

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**MANEJO DE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E
INORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Por

MAY BELLO ROMERO

T E S I S

**Presentada como requisito parcial
para obtener el Título de**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**MANEJO DE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
E INORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Por

MAY BELLO ROMERO

TESIS

**Que somete a la consideración del Comité asesor, como requisito
parcial para obtener el Título de**

INGENIERO AGRÓNOMO

A P R O B A D A P O R

Asesor

Principal:

DR. PEDRO CANO RÍOS

Asesor:

DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES

Asesor:

M. C. YASMIN I. CHEW MADINAVEITIA

Asesor:

ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

ME. VÍCTOR MARTINEZ CUETO

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

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**MANEJO DE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
E INORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Por

MAY BELLO ROMERO

TESIS

**Que somete a la consideración del jurado examinador, como
requisito parcial para obtener el Título de**

INGENIERO AGRÓNOMO

JURADO EXAMINADOR

Presidente:

DR. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL

ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

VOCAL:

ME. VICTOR MARTINEZ CUETO

VOCAL SUPLENTE

DR. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ

**ME. VÍCTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2007

AGRADECIMIENTOS

Sobre todas las cosas a Dios, a nuestra señora Santa Cecilia y a ti Lupita que cuidaron y guiaron mi camino, y gracias por terminar este trabajo, resultado de mucho trabajo, dedicación y esfuerzo.

A mis padres y hermanos, por todo su cariño y apoyo. Por ser parte importante de mi formación.

A mi “ALMA TERRA MATER” que siempre llevaré su nombre en alto donde sea que me encuentren, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista al culminar satisfactoriamente mis estudios en esta universidad y con orgullo de ser un “BUITRE”.

Al Dr. Pedro Cano Ríos, por compartir sus conocimientos, por la orientación y por la gran oportunidad que me dio de participar en su proyecto con el cual realice este trabajo de investigación, fruto de esfuerzo y dedicación.

Al Ing. Heriberto Quirarte Ramírez, por sus consejos y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

Al Dr. Alejandro Moreno Resendez, por maestro que es y como un gran amigo, por sus consejos y apoyo incondicional en todo momento de mi formación.

A mis amigos y compañeros: Fabián (Mijo), † Edgar (Chavelita), Ricardo, René (Chilango), Francisco (Cachetón), Agustín (Jóse), Fredy (Flaco), Jorge (Chilisky), Saúl (Paulito), Maximino (Tachinito), Samuel (Abak pack), y Ramón todos ya unos ingeniero de bien y como ellos es lo que necesita el pueblo de México, Juan (Pollo), Gildardo, Sofía, Miguel (Ponsuelo), y Julio (Japo), con quienes compartí la carrera, y grandes momentos durante la estancia en la universidad y fuera de ella.

A usted Ingeniero Jesús Núñez por su apoyo, dedicación, enseñanza y paciencia en el campo, en donde se ven las necesidades de los campesinos, y los problemas de ellos y gracias por compartir sus conocimientos conmigo.

DEDICATORIAS

A ti papa, Wilfrido Clemente Bello Romero y a ti mama, María de los Ángeles Romero Matías, que gracias a su cariño, guía y apoyo, he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de la vida, fruto del inmenso apoyo, amor y confianza que en mi se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les viviré eternamente agradecido, todo se los debo a ustedes. Este trabajo está hecho también por ustedes. GRACIAS LOS AMO.

A mis hermanos que forman gran parte importante de mi vida, gracias por su apoyo LOS QUIERO: Miriam, Cristian, Adalberto y † Eduardo.

A mis sobrinas que forman parte importante de mi vida y son nueva etapa de la familia: Andrea Guadalupe, Alexandra, América Yocelyn y la BEBE.

A mis cuñados que me brindaron su apoyo incondicional durante el tiempo de mi formación: Baltasar Toribio, Humberto Romero.

A ti abuelo Adelfo Bello Cervantes † que aunque no estuviste en el tiempo de mi formación yo sé que me estás viendo desde el cielo, y te sientes orgulloso de mí como yo lo hice de ti, y a ti abuela Juana Romero Librado que siempre me brindaste todo tu apoyo para salir adelante en mi formación.

A mis tíos: Adelfo, Marisol, Basilio, Rocío, Ezequiel, Margarita, Alicia, David, Hilario, Juana Alicia, Miguel Ángel, Clara Luis, y Lucila. Los cuales he compartido varios y buenos momentos de muchos que faltan; por darme consejos, hacerme saber que cuento con ustedes, GRACIAS y que DIOS los BENDIGA.

A mis primos: Alma Rosa, Sebastián, Viridiana, Diego, Gaby, Luis, Rodrigo, Karina, Guadalupe, Valeria, Miguel, Carla, Judit, Olivia, Ezequiel, Magali, Dante Adelfo, Jacqueline, Lucerito, Elizabeth, Cecilia, Guadalupe, Beatriz, Carina, Basilio, Gloria, y Daniela.

A mis cuates: Liliana, Angélica, Lourdes, Claudia, Maru, Sandra, Elena, Osvaldo (Orejón), Florencio (Chispazo), Sergio (Furbie), José Luis (Calcetín), Octavio (Oso) e Ismael (Ganso), que siempre recibí motivación y apoyo de ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

	página
AGRADECIMIENTOS	
DEDICATORIAS	
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Metas.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del Cultivo de Tomate.....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Clasificación Taxonómica del Tomate.....	4
2.1.3. Características Morfológicas del Tomate.....	5
2.1.3.1 Raíz.....	5
2.1.3.2 Tallo.....	5
2.1.3.3 Hoja.....	6
2.1.3.4 Flor.....	6
2.2.3.5 Fruto.....	7
2.2.3.6 Semilla.....	7
2.2.3.7 Valor Nutritivo.....	7
2.2. Invernaderos.....	8
2.2.1 Generalidades del Invernadero.....	8
2.2.2 Ventajas de la producción de Invernadero.....	8
2.2.3 Desventajas de Producir en Invernadero.....	9
2.2.4 Exigencias de Clima.....	10
2.2.4.1 Temperatura.....	10
2.2.4.2 Humedad.....	11

2.2.4.3 Luminosidad.....	11
2.2.4.3.1 Radiación en el Invernadero.....	12
2.2.4.3.2 Radiación en el Cultivo de Tomate.....	12
2.2.4.4. Contenido de CO ₂ en el Aire	13
2.2.5 Estadísticas de Invernaderos.....	13
2.3 Antecedentes de Producción Orgánica.....	14
2.4 Ventajas y Desventajas de la Producción Orgánica.....	14
2.4.1Ventajas.....	14
2.4.2 Desventajas.....	15
2.5 Producción de Tomate Orgánico.....	15
2.5.1 Producción de Tomate Orgánico en Invernadero.....	16
2.6 Labores Culturales.....	16
2.6.1. Producción de Plántula.....	16
2.6.2 Trasplante.....	16
2.6.3 Poda de Formación.....	17
2.6.4 Aporcado y Rehundido.....	18
2.6.5 Tutorado.....	18
2.6.6 Desbrotado o Destallado.....	19
