciones bajas hay un incremento de transpiración, se reduce el cuajado del fruto, baja la actividad radicular, aumenta el estrés hídrico (Romero *et al.*, 1999).

El déficit de la presión del agua y aire es el primero factor que hay que controlar, para facilitar el canal de salida de agua la planta en invernaderos, ya que este afecta a varios procesos fisiológicos tal como la polinización, crecimiento de la planta y rendimiento de la fruta (Trigui *et al.*, 1999).

2.6.3 Luminosidad

Una baja luminosidad puede incidir de forma negativa en los procesos de floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta sumamente crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad (Lopez *et al.*, 1996).

La luz es una variable climática fundamental que influye en el crecimiento del tomate. El tomate como tal es una hortaliza exigente de luz. Lo es durante todo su desarrollo, pero de manera muy especial en la etapa vegetativa y de floración, la luz interactúa fuertemente con la temperatura. De hecho se ha demostrado que cuando falta luz en las primeras semanas de desarrollo del tomate se refleja en los rendimientos de forma irreversible, ya sea debido a menor producción de hojas, por menor número de flores, por menor peso y tamaño de los frutos o por mayor tiempo requerido para la maduración (Resh, 1997).

2.6.4 Radiación en invernadero

La radiación solar dentro del invernadero en parte es absorbida por el suelo, otra parte es absorbida por la planta, siendo convertida en energía térmica e irradiada o disipada por convección, conducción y transpiración. La radiación dentro del invernadero es menor que en el exterior debido a la reflexión y absorción por el material de cerramiento, la transmisibilidad varía a lo largo del año, debido al ángulo de incidencia de los rayos y a la acumulación de polvo en la cubierta (Lopez *et al.*, 1996).

La intensidad de la radiación, el fotoperiodo y la nubosidad son los factores naturales que determinan la radiación diaria. Sin embargo la orientación del invernadero, la forma del techo y la pendiente de la cubierta

pueden modificar la luminosidad en su interior, además de la influencia que puedan tener los materiales de la cubierta elegidos (Bouzo y Ganglio, 2002).

2.6.5 Radiación en el cultivo del tomate

El empleo de doble capa permanente de plástico en el invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones en la radiación interior con incidencia negativa en la producción. Es preferible dotar al invernadero de una ventilación más eficiente como: ventanas cenitales y evitar las prácticas que reducen la radiación ya que éstas afectan a la polinización, tamaño de fruto y por lo tanto se refleja en el rendimiento (Van de Vooren *et al.*, 1989).

2.6.6 Contenido de CO₂ en el aire

La concentración de CO₂ de la atmósfera es de 340 ppm aproximadamente, sin embargo, esta cantidad es muy variable dentro de un invernadero. Durante las primeras horas de la mañana en un día despejado se puede notar que la concentración de CO₂, en invernadero es más alta que en la atmósfera. En cuanto aumenta la intensidad lumínica en el proceso de fotosíntesis, se observa una disminución rápida de CO₂, que alcanza niveles muy bajos, cercanos a las 200 ppm (Alpi y Tognoni, 1999).

2.7 Elección del genotipo

El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa. Uno de los mayores atractivos del producto frente al consumidor es la diversidad. Las preferencias por un tipo determinado son

muy variados y esto es en función al país, uso, tipo de población al que se destina el producto a consumir (Diez, 2001).

En un país como México, el 80% de la producción de tomate se destina al consumo nacional y principalmente los tomates son de tipo saladette. Por otro lado el tomate destinado para exportación son de tipo “bola” o tipo “Beff” (grandes y carnosos) son los que demanda el consumidor norteamericano (Muñoz, 2003).

2.7.1 Adaptación al sistema y ciclo de cultivo

Las compañías productoras de semillas han desarrollado en la actualidad híbridos adaptados no solo a condiciones específicas sino también a sistemas de cultivo. Existen cultivares que están desarrollados para adaptarse a ciclos tempranos, ciclos largos y rotativos. Para este último sistema se requieren materiales precoces, generalmente de crecimiento determinado y maduración agrupada (Cuartero y Báguena, 1990).

Stevens y Rick (1986) mencionan que las condiciones micro ambientales creadas en el interior del invernadero y en general en cultivos protegidos hacen que los genotipos no se comporten de la misma forma que al intemperie. El responsable de esa diferencia es la luz, es por ello que a los cultivares desarrollados para invernadero se les exige crecer, florecer, cuajar y formar frutos de calidad en condiciones de baja luminosidad.

2.7.2 Resistencia a plagas y enfermedades

Para el agricultor establecer cultivares híbridos con resistencias incorporadas, aseguran en cierto modo, obtener éxito en la producción. Sin

embargo, el utilizar este tipo de material no siempre es aconsejable, debido a que establecer de forma continua híbridos se pueden desarrollar tipos agresivos del patógeno que podrían dar lugar a daños más graves y con mayor dificultad para controlarlos. Lo más conveniente sería establecer híbridos con características de resistencia a enfermedades que se presenta en la zona de producción (Cuartero y Báguena, 1990).

2.8 Labores culturales

2.8.1 Producción de plántula

Hoy en día, el alto costo de la semilla (híbrido) ha generalizado el uso de charolas germinadoras o macetillas de plástico rellenas de sustrato para trasplantar con cepellón, los productores deben contar con instalaciones adecuadas ya sea cámaras de germinación o invernadero. El sustrato mas empleado en las charolas, es una mezcla de turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes (Castilla 1999).

2.8.2 Trasplante

El trasplante debe realizarse con plantas de 10 a 15 cm de altura de tres a cinco hojas verdaderas, eliminando aquellas que presentan algún síntoma de enfermedad o bien un desarrollo anormal. Es recomendable dar un riego al cultivar después del trasplante y aporcado de plantas para así evitar encharcamientos en la zona del cuello (Belda y Lastre, 1999).

Es necesario realizar el trasplante cuando la planta está en su punto, debido a que los retrasos afectan de manera negativa la producción (Castilla, 1999).

2.8.3 Poda de formación

La poda sirve para equilibrar la vegetación en beneficio de la fructificación de la planta. Poda significa eliminar los pequeños brotes axilares que se desarrollan en los brotes laterales. Los brotes no deberán tener más de 2 a 3 cm de longitud, de otro modo la planta no podrá soportar el peso de los racimos (Anderlini, 1996).

La poda es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado, que son las comúnmente cultivadas en invernaderos. Además los brotes que no son podados en tiempo y forma consumen gran cantidad de energía, la cual podría ser utilizada para crecimiento (Anderlini, 1996).

2.8.4 Tipos de poda

El sistema de poda que se emplea depende del marco de plantación a utilizarse, tanto la precocidad, como la variabilidad, como también el híbrido que se desea obtener influyen en el sistema de poda (Rodríguez *et al.*, 1997). A continuación se mencionan algunos tipos de poda:

- **Poda a un tallo.** Eliminación total de los brotes axilares.
- **Poda a dos tallos.** Eliminación de todos los brotes axilares a excepción del que sale por debajo del primer racimo.
- **Poda a tres tallos.** Eliminación de brotes axilares, excepto el segundo o tercero que sale por debajo de la primera inflorescencia.

- **Poda a dos hojas.** Eliminación de todas o algunas hojas, por debajo del primer racimo que permanezca sin cosechar. Continuando con esta práctica conforme se cosecha, hasta una altura de 40 a 50 cm.

2.8.5 Despunte

Maroto (1995), indica que esta actividad consiste en la eliminación de brote terminal del tallo que se han dejado como guía, por encima del piso productivo que se considera económicamente óptimo. Con esta práctica se regula y acorta el ciclo vegetativo. Esta práctica puede repercutir de forma indirecta en un incremento del tamaño de los frutos formados.

2.8.6 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en ramillete, y se realizan con el fin de homogenizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad; Este trabajo debe realizarse tan pronto como ha amarrado el número de frutos requeridos y antes de que comiencen a engordar (llenar), los frutos indeseables (Horward, 1985).

De forma general se pueden 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 (Infoagro, 2004).

2.8.7 Aporcado y rehundido

Esta práctica se realiza en suelos enarenados seguida de la poda de formación, esto con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, la cual consiste en cubrir la parte inferior de la planta con la arena. El aporcado de las plantas lleva como finalidad evitar el encharcamiento en la zona del cuello (Belda y Lastre, 1999).

2.8.8 Tutorado

El tutorado es una práctica imprescindible que se realiza 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. Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y el control de las enfermedades (Horward, 1995). El tutorado consiste en suspender la planta mediante un hilo, sobre el que se va enrollando el tallo principal conforme ésta va creciendo (Canovas, 1993).

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y del otro extremo a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta de 1.8 a 2.4 m sobre el nivel del suelo (Castilla, 1999).

2.8.9 Bajado de plantas

Johnson y Rock (1975), mencionan que conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre, a partir de ese momento existen tres opciones:

- Bajar la planta descolgando el hilo lo cual conlleva un costo adicional de mano de obra.
- Dejar que la planta crezca cayendo por su propia gravedad.
- Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres de emparrillado.

2.8.10 Polinización

Rodríguez *et al.* (1997), indican que los factores que influyen en el problema de polinización del tomate bajo condiciones de invernadero son los siguientes: 1.- calidad de la flor, 2.- iluminación, 3.- humedad relativa, 4.- temperatura.

Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre; no obstante, en los invernaderos, el viento del aire no es suficiente para que las flores se polinicen por sí mismas, siendo esencial la vibración de los racimos florales para obtener una buena polinización. Esto puede efectuarse moviendo las flores con un palo, con los dedos o con un vibrador eléctrico parecido a un cepillo de dientes eléctrico, al que se hayan quitado las cerdas. Los vibradores se acercan durante breves momentos a los racimos florales, pudiendo observar la salida de un fino polen amarillo

cuando son favorables las condiciones ambientales y éstas se encuentran en estado receptivo.

La polinización deberá efectuarse mientras que las flores están en estado receptivo, lo cual se conoce porque los pétalos se doblan hacia abajo. Las plantas deberán polinizarse al menos cada dos días, puesto que las flores permanecen receptivas unas 48 horas, efectuando esta operación entre las 11:00 horas y las 15:00 horas en días soleados, esto para obtener mejores resultados.

La investigación ha demostrado que la humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización. La temperatura no debe descender de los 15 °C durante la noche, ni exceder los 29 °C durante el día.

2.8.11 Arreglo topológico

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá del genotipo comercial a establecer. El más frecuentemente empleado es de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a dos plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m. x 0.5 m. Cuando se tutorean las plantas, las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando los pasillos amplios (Zaidan y Avidan, 1997).

2.9 Requerimientos nutricionales

Los elementos nutritivos de las plantas han concentrado el interés de los investigadores desde los comienzos del XIX, cuando se determinó por

primera vez, que el suelo aporta determinados elementos requeridos para el desarrollo vegetal. Los elementos que se requieren en cantidades relativamente grandes, son conocidos como macro elementos dentro de los cuales se encuentra el Nitrógeno, Fósforo, Potasio (Felipe y Cassanova, 1999).

2.9.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un componente tanto en el protoplasma, como en las moléculas clorofílicas y los aminoácidos de los cuales se derivan las proteínas, el crecimiento de los cultivos se reducen drásticamente si no se encuentran las cantidades adecuadas de nitrógeno que las plantas requieren. El nitrógeno interviene en la producción de clorofila; éste permite que las plantas realicen de la mejor manera la fotosíntesis que elabora las proteínas, hormonas, vitaminas y enzimas (Felipe y Cassanova, 1999).

Las deficiencias más frecuentes por falta de nitrógeno en la planta son: atrofiamiento en el crecimiento de la planta y la coloración de las hojas va del verde pálido al amarillo, las más afectadas son las hojas viejas ya que el nitrógeno es extraído de las hojas viejas para trasladarlo a las hojas jóvenes (Felipe y Cassanova, 1999).

2.9.2 Fósforo

El fósforo se encuentra presente durante todo el ciclo del cultivo, debido a que este interviene en el crecimiento, formación de semillas, en la fotosíntesis, en la formación temprana de raíces e incrementa la eficiencia en el uso del agua. Este elemento ayuda a que las flores se transformen a

frutos. También se tiene conocimiento que la mayor parte de los cultivos requieren de grandes cantidades de fósforo al comienzo del crecimiento y en las fases de floración. Las plantas absorben o asimilan el fósforo en forma de anión fósforo. Las plantas que crecen en arena y perlita toleran altos niveles de fósforo en la solución nutritiva (Felipe y Cassanova, 1999).

2.9.3 Potasio

El potasio no forma parte de los constituyentes importantes de las plantas, tales como proteínas, clorofila, grasa y carbohidratos. Este elemento proporciona mayor vigor y resistencia a las enfermedades, regula las condiciones de agua dentro de la célula de la planta y la pérdida de agua por transpiración; actúa como acelerador de la acción de las enzimas (Felipe y Cassanova, 1999).

2.10 Fertirriego

Se entiende por fertirriego la aplicación de sustancias nutritivas necesarias por las especies vegetales en el agua de riego, aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química requerida por las plantas, según la etapa fenológica en la que ésta se encuentre, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que se logren a corto y largo plazo altos rendimientos con calidad y mantenimiento de un adecuado nivel de fertilidad general en el medio de crecimiento (Navarro, 2002).

En la fertirrigación la frecuencia de los ciclos de riego está en relación de la naturaleza de la planta, de su estado de desarrollo, las condiciones climáticas, de la intensidad lumínica, de la duración del día, la temperatura y

el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de la pérdida de agua de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción de agua aumenta significativamente. Por lo tanto la frecuencia de los ciclos de irrigación tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas que provoquen un estrés hídrico con lamentables consecuencias.

La duración de cualquier ciclo de riego tiene que ser suficiente para proporcionar un adecuado filtrado al medio, para que se puedan lixiviar los elementos excesivos a través del sustrato; de no ser así se formarían niveles altos de salinidad lo cual causaría toxicidad en la planta y por tanto su muerte (Lomelí, 1999).

Lupin *et al.* (1996), indican que la mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua. La dilución de ácido fosfórico en cambio produce una reacción exotérmica. Por eso conviene agregar primero el ácido fosfórico a la solución nutritiva para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la dilución de los fertilizantes agregados.

Para manejar correctamente el riego y la nutrición de las plantas es imprescindible conocer con exactitud la calidad agronómica del agua de riego. La información que debe proporcionar el análisis de agua es la siguiente: 1) Conductividad eléctrica (CE) en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ o $\text{mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25 °C. Este dato está directamente relacionado con la cantidad total de sales que contiene el agua de riego. Aguas con una CE superior a $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ limitan su

uso para los cultivos sin suelo. 2) El valor del pH de las aguas de riego está muy condicionado por su composición iónica y, más concretamente, por la concentración de carbonatos y bicarbonatos. En la gama de valores de pH que oscilan entre 6 y 6.5 la mayor parte de los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles para el cultivo. En aguas carbonatadas en donde los valores de pH están por encima de 7 es necesario neutralizar los carbonatos, incorporando ácido fosfórico y nítrico. En caso contrario en donde hay ausencia de carbonatos, el pH puede quedarse demasiado ácido, es necesario incorporar un producto alcalinizante como hidróxido de potasio (Moreno, 2002).

El valor óptimo del pH de solución de riego es de 6 a 6.5 y el pH de la solución de lixiviación no debe ser mayor de 8.5. El pH del agua de riego se ajusta mediante la inyección de ácido. Cuando el pH del agua de lixiviación es superior a 8.5, indica que el pH en la zona radicular alcanza valores que provocan la precipitación de fósforo y la menor disponibilidad de los microelementos (Zaidan y Avidan, 1997).

En términos generales, el intervalo de riego debe ser de 3 a 5 veces por día (según el tipo de sustrato) en las primeras dos semanas después de la plantación. La frecuencia de riego irá en aumento con el desarrollo de las plantas, y alcanzara el nivel de 5-10 veces por día durante el máximo consumo. La lámina diaria será dividida durante el día (Zaidan y Avidan, 1997).

**Cuadro 2.2. Concentración de nutrientes en la solución nutritiva (ppm).
UAAAN-UL, 2004.**

Estado de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100-120	40-50	150-160	100-120	40-50
Floración y cuajado	150-180	40-50	200-220	100-120	40-50
Inicio de maduración y cosecha	80-200	40-50	230-250	100-120	40-50
Época calurosa (Verano)	130-150	35-40	200-220	100-120	40-50

Fuente: (Zaidan y Avidan, 1997).

Bajo condiciones de altas deficiencias de calcio, se ha encontrado que los primeros síntomas visuales se observan en las hojas más jóvenes, reduciéndose la altura de la planta de hasta un 67% mientras que las cultivadas con bajas deficiencias, los síntomas se retrasan, las raíces se oscurecen y disminuye su tamaño, y el crecimiento de la planta se reduce hasta un 48%. La deficiencia inducida de calcio provoca la inhibición del crecimiento de las plantas de tomate cultivadas en medio hidropónico (Sáenz *et al.*, 2001).

Algunos ejemplos de fertilizantes altamente solubles apropiados para su uso en fertirriego son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofósforo de amonio, monofósforo de potasio, etc. En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y microelementos (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser suministrado como quelatos debido a que las sales

de hierro, como por ejemplo, sulfato de hierro, son muy inestables en solución y el hierro se precipita fácilmente (Imas, 1999).

Para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que debe aportar de forma óptima los factores como: aireación, agua, solutos y temperatura. Así los sistemas con sustratos dependerán muy directamente del manejo del riego para conseguir un adecuado equilibrio aire/agua (Magan, 2002).

En condiciones salinas se debe prestar especial atención en aplicar agua en exceso para lavar las sales por debajo de la zona radical, siendo el requerimiento de lixiviado mucho más alto que en condiciones no salinas (Rhoades y Loveday, 1990).

La baja capacidad de retención de agua y la pequeña reserva de elementos nutritivos existentes en los sistemas con sustratos (arena, perlita, etc.), hacen que éstos sean muy sensibles y con poca capacidad de recuperación frente a cualquier error o desajuste en el fertirriego. Esto implica que los ciclos de fertirriego deben ser frecuentes, homogéneos y precisos. El aporte de elementos nutritivos debe ser completo (N, P, K, Ca, Mg y micro elementos) y el pH debe ser mantenido constantemente dentro de los valores adecuados (Asaf, 1990).

2.10.1 Soluciones nutritivas

En lo que a nutrición respecta, cabe destacar la importancia de la relación N:K a lo largo de todo el ciclo del cultivo, que suele ser de 1:1 desde

el trasplante a la floración, cambiando hasta 1:2 e incluso 1:3 durante el periodo de recolección. En la práctica se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de elementos a aplicarse, con sus respectivas relaciones. En tomate se consideran cuatro etapas: establecimiento – floración, floración – cuajado de frutos, maduración – primera cosecha, primera cosecha – fin. En cada una de las etapas, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K va disminuyendo, ya que el potasio es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo (Zaidan y Avidan, 1997).

En trabajos de investigación realizados para nuevos paquetes tecnológicos de producción de tomate en hidroponía, se indica que se han ensayado diferentes concentraciones de nutrimentos (general para todos o para uno solo), diferentes fuentes de fertilizantes, cambios en la concentración según la etapa fenológica del cultivo y según las condiciones ambientales. Las principales conclusiones experimentales y comerciales obtenidas, han coincidido en que, diferentes concentraciones proporcionan óptimos rendimientos y calidad, si cada nutrimento se sitúa en cierto rango de concentración, situación a la que se ha adoptado como base del paquete tecnológico del tomate contempla las concentraciones de nutrimentos que se enuncian en la última columna del Cuadro 2.3 (Sánchez, 1999).

Cuadro 2.3. Rangos mínimo, óptimo y máximo de concentraciones de nutrimentos considerando varios autores. (INCAPA, 1999), CELALA, 2003.

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN (mg/L)			
	Mínima	Óptima (rango)	Máxima	Recomendable (INCAPA,1999)
Nitrógeno	140	200-400	900	200
Fósforo	30	60-90	100	60
Potasio	150	200-400	600	250
Calcio	120	200-400	600	250
Magnesio	25	50-75	100	50
Azufre	100	150-300	1000	200
Fierro	0.5	1-5	10	3
Manganeso	0.3	0.5-2	15	1
Boro	0.3	0.5-1	5	0.5
Cobre	0.05	0.1-1	5	0.1
Zinc	0.05	1-5	5	0.1
Cloro	1	1-5	350	no añadir
Molibdeno	0.001	0.001-0.002	0.01	no añadir

Fuente: (CELALA, 2003).

2.11 Plagas y enfermedades

Las plagas de mayor importancia que se presentan en la Comarca Lagunera para la producción de tomate orgánico bajo condiciones de invernadero son: Mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows & perring y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman); Minador de la hoja (*Liriomyza munda* Frick); Pulgón (*Aphis gossypii*); y el Ácaro del bronceado del tomate (*Aculops lycopersici* Masee), se recalca que su control es esencial pero sobre todo la prevención, pasando por la vigilancia de las personas que entran al invernadero y la aplicación continua de insecticidas permitidos en la agricultura orgánica (Cano *et al.*, 2005).

Cano *et al.* (2002), mencionan a la cenicilla (*Leveillula taurina* Lév. Arnaud), Tizón temprano (*Alternaria solani* Ell & Grout), y el Moho verde

(*Cladosporium fluvum*), como las principales enfermedades que atacan al cultivo del tomate bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera.

Además de lo anterior Blancard (2006), escribe que para los productores orgánicos la resistencia a plagas y enfermedades, es de vital importancia, en particular a las enfermedades de los sistemas radiculares, es decir, *Rhizoctonia solani* (Lév.) *Pytium spp.* Y *Fusarium spp.*, en cuanto a las plantas en la producción en invernadero y del Mildiu (*Phytophthora*) en la producción al aire libre. En el invernadero, para la producción de tomate orgánica se utiliza el suelo, sustratos inertes como arena o sustratos orgánicos y raramente la lana de roca lo que trae como riesgo que todos estos sustratos estén infectados con alguna enfermedad.

2.12 Generalidades de la agricultura orgánica

2.12.1 La agricultura orgánica en el mundo

Zamorano (2005) señala que la agricultura orgánica ha despertado gran interés, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. La reconversión progresiva hacia la agricultura orgánica, la investigación, las actividades de transformación, comercialización y consumo de productos también llamados biológicos ha registrado un comportamiento de gran dinamismo. La explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación a la ingesta de productos alimenticios inocuos y sanos, de los cuales se conozca su origen y trayectoria real, así como la mayor conciencia por la

conservación del ambiente, y algunas posiciones de solidaridad con grupos sociales menos favorecidos en los países en vías de desarrollo.

Schlermeler (2004), indica que va en aumento la producción orgánica en el mundo, además, Macilwain (2004) cita que la agricultura orgánica ha revolucionado sin perder la esencia de su fundamento, la materia orgánica.

La FAO (2001), menciona que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales tiene un sobre precio del orden del 40%, mientras que en México, López (2004) menciona que el precio es 30 o 40% más bajo que los productos convencionales.

La producción y la liquidación de alimentos orgánicamente cultivados y la fibra continúan aumentando de manera exponencial. En la cuenta de 2007, 138 países informaron que los datos de producción orgánica llegaron a 32.2 millones de hectáreas con la gestión orgánica, con el añadido de 33 millones de hectáreas con cultivo fuerte (el mayor cultivado a nivel mundial). Las ventas mundiales se han incrementado anualmente de 5 mil millones de USD desde 2000, con el mercado calculado de 2007 a 38.6 mil millones USD. La agricultura orgánica se practica mundialmente, en todos los continentes, se informa de los aumentos en la producción. Dos tercios de la superficie agrícola son prados permanentes y un tercio es cultivable. De esta superficie agrícola, dos tercios están en el mundo desarrollado. El cultivo orgánico fuerte, en cambio, se encuentra en gran parte en países en desarrollo. Por ejemplo, África tiene solamente 400,000 hectáreas de tierra

cultivable con cultivos orgánicos, de los cuales 8 millones de ha son para cultivo orgánico fuerte (FAO, 2009).

El crecimiento en los países en desarrollo muestra que la agricultura orgánica puede contribuir a un mayor desarrollo socioeconómico y ecológicamente sostenible, especialmente en los países más pobres. Con su vasta tierra de pastoreo, Australia sigue representando la mayor superficie orgánica certificada, 12 millones de hectáreas, seguido por Argentina (2,8 millones de hectáreas) y Brasil (1,8 millones de hectáreas). La mayor parte de la superficie orgánica mundial se encuentra en Oceanía (37,6 por ciento), seguida por Europa (24,1 por ciento) y América Latina (19,9 por ciento) (IFOAM, 2009).

En cuanto a la gestión de tierra con certificación orgánica como proporción de la superficie agrícola nacional, los países alpinos, como Austria (13,4 por ciento) y Suiza (11 por ciento), están arriba en las estadísticas. El mercado mundial de productos orgánicos alcanzó un valor de más de 46 miles de millones de dólares en 2007, con la gran mayoría de productos consumidos en América. Los encargados de formular políticas en los países en desarrollo necesitan saber el número de agricultores que participan en la agricultura orgánica, así como sus desafíos y posibilidades de desarrollo a nivel mundial. Este tipo de información es difícil de encontrar, pero es de vital importancia para ayudar a apoyar el desarrollo del sector (IFOAM, 2009).

Para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado por empresas especializadas, en México se encuentran: Quality Assurance Internacional (QAI) y Oregon Tilth Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente 100 y 25 dólares la hectárea, respectivamente; cabe señalar que la certificación es anual y contempla la revisión del aspecto administrativo como el de producción, incluyendo en algunos casos visitas sorpresa (Gómez *et al.*, 2001).

2.12.2 La agricultura orgánica en México

La producción orgánica en México se inició principalmente en las áreas indígenas y áreas de agricultura tradicional de los estados de Chiapas y Oaxaca. Con el paso del tiempo, compañías comercializadores influenciaron el cambio de la agricultura tradicional a la producción orgánica en la zona norte del país (Gómez *et al.*, 2001).

En México la superficie destinada al cultivo de alimentos orgánicos representa el 2.3 por ciento de los 21.7 millones de hectáreas que representan la frontera agrícola. Además de que es líder mundial en la exportación de este tipo de alimentos ya que el 90% del total de la producción nacional se destina al comercio exterior. El café, el ajonjolí, la jamaica y el nopal son algunos de los principales productos que se comercializan en los mercados de Europa y Estados Unidos. El consumo de productos orgánicos en el mundo se encuentra principalmente en países como Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Suiza, Suecia, Dinamarca, Austria y Estados Unidos. México, obtiene más de 70 millones de dólares anuales por concepto de exportaciones. Cabe señalar que los

principales estados productores de orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Querétaro, Guerrero, Tabasco, Sinaloa, Michoacán y Jalisco, entidades en las que recae la mayor producción nacional y el compromiso de lograr que en México el consumidor tenga una mejor percepción de este tipo de productos y de los beneficios de salud que brindan. (SAGARPA, 2009).

2.12.3 Importancia de los sustratos orgánicos

La alta producción y el elevado consumo de fertilizantes de origen sintético, en los sistemas de la agricultura intensiva han obligado a buscar alternativas para eliminar riesgos de contaminación por uso racional, por ello se ha encontrado el uso de sustratos orgánicos. El sustrato orgánico a base de estiércol de bovino es una materia prima que en la Comarca Lagunera existe en grandes cantidades, se generan aproximadamente 45,773 t., mensuales de estiércol sobre la base de materia seca, provenientes de 239,099 cabezas de ganado (Figueroa y Cueto, 2002).

2.12.4 Características del compost

La composta, es un abono orgánico que aporta nutrientes y mejora la estructura del suelo. Para elaborar composta se puede usar prácticamente cualquier material, defiriendo únicamente en el tiempo de descomposición; es decir, compostear es someter a la materia orgánica a un proceso de transformación biológica en el que millones de microorganismos actúan sin cesar para así obtener nuestro propio abono natural “el compost” (Anónimo, 2004).

2.12.5 Nutrientes en el compost

Los principales nutrientes que las plantas requieren las plantas son: N, P, K; por lo tanto todo producto que se venda como abono debe estar respaldado por un análisis de estos elementos. Las plantas requieren también un buen abastecimiento de materia orgánica para obtener cantidades suplementarias de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, cobre, zinc, boro y molibdeno. Existen otros ocho elementos necesarios para las plantas, que solo en condiciones ideales se encuentran originalmente entre los minerales del suelo. Un análisis de laboratorio para determinar la aplicación de abonos no siempre contempla las necesidades reales del sistema suelo-planta (Quintero, 2004).

El compost es el fertilizante orgánico por excelencia, contiene del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio, éstos elementos están disponibles el primer año. En el caso del nitrógeno, debido a que todo es orgánico, se tiene que transformar a formas iónicas para poder ser asimilado por las plantas, con una tasa de mineralización alrededor del 11% (Rosem and Bierman, 2005).

2.12.6 Empleo de yeso en la agricultura

Los agro-insumos fundamentales de los esquemas modernos constituyen tecnologías cada vez más necesarias para sostener e incrementar el rendimiento de los cultivos y la producción de alimentos. Bajo estas perspectivas los fertilizantes forman parte vital del desarrollo sustentable de la agricultura ya que permiten hacer frente a la creciente

demanda de alimentos de una población en expansión progresiva (Godínez, 2003).

El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral muy importante debido a que es posible utilizarlo tanto como fertilizante azufrado y también como corrector de suelos salinos. Una de las propiedades más detectables del yeso es su alta insolubilidad en agua, considerablemente mayor que la de la calcita, pero mucho menor que las sales solubles. El yeso agrícola en su forma mineral lógica pura (sulfato de calcio deshidratado) contiene 18.6 y 23 % de Ca. Sin embargo, los yesos comercializados para la agricultura normalmente contienen una riqueza menor de nutrientes debido a la presencia de impurezas, de las cuales las más comunes son minerales silicatados, calcita, dolomita, etc. (Porta *et al.*, 2003).

2.13 Calidad del fruto

Arias y Burgues citado por Pérez (2003), mencionan que el tomate, debe estar suficientemente maduro, firme, compacto y sin indicios de maduración excesiva. También debe estar sano, libre de microorganismos, enfermedades o insectos que causen daño. No debe presentar grietas, cicatrices, rajaduras, ni quemaduras. Debe estar limpio, libre de residuos de productos químicos y debe responder a las indicaciones de calidad.

La calidad del fruto está principalmente relacionada con su olor, forma, tamaño, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte (Castilla, 2001). Dentro de las características que deben presentar los frutos, se mencionan las siguientes:

- Forma (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado)
- Color. Uniforme (de naranja-rojo, rojo-naranja a rojo-profundo; amarillo-ligero).
- Apariencia. Lisa, ausencia de grietas, quemaduras o daños por insectos.
- Firmeza. Que sea firme al tacto, que no esté suave y que no se deforme fácilmente.

El desarrollo del color rojo de los frutos del tomate durante la maduración se debe principalmente a la síntesis de varios pigmentos carotenoides, en particular el licopeno. La temperatura óptima de maduración que asegura buena calidad sensorial y nutricional es 20 °C. A esta temperatura el desarrollo de color es óptimo y la retención de vitamina C alta. Cuando los frutos son cosechados antes de lograr el color rojo “pintón” y madurado a temperaturas superiores a 25 ° C desarrollan un color más amarillo y menos rojo y son más blandos. Los tomates son sensibles a muchas alteraciones que se pueden originar por prácticas de manejo (riego y/o fertilización inadecuados, en especial esto último) o por la interacción entre ellas y factores genético-ambientales (temperaturas extremas o alta humedad relativa), lo cual provoca que algunas fisiopatías se manifiesten en poscosecha, durante las operaciones de inspección o maduración. Las prácticas de fertilización e irrigación, las condiciones ambientales, daños por insectos, y agentes desconocidos pueden interaccionar afectando la calidad y la vida poscosecha. Algunos ejemplos son la pudrición de la punta del fruto (*blossom-end rot*), grietas concéntricas o radiales (rajado o *cracking*),

manchas epidérmicas por lluvia, tejido fofo o esponjoso (*puffiness*), color verde o amarillo persistente en los hombros (hombros amarillos), maduración desuniforme, con manchas blancas (*blotchy ripening*) (INTA, 2009).

Son numerosas las causas que determinan la variación del sabor del tomate. Entre ellas pueden mencionar: los contenidos de azúcar, el grado de maduración, la nutrición vegetal, el genotipo y el manejo de poscosecha. La intensidad del sabor del fruto está determinada en mayor medida por el contenido de azúcar (fundamentalmente fructosa y glucosa), de ácidos orgánicos (cítrico, málico y acidez total) y la composición de compuestos volátiles. Se ha comprobado que el gusto del consumidor relaciona el sabor con los sólidos solubles (SS), y que la mayor relación SS/acidez titulable genera un efecto favorable en el sabor. Por otro lado, la concentración de azúcares en la fruta se ve influenciada por factores ambientales entre los cuales la luz juega un rol principal. A mayor cantidad de luz incidiendo sobre la fruta, mayor cantidad de azúcar. En consecuencia, los tomates cultivados en invernadero en épocas del año de baja intensidad lumínica, tienen mucho menos concentración de azúcar que los cultivados en condiciones de luz más favorables. En cuanto al momento de cosecha, existen investigaciones que han demostrado que los tomates cosechados antes de la maduración resulta menos dulces, más agrios y con menor sabor que los frutos a los cuales se les permitió alcanzar el punto de madurez correcto. Las prácticas de fertilización del cultivo también influyen en el sabor. Se ha comprobado que el manejo adecuado de ésta influye positivamente en el aumento de la calidad (aspecto y gusto) de los frutos. Por ejemplo, los adecuados niveles

de potasio (K) y fósforo (P) incrementan la calidad, el color y la aceptabilidad del tomate, como así también brindan un efecto positivo en el contenido de SS y ácidos del fruto. Por otro lado, la relación entre la fertilización nitrogenada y el K y P pueden afectar negativamente el sabor si es excesiva (INTA, 2009).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica y tipo de invernadero

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), ubicada en Periférico y Carretera Santa Fe, Km 1.5, Torreón, Coahuila, México. Se ubica en las coordenadas geográficas de 103° 25' 57" de longitud Oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud Norte, con una altura de 1123 msnm. (CNA, 2009).

El cultivo se estableció en el periodo marzo-septiembre de 2008 en un invernadero tipo túnel simple, compuesto por cubierta de plástico (polietileno), y malla sombra al 60%. Las dimensiones del invernadero es de 200 m² para su ventilación cuenta con extractores en la parte frontal, consta de una pared húmeda, el piso es de grava y arena con buen drenaje.

3.2 Clima

El clima es del tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio de 200 a 300 mm anuales en la mayor parte de la región, con una evaporación anual promedio de 2600 mm. Con una temperatura media anual de 20 °C. Presentando su nivel más bajo en enero y el valor más alto en julio. Las heladas ocurren de enero a marzo (CNA, 2009).

3.3 Genotipos

Los materiales evaluados fueron dos híbridos de Tomate bola, el primero llamado Caimán de porte indeterminado, planta semi-compacta, muy buen amarre de frutos en calor moderado, fruta redonda alta sin hombros verdes, con un peso >270 g. con óptimo cierre apical y firmeza, llamativo color rojo brillante. Precocidad temprana, para invernaderos y campo abierto. El segundo híbrido llamado Girona Planta de porte indeterminado, fuerte y vigorosa con buen amarre de frutos en calor moderado, fruta sin hombros verdes de forma redonda alta con un excelente color rojo, excelente cierre apical, una larga vida de anaquel ya comprobada por el consumidor, su peso es mayor a 220 g. Alta capacidad de producción y su madurez a cosecha es intermedia. Se puede cultivar en Invernadero o campo abierto, de la casa comercial Enza zaden.

3.4 Sustratos

Para la realización del presente trabajo de investigación, se utilizaron dos tipos de sustratos, estos son: arena y composta con yeso.

La arena utilizada fue arena de río, este sustrato inerte fue utilizado tanto para el tratamiento de arena al 100% con fertilización inorgánica, como también para el tratamiento de compost con yeso al 50% y 50% arena con fertilización orgánica.

El yeso que se utiliza en la agricultura persigue como objetivo la neutralización de los suelos alcalinos y salinos, así también la mejora a la permeabilidad de los materiales arcillosos, además de aportar azufre. Todo

esto contribuye a la productividad y calidad de los cultivos. Otro de los beneficios que aporta es la estabilización de la materia orgánica y la disminución de la toxicidad de los metales pesados.

3.5 Siembra

La siembra se realizó el día 28 de marzo de 2008, en charolas germinadoras de 200 cavidades, usando como sustrato Peat Most, el trasplante se realizó el día 12 de mayo de 2008. Se utilizaron macetas de 19 kg., rellenas con sustrato de arena al 100% en el primer tratamiento, para el segundo se utilizó 50% arena y 50% composta con yeso, se instalaron a doble hilera, con un arreglo topológico a tres bolillos espaciadas a 40 cm entre plantas y 90 cm entre pasillos.

3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques totalmente al azar con 15 repeticiones para cada genotipo en un mismo tratamiento de arena 100%. Lo mismo se aplicó para el segundo tratamiento 15 repeticiones para cada genotipo en el mismo sustrato de compost con yeso (50% arena 50% composta con yeso).

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos. UAAAN-UL. 2008.

Tratamiento	Descripción
T1	Arena de río x caimán
T2	Arena de río x gironda
T3	Arena de río 50% + Composta con yeso 50% x caimán
T4	Arena de río 50% + Composta con yeso 50% x gironda

3.7 Manejo del cultivo

Las macetas fueron lavadas antes del trasplante con ocho litros de agua a cada una de estas aplicados en dos partes cuatro litros por la mañana y el resto aplicados por la tarde, esto con el fin de lavar los sustratos para eliminar residuos y evitar daños a las plantas debido a la acidez del sustrato. Antes de trasplantar se le aplicó un litro de agua a cada maceta, con el fin de humedecer el sustrato. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares, esta práctica se realizó de abajo hacia arriba, esto para no perder la guía principal, se procedió a tutorar, sosteniendo las plantas con rafia cuando alcanzo una altura de 30 cm para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos tocan el suelo.

3.8 Fertirrigación

Para el manejo de la fertirrigación, la cantidad mínima aplicada fue de 0.5 y la máxima de 2.0 litros por planta, esto dependiendo de la etapa fenológica del cultivo. El sistema de Fertirrigación utilizado en este caso fue de forma manual con una probeta con capacidad de un litro. Se realizó una vez al día por la mañana antes de las 9 am y la cantidad aplicada fue de acuerdo a la etapa fenológica.

Para la aplicación de micronutrientes se utilizó el Maxiquel multi para ambas soluciones nutritivas (Inorgánica y Orgánica) es un producto quelatizado constituido por Hierro (4%), Zinc (2%), Manganeso (1%), Boro (1%), EDDHA (57%) y acondicionadores Orgánicos (35%).

Para ambos tratamientos la dosis aplicada de solución nutritiva por planta fue como se muestra a continuación (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Dosis aplicada de solución nutritiva por planta. UAAAN-UL. 2008.

Solución	1ra. Etapa (ml)	2da. Etapa (ml)	3ra. Etapa (ml)	4ta. Etapa (ml)
Inorgánica	500	800	1500	2000
Orgánica	500	800	1500	2000

3.8.1 Solución nutritiva inorgánica

Para el tratamiento T₁ la formula de fertilización fue inorgánica, esta se componía con los siguientes elementos y cantidades para las cuatro etapas fenológicas, que se describen en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.3 Solución Nutritiva Inorgánica Madre aplicada en cuatro etapas fenológicas del cultivo. UAAAN-UL. 2008.

Elementos	1ra. Etapa (g)	2da. Etapa (g)	3ra. Etapa (g)	4ta. Etapa (g)
Nitrato de K	30.57	213.99	274.97	456.41
Nitrato de Ca	22.4	89.6	117.55	166.92
Nitrato de Mg	21.89	194.82	236.31	392.3
Ácido Fosfórico	4.93	4.93	11.89	16.13
Maxiquel multi	4.78	24.76	31.66	41.12
Agua	70 L	100 L	150 L	200 L

3.8.2 Solución nutritiva orgánica

Para el caso del tratamiento T₂ la solución nutritiva fue orgánica y esta se componía de los siguientes elementos y cantidades para las cuatro etapas fenológicas.

Cuadro 3.4. Solución Nutritiva Orgánica Madre aplicadas en cuatro diferentes etapas fenológicas del cultivo. UAAAN-UL. 2008.

Elementos	1ra. Etapa (grs)	2da. Etapa (grs)	3ra. Etapa (grs)	4ta. Etapa (grs)
Biomix N ¹	9.89	12.41	29.66	39.56
Biomix K ²	32.83	32.83	49.24	65.66
Biomix P ³	1.86	1.86	2.33	4.93
Maxiquel multi ⁴	2.39	2.39	3.86	5.7
Nitrato de Ca	N/A	32	48	64
Agua	70 L	100 L	150 L	200 L

¹Nitrógeno (N) 30.00, Activadores Enzimáticos Extracto de algas y plantas 5.30, Ácidos Húmicos y Fúlvicos Naturales (No Menos de) 7.90, Promotores Biológicos y Diluyentes 56.80.²Potasio (K₂O) 16.50, Fósforo (P₂O₅) 4.5, Ácidos Húmicos y Fúlvicos Naturales (No Menos de) 10.12, Bioactivadores Enzimáticos (Extracto de Algas y Plantas) 5.30, Sustancias Biocidas 5.30, Acondicionadores Estabilizadores y Diluyentes 23.58.³Fósforo (P₂ O₅) 25.00, Nitrógeno (N) 8.00, Potasio (K₂ O) 2.00, Potencializadores Enzimáticos (Vitaminas Ac. Pantoténico y Glutámico) 3.10, Aminoácidos libres 2.72, Ácidos Húmicos y Fúlvicos Naturales 8.70, Fitorreguladores de Crecimiento (Auxinas, Giberilinas y Citocininas) 110 ppm, Promotores Biológicos y Acondicionadores 49.87.⁴Composición (% en peso): Fe EDDHA 06.00, Zn EDDHA 02.00, K EDDHA 09.00, EDDHA (Etilandiamina Dihidroxifenil Acido Acético) 57.00, Acondicionadores Orgánicos 26.00.

Cabe mencionar que el Nitrato de Ca se agregó a la solución nutritiva a partir de la segunda etapa para cubrir requerimientos nutricionales en cuanto a deficiencia de Calcio, el cual se presentó en el Tratamiento T₂.

3.9 Tutorado

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo sosteniendo cada planta con rafia, esto cuando la planta alcanzó una altura de 30 cm con la finalidad de mantener la planta erguida y con ello poder evitar que las hojas y frutos tuviesen contacto con el suelo y/o sustrato. Esta labor cultural se llevo a cabo amarrando la rafia alrededor de la maceta y posteriormente pasándolo alrededor de la base del tallo con el fin de evitar el estrangulamiento de la planta, conforme la planta crecía se iba enredando la rafia a la misma, esta labor se realizaba de manera continua cada semana.

3.10 Poda

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares constantemente (para ambos tratamientos) cuando apenas tenían de 1 a 3 cm. Durante la fructificación en el punto rosado de los primeros frutos se procedió a deshojar, eliminando las hojas que quedaban por debajo del racimo, con la finalidad de tener una mejor aireación y mejor captación de luz, como también para evitar que estas hojas se vuelvan parásitas, ya que dejan de producir fotosintatos, además de que por el hecho de encontrarse en las partes bajas de la planta forman un microclima propicio para el desarrollo de hongos y enfermedades. Este manejo se aplicó de abajo hacia arriba en producción a lo largo del ciclo.

En cuanto al aclareo de frutos, se realizó con ayuda de tijeras de poda, eliminando frutos excedentes o frutos dañados en cada racimo, dejando de esta forma los primeros cinco frutos en cada racimo; éstas son las densidades que se recomiendan en producciones comerciales.

3.11 Bajado de plantas

La finalidad de bajar las plantas fue para facilitar la polinización y la cosecha y por otro lado para evitar que las plantas alcanzaran la zona de máxima acumulación de calor dentro del invernadero. Se procedió a bajar todas las plantas en una misma dirección por cuestiones estéticas y para facilitar el manejo del cultivo.

3.12 Polinización

Labor realizada manualmente con ayuda de un cepillo dental con vibrador, realizando esta actividad antes de las 12:00 horas del día, ya que en esta hora coinciden luminosidad, temperatura y humedad relativa, lo más óptimo posible para que el polen esté disponible y sobre todo viable. Se pasaba el cepillo vibrador por un lapso de ocho a diez segundos en el pedúnculo de cada flor.

3.13 Control de plagas y enfermedades

Con la finalidad de muestrear las plantas, se llevaron a cabo inspecciones fitosanitarias observando las plantas con el fin de detectar e identificar organismos que estuviesen dañando a la planta.

Con esta actividad se detectó la presencia de pulgón (*Aphis gossypii*) y Mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows & perring y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman) con lo que se procedió a aplicar insecticidas y repelentes de manera preventiva, el día 29 de mayo de 2008 se procedió a la aplicación del insecticida orgánico, el ingrediente activo de este producto

es extracto de Quilaya, su porcentaje en peso es de 7.5%, el nombre con el que se encuentra comercialmente es Fly-not jabón orgánico agrícola.

La dosis aplicada fue de 20 ml en 8 litro de agua para 200 m². Debido a que los productos orgánicos son un poco más lentos, por así decirlo, y con el fin de controlar la plaga las aplicaciones se llevaron a cabo durante el periodo del 31 de mayo al 23 de julio, aplicándolo cada tercer día, esto se debió a que por efectos naturales se rompió la cubierta plástica del invernadero lo que favoreció la entrada de esta plaga. El problema se controló totalmente con la ayuda del producto y arreglando la parte rota de la cubierta plástica del invernadero. También se aplicó de manera preventiva para controlar ambas plagas, jabón Bell rosita.

3.14 Cosecha

Actividad realizada cada tercer día, la cosecha realizada fue para calidad por lo que se dejaba el fruto dos y tres de cada racimo y que este superará el 60% de su coloración.



Figura 3.1 Grados de madurez del fruto de tomate: 1. Verde maduro; 2. Inicio de color; 3. Pintón; 4. Rosado; 5. Rojo pálido; 6. Rojo. (Hazera, 1999).

3.15 Variables evaluadas

En el presente trabajo las variables a evaluar para ambos tratamientos fueron para calidad del fruto, con los siguientes parámetros: 1. Forma del fruto; 2. Hombros; 3. Peso del fruto; 4. Diámetro ecuatorial; 5. Diámetro polar; 6. Grados Brix; 7. Espesor de la pulpa; 8. Número de lóculos; 9. Color externo; 10. Color interno.

Para evaluar la calidad del fruto se emplearon instrumentos tales como el vernier, balanza de precisión, refractómetro, regla milimétrica, y tabla de colores de la Real Sociedad de Horticultura de Londres.

3.16 Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza, considerando cada una de las características evaluadas para cada tratamiento, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación de medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) versión 9.1

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso de fruto

El análisis de varianza para esta variable detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para genotipos y para la interacción GxS, sin embargo no se encontró significancia para sustratos (Cuadro 1A). Considerando que la interacción GxS fue significativa, los efectos principales de genotipos no es relevante.

El tratamiento 3 presentó el mayor peso con 75.4 g, mientras tanto el menor peso se observó en el tratamiento 4 con 57.2 g, con un coeficiente de variación de 43.62% (Cuadro 4.1). El peso obtenido es inferior a lo reportado por Herrera (2007) para el genotipo Imperial 643 en sustrato orgánico, con un peso de 255.31 g, así como a lo citado por Aguilar (2002) quien reporta para el genotipo Andre un peso de 213.7 g. Los resultados obtenidos no concuerdan con ninguno de los reportados, esto se puede deber a las dosis de fertilización y/o a los genotipos evaluados.

Cuadro 4.1. Comparación de medias de los diferentes tratamientos para variable Peso de Fruto. UAAAN-URL. 2009.

Tratamiento	Peso de Fruto (g)
T3 (composta con yeso + Arena x caimán)	75.4 a
T1 (arena x caimán)	66.7 ab
T2 (arena x gironda)	62.7 bc
T4 (composta con yeso + Arena x gironda)	57.2 c
C.V.%	43.62
MEDIA	65.66 g

4.2. Forma de fruto

La tabla de frecuencia muestra que las formas del fruto presentadas fueron globoso profundo y achatado profundamente. La forma de mayor frecuencia fue achatada profundamente (Cuadro 4.2).

Estos resultados no concuerdan con los reportados por Michel (2007) quien menciona que la forma globosa profunda se presentó con mayor frecuencia con el genotipo Big Beef. De igual manera no coincide con lo reportado por Aguilar (2002), quien obtuvo la forma globosa y globosa profunda evaluando el genotipo Andre y Gabriela, esto se puede deber al genotipo evaluado. No obstante estos resultados concuerdan con lo obtenido por Herrera (2007) quien determinó que la forma del fruto para los genotipos Caimán y Girona es achatada profundamente.

Cuadro 4.2. Forma de fruto en número y porcentaje en cada variable para cada tratamiento; evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.

TRAT	Achatado profundo		Globoso profundo	
	Núm. Frutos	%	Núm. Frutos	%
T1	50	17.48	24	8.39
T2	32	11.19	42	14.69
T3	42	14.69	29	10.14
T4	35	12.24	32	11.19
Total				

4.3. Color de hombro

Para esta variable de acuerdo a la tabla de frecuencias obtenidas (Cuadro 4.3), se obtuvo que el tratamiento con mayor número de repeticiones de color de hombros del fruto se obtuvo en el tratamiento T₁ con el color de hombros 31B-33C con un porcentaje de 51.35%, mientras que el nivel más bajo obtenido se mostró en el tratamiento T₂ con el color de hombro que van desde 31B-33C con 8.10%, mientras que el tratamiento T₃ supero a los tratamientos T₂ y T₄, esto de acuerdo a lo clasificado con Hazera (1999), determinando así la maduración uniforme. Esto coincide con lo encontrado por Michel (2007), como también a lo reportado por Herrera (2007), quien bajo el estudio de los mismos genotipos y los mismos sustratos encontró el mismo tipo de hombros.

Cuadro 4.3. Color de hombro, porcentaje en cada variable de cada tratamiento, para evaluación de calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.

Trat	Variables (%)				Total Frutos
	31B-33C	34A-41 ^a	41B-43B	44A-46B	
T1	51.35	27.17	18.87	19.61	74
T2	8.10	18.47	35.85	31.37	74
T3	21.63	26.09	24.53	25.50	71
T4	18.92	28.27	20.75	23.52	67
Total					

4.4. Diámetro ecuatorial

El análisis de varianza para esta variable, cuya media de 4.41 cm, con un coeficiente de variación de 17.91%, no mostró diferencias significativas para la interacción GxS (Cuadro 3C), es decir que los efectos principales para sustratos y para genotipos son relevantes. Las variables Sustratos y Genotipos fueron significativas. Respecto a sustratos la arena fue mejor que composta con yeso (Cuadro 4.4). en Genotipos Caimán fue superior que Gironda.

Estos resultados difieren a lo reportado por Hernández (2004) quien obtuvo diámetros de 6.88 cm, con el genotipo Gironda y Alondra. Como también son diferentes a los obtenidos por Herrera (2007) donde determinó una media de 7.98 cm, con los genotipos Caimán y Gironda, en sustratos de arena y composta.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de Sustratos y Genotipos, para la variable Diámetro Ecuatorial. UAAAN-URL. 2009.

Sustrato	Diámetro Ecuatorial(cm)		Genotipo	Diámetro Ecuatorial(cm)	
Arena	4.57	a	Caimán	4.54	a
C. Yeso	4.24	b	Gironda	4.27	b
C.V %	17.91				
MEDIA	4.41				

4.5. Diámetro polar

El análisis de varianza para esta variable no presentó diferencias significativas para genotipos y para la interacción GxS (Cuadro 2B), sin embargo si encontró significancia ($p \leq 0.01$) para sustratos, mostrando que el mejor sustrato es la arena 4.04 cm. (Cuadro 4.5). La media para la interacción fue de 3.79 con un coeficiente de variación de 17.61%

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Herrera (2007), el cual reporta frutos con una media de 5.75 cm, para los mismos genotipos evaluados en este trabajo.

Cuadro 4.5. Comparación de medias para Sustratos, para la variable Diámetro Polar.

Sustrato	Diámetro Polar (cm)	
Arena	4.04	a
C. Yeso	3.52	b
C.V %	17.61	
MEDIA	3.79	

4.6. Sólidos solubles

El análisis de varianza no encontró diferencias significativas para la interacción GxS (cuadro 4D), pero si demostró diferencias para sustrato y para genotipos por lo que consideramos relevante estos aspectos. Se obtuvo un coeficiente de variación de 20.30% con una media general de 7.05 °Brix. El mejor sustrato fue composta con yeso mientras que los Genotipos el

mejor fue Gironda (Cuadro 4.6); lo anterior demuestra que la composta con yeso tiene efecto sobre los sólidos solubles.

Esto contradice a los resultados obtenidos por Michel (2007) quien obtuvo resultados de 4.70 °Brix en tomates producidos en sustratos de arena, pero coincide con lo aportado por Márquez y Cano (2004), quienes mencionan que el uso del compost favorece al incremento de Sólidos solubles.

Cuadro 4.6. Comparación de medias para Sustratos, para la variable Sólidos solubles.

Sustrato	Sólidos solubles (°Brix)		Genotipo	Sólidos solubles (°Brix)	
C. Yeso	7.39	a	Gironda	7.29	a
Arena	6.74	b	Caimán	6.83	b
C.V %	20.30				
MEDIA	7.05				

4.7. Espesor de la pulpa

Para esta variable el análisis de varianza resume una diferencia significativa para sustratos y para la interacción GxS, sin embargo no se encontró significancia para genotipos (Cuadro 5E). Considerando que la interacción GxS fue significativa los efectos principales de sustratos no es relevante.

En esta investigación se determinó que el tratamiento T3 (composta con yeso + arena x caimán) fue el que detectó los mejores resultados en cuanto a espesor de pulpa, obteniendo 0.73 cm de espesor (cuadro 4.7). Estos resultados son superiores a los reportados por Herrera (2007) quien

obtuvo para ambos genotipos un espesor de 0.57 y 0.62 cm, en sustratos de arena y composta más arena.

Cuadro 4.7. Comparación de medias de los diferentes tratamientos para Variable Espesor de Pulpa. UAAAN-URL. 2009.

Tratamientos	Espesor de pulpa (cm)	
T3 (Composta con yeso + arena x Caimán)	0.73	a
T2 (Arena x Gironda)	0.64	b
T4 (Composta con yeso + arena x Gironda)	0.62	b
T1 (Arena x Caimán)	0.57	b
C.V %	39.21	
MEDIA	0.64	

4.8. Número de lóculos

El análisis de varianza en esta variable mostró una diferencia significativa con un coeficiente de variación 21.38% y una media de 4.2 lóculos (Cuadro 6F). Considerando que la interacción GxS resulto significativa los efectos principales para genotipos no son relevantes. El tratamiento T1 fue mayor, arrojando un número de 4.68 lóculos (cuadro 4.8).

Lo anterior es superior a lo descrito por Hernández (2004) quien evaluando al genotipo Gironda obtuvo una media de 3.2 lóculos. De igual manera los resultados obtenidos superan a los citados por Herrera (2007) quien presenta para el Genotipo Gironda una de media de 3.55 lóculos.

Cuadro 4.8. Comparación de medias de los diferentes tratamientos para Variable Número de Lóculos. UAAAN-URL. 2009.

TRATAMIENTO	Número de lóculos	
T1 (Arena x Caimán)	4.68	a
T3 (Composta con yeso + Arena x Caimán)	4.46	a
T4 (Composta con yeso + Arena x Gironda)	3.77	b c
T2 (Arena x Gironda)	3.55	c
C.V %	21.38	
MEDIA	4.12	

4.9. Color externo

La tabla de frecuencias obtenida muestra una gran gama de colores (cuadro 4.9). Los de mayor frecuencia fueron 31A-34B.

Esto coincide con lo aportado por Michel (2007) quien menciona una gran variación de color debido a los diferentes sustratos, como también concuerda con Herrera (2007) el cual determinó grandes variaciones de colores externas, aun dentro de un mismo tratamiento, evaluando los mismos genotipos.

Cuadro 4.9. Color externo, porcentaje, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.

Trat	Variables %				Total Frutos	%
	31A-34B	34C-42B	42BA-44C	45A-48A		
T1	29.72	29.72	29.72	10.84	74	25.87
T2	10.84	43.24	36.48	9.45	74	25.87
T3	46.47	25.36	16.91	11.26	71	24.83
T4	43.29	29.86	19.40	7.46	67	23.43
Total						100

4.10. Color interno

En la tabla de frecuencias obtenida se obtuvo una gran gama de colores, siendo el color 40B-42B (cuadro 4.10), el de mayor frecuencia.

Los resultados presentados concuerdan con los obtenidos por Herrera (2007) y por Michel (2007) quienes reportan altas diferencias de variación del color, sin embargo difiere de lo mencionado por López (2003) quien detecto únicamente el color 34B para el genotipo Andre.

Cuadro 4.10. Color interno en número y porcentaje, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero.

Trat	Variables					Total	
	24B-33C	34A-40A	40B-42B	42C-44B	44C-46C	Frutos	%
T1	8.11	10.81	41.89	27.02	12.17	74	25.87
T2	9.46	8.11	40.54	25.67	16.22	74	25.87
T3	22.54	22.54	26.76	21.12	7.04	71	24.83
T4	13.44	25.37	31.34	20.90	8.95	67	23.43
Total							100

V. CONCLUSIÓN

Al evaluar la calidad de frutos de tomate en sustratos orgánicos e inorgánicos, se observó superioridad al utilizar el compost con yeso sobre el sustrato arena que es un medio inerte, determinando incidencia en el peso del fruto, espesor de pulpa y Sólidos solubles, este último con gran relevancia debido a que determina el sabor exquisito al paladar del consumidor, registrando un promedio de 7.39 °Brix, lo cual lo hace superior comparado con la utilización de la arena como sustrato.

Los Genotipos evaluados presentan características diferentes, Caimán es mejor en las variables Peso de fruto, Diámetro polar, Diámetro ecuatorial, Espesor de pulpa, Número de lóculos; mientras que Gironda tiene las ventajas únicamente en Sólidos solubles.

Determinando así, que el uso de los sustratos orgánicos como es el compost con yeso, es una buena opción para producir tomates de excelente calidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Anderlini, R. 1976. El cultivo del tomate. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Aguilar, A. C. P. 2002. Rendimiento y Calidad de dos Híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah., México. P. 33
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1999. Cultivo en invernadero 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa Madrid. México. Pp. 76-77
- Anónimo. 2004. La composta. <http://www.coedehgo.gob.mx/servicios/educa/composta.htm>
Consultado el 06 de octubre de 2009.
- Asaf, A. 1990. Fertigation in greenhouse on sand dunes. Proceedings 5th International Conference on Irrigation. Tel Aviv, Israel. Pp. 79-87.
- Belda, J. E. y J. Lastre. 1999. Reglamento Específico de Producción Integrada de Tomate Bajo Abrigo: Resumen de aspectos importantes. Pp. 1-9. *Laboratorio y Departamento de Sanidad Vegetal de Almería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.*
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *En: curso internacional de producción de hortalizas en invernadero.* Editores. Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. J. J. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 147-174
- Blancard, D. 2006. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar. Versión Española de A. Peña I. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bouzo, C. A. y F. Garinglio N. 2002. Invernaderos. Aspectos generales a tener en cuenta. Universidad Nacional de Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Cultivos intensivos. Esperanza, Santa Fe, Argentina.

- Burgueño, C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, diapositivas 102-104. *En: Memorias del 1^{er} Simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cano, P.; Moreno, A.; Márquez, C.; Rodríguez, N. y Martínez, V. 2005. Producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. *En XVII Semana Internacional de Agronomía FAZ_UJED. Memorias.* (9; 2005). Gómez Palacio, Durango, México. Pp. 48-54.
- Cano, P.; Rodríguez, N.; Chef, Y.; Jiménez, F. y Nava, V. 2002. Identificación de plagas y enfermedades del tomate bajo condiciones de invernadero. *En XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Memorias* (9; 2002) Gómez Palacio, Durango, México. UJED. Pp. 226-230.
- Canovas, M. F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponía. Aspectos Comunes y Diferencia de los Cultivos con y sin Suelo. Curso Superior Sobre Especialización: Cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España. Pp. 29-42.
- Carvajal, M. A. Cerda y V. Martínez. 2000. Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of cation disorders plant Growth Regulation. Pp. 37-47.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. 3^a Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp. 71-105
- Castilla, P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate.* Ediciones Mundi-Prensa. México pp. 191-211
- Castilla, P. N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate.* Ediciones Mundi-Prensa. México pp. 191-225.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. *In: (Ed). F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate.* Editorial Mundi-Prensa. México. Pp. 43-87

- CNA, 2009. Coordenadas geográficas de torreón. Disponible en: <http://www.cna.gob.mx/> fecha de consulta: 06 de octubre de 2009.
- Cuartero, J., Báugena, M. 1999. Híbridos de tomate para cultivo en fresco. Pp. 196-211. Cultivo del tomate. Editorial Mundi-prensa. México.
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. Pp. 93-129 *En:* Nuez (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. México.
- Edmond, J. B. 1981. Principios de horticultura. CIA: Editorial Continental S. A de C. V. Sexta reimpresión. México D.F
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. *In:* (Ed). F. Nuez. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. México. Reimpresión Pp. 13-23.
- FAO. 2001. Organic agriculture. Committee on Agriculture, 15th Session, 25 - 29 de enero 1999, COAG/99/9. Disponible en: www.fao.org/docrep/meeting/X0075E.htm.
- Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica (IFOAM) y el Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica. 2009. "El mundo de la Agricultura Orgánica: Estadísticas y Nuevas Tendencias de 2009". [En línea] <http://aaoch.cl/node/79> fecha de consulta: 03 de octubre de 2009.
- Felipe, E. F.; E. Cassanova, O. 1999. Evaluación de la hoja número 3 como muestra representativa para el análisis Nitrógeno, Fósforo y Potasio en tomate. Venezuela.
- Fernández, R. E. J., Camacho, F. F. y Ricardez, S. M. 2004. Tomates, producción y comercio, Edición de Horticultura, Barcelona, España. P 35.
- Figuroa, V. U. y Cueto W. J. A. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Ponencia presentada como parte del curso: "Abonos Orgánicos", impartido dentro del XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 15 de octubre de 2002. Torreón, Coahuila, México.

- Francescangeli, N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión. Estación Experimental Agropecuario, San Pedro, Buenos Aires, Argentina.
- Garza, L. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de fitotecnia, UACH. México.
- Godínez, J. A. 2003. Los fertilizantes en México. *En: fertilizantes y enmiendas de origen mineral*. H. Nelson y R. Sarudiasky. Ediciones panorama minero.
- Gómez, C., M. A., Gómez T. L., y Schwentesius R. R. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica. Certificación y comercialización, Mundi-Prensa Universidad Autónoma Chapingo, tercera edición, México, 224 p.
- Hazera. 1999. Quality seeds Ltd (HAZERA) quality seeds tomato. Ficha técnica. Israel.
- Hernández, C. L. A. 2004. Producción de cuatro Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bajo Condiciones de Invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah., México. P.72.
- Herrera, G. R. 2007. Evaluación de diferentes sistemas de fertilización orgánica con tres híbridos de tomate bola. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah., México. P. 81.
- Horward, W. 1995. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. Pp. 163-171. (2vi) Wener. Hazera LTD. 1166pp. Brurin, Israel.
- Imas, P. 1999. Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistemas Frutihortícolas. Pp. IPI. International Potash Institute, presentado en el XXII Congreso Argentino de Horticultura-International Potash Institute, Coordination India. c/o DSW, Potash House, P. O. Box 75, Beer Sheva, 84100, Israel. E-mail: patricia@dsw.co.il
- Infoagro, 2004. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp,2004>). (13 de sep. De 2009).

- INTA.2009. Calidad de tomates para consumo en fresco: color y sabor. Disponible en: www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/.../pdfs/fyd49_tomate.pdf fecha de consulta: 06 de octubre de 2009.
- Lomelí, Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, ventajas y beneficios comerciales. Edición número 60. Ocotlán, Jalisco, México.
- López, A. 2004. Productos orgánicos ganan popularidad en el mercado. El financiero. 11 de marzo.
- López, J. M. Dorais; N. Tremblay y A. Gosselin. 1996. Effects of varying sulfate concentrations and vapor pressure deficits (vpd) on greenhouse tomato fruit quality and foliar mineral and amino acid components. Horticultural Research Center, Plant Science Department, Laval University, Sainte-foy, QC, G1K, 7P4. Canada.
- Lupin, M. Magen y Z. Gambash. 1996. Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under "grass root" field conditions. Fertilizer News, the fertilizer association of India (FAI). 41:69-72.
- Macilwain, C. 2004. Organic: is it the future of farming. Nature 428:792-793.
- Maroto, B. J. 1995. Horticultura herbácea especial. Cuarta ed. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. Pp. 355-399.I.
- Márquez, H. C.; Cano, R. P. 2004. Producción de tomate orgánico bajo invernadero, En: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Ch C Leal, J. AG Garza (Eds) del 20 y 21 de mayo 2004 en Monterrey Nuevo León, Fundación UANL y Facultad de Agronomía de UANL. Pp. 1-11
- Michel, M. R. 2007. Evaluación de un Híbrido de Tomate con Fertilización Orgánica e Inorgánica con diferentes Sustratos Bajo Invernadero. Tesis de Licenciatura. Torreón, Coah. México. P. 77.
- Moreno, I. T. 2002. Cultivo de hortalizas sin suelo. Instituto Nacional de Empleo, centro de formación profesional ocupacional de horticultura. C/Remata s/n - CP.04407/. Almería, España. Telefax: (34) 950244833. morenote@wanadoo.es

- Muñoz, R. J. de J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. Manual de Producción Hortícola en Invernadero INCAPA. México. Pp. 229-230.
- Navarro, G. M. 2002. Nutrición vegetal balanceada y riego por goteo en cultivos hortícolas. *In: Memorias del 2º Simposio Nacional de Horticultura*. Saltillo, Coahuila, México. 07-11 de Octubre.
- Nuez, V. F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp. 626-669. *In: (Ed) F. Nuez. El cultivo del tomate*, Editorial Mundi-Prensa, México.
- Porta, J. L.; Acevedo, M; Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura del medio ambiente. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Pág. 929.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. 4ª edición. Editorial Mundi-Prensa. España. Pp. 275, 279, 425-472.
- Rodríguez, M. R. y Jiménez, D. F. 2002. Manejo de invernadero. *In: Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Venecia, Durango. México. Pp. 58-65.
- Rodríguez, S. F. 1997. Fertilizantes Nutrición vegetal A. G. T. Editor S. A. Pp. 58-65.
- Romero, R. Arad. T. y Soria. 1999. Univ. Murcia. 30071 Espinardo (Murcia). Spain. VI Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. Septiembre-1999. Pp. 1-34.
- Rosen, J. C. and Bierman M. P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, extension service. USA. Pág. 12.
- Sade, A. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot, Israel. P 143
- Sáenz, M. A.; A. Blanco, E. Monge y J. Val. J. 2001. Caracterización de la Deficiencia de Calcio en la Planta de Tomate Utilizando Parámetros Fisiológicos. ITEA VOL. 97. Nº 1 Pp. 26-38

- SAGARPA. 2009. México, importante productor mundial de alimentos orgánicos. Disponible en: <http://www.sagarpa.com.mx> fecha de consulta: 06 de octubre de 2009.
- Sánchez, B. F. y E. Favela Ch. 2000. Construcción y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. En Impresión. P 45
- SAS.1998. Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (SAS, 1998). Edition Cary N: C: United States of América.
- Schlermeler, Q., 2004. Organic World View. Nature 428: 794-795.
- Serrano, C. Z. 1979. Cultivos de hortalizas en invernadero. Editorial Aedos. Imprenta Juvenil S. A. Barcelona, España.
- Stevens, M. A., Rick, C. M. 1986. Genetics and breeding. *En*: "Atherton, J. G. and Rudich, J." Edition the tomato crop. Chapman and Hall. London, New York. Pp. 35-102.
- Tiscornia, J. R. 1989. Hortalizas de fruto. Tomate, pimiento, pepino y otras. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. Pp. 7-9
- Towrer, E. Moshkuits, H., Rosenfeld, K. Shaked R. and M. Cohen. 1998. Varietal difference in the susceptibility to pointed fruit malformation in tomatoes: historical studies of the ovaries. *Scientia Horticulturae Elsevier* 77 (1998) pp. 145-154
- Trigui, M.; S. F. Barrington, and L. Gauthier. 1999. Effects of humidity on tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Truss) water uptake, yield, and dehumidification cost. *Canadian Agricultural Engineering*. Vol. 41-3 Pp. 135-140.
- Valadéz, L. A. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México D.F. pp. 189-222.
- Van de Vooren, J. G., W. H. Welles and G. Hayman. 1989. Glasshouse crop production. *En*: Atherton J. G. Rudich, J. (Ed. The tomato crop Chapman and hall. London: 581-623).

Zaidan, O. y A. Avidan. 1997. CINDACO. Curso Internacional de Hortalizas. Shefayim, Israel.

Zamorano, U. J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias. p. 3-4.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Peso de Fruto. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S ¹
Sustrato (S)	1	168.615	168.615	0.21	0.06507NS
Genotipo (G)	1	8805.126	8805.126	10.73	0.0012*
I G x S	1	3606.244	3606.244	4.40	0.03*
Error	282	243641.856	820.505		
C.V= 43.62		MEDIA GENERAL= 65.66			

¹ Significativo al .05, Altamente Significativo al .01 y N.S no Significativo.

Cuadro 2B. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Diámetro Polar. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S ¹
Sustrato (S)	1	19.310	19.310	43.23	0.0001**
Genotipo (G)	1	1.024	1.024	2.29	0.1310NS
I G x S	1	0.511	0.511	1.15	0.2854NS
Error	282	146.548	0.446		
C.V= 17.61		MEDIA GENERAL= 3.79			

¹ Significativo al .05 y NS no significativo.

Cuadro 3C. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Diámetro Ecuatorial. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S ¹
Sustrato (S)	1	7.473	7.473	11.93	0.0006**
Genotipo (G)	1	5.084	5.084	8.12	0.0047**
I G x S	1	0.865	0.865	1.38	0.2408NS
Error	282	189.679	0.626		
C.V= 17.91		MEDIA GENERAL= 4.41			

¹ Significativo al .05 y NS no significativo.

Cuadro 4D. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Grados Brix. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S
Sustrato (S)	1	30.364	30.364	14.80	0.0001**
Genotipo (G)	1	15.075	15.075	7.35	0.0071**
I G x S	1	0.052	0.052	0.03	0.8730NS
Error	282	623.269	2.051		
C.V= 20.30		MEDIA GENERAL= 7.05			

¹ Significativo al .05, Altamente Significativo al .01 y N.S no Significativo.

Cuadro 5E. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Espesor de Pulpa. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S ¹
Sustrato (S)	1	0.378	0.378	5.93	0.0154*
Genotipo (G)	1	0.038	0.038	0.61	0.4366NS
I G x S	1	0.589	0.589	9.24	0.0026**
Error	282	19.004	0.637		
C.V= 39.21		MEDIA GENERAL= 0.64			

¹ Significativo al .05 y NS no significativo.

Cuadro 6F. Análisis de varianza para los factores Sustrato (S), Genotipo (G) y la Interacción G x S, para la variable Número de Lóculos. UAAAN-URL. 2009.

Causa de variación	GL	S.C	C.M.E	F.cal.	N.S ¹
Sustrato (S)	1	0.000	0.000	0.00	0.9911NS
Genotipo (G)	1	59.358	59.358	79.28	0.0001**
I G x S	1	3.557	3.557	4.57	0.0334*
Error	282	283.468	0.778		
C.V= 21.38		MEDIA GENERAL= 4.12			

¹ Significativo al .05 y NS no significativo.

Cuadro 7G. Nivel de significancia para cada variable, evaluación para calidad de fruto de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero. UAAAN-URL. 2009.

Variable	Sustrato (s)	Genotipo (g)	G x S
P.F	N.S	**	*
D.P	**	N.S	N.S
D.E	**	**	N.S
° BRIX	**	*	N.S
E.P	**	N.S	**
N.L	N.S	**	*

* Significativo; ** Altamente Significativo; N.S No Significativo.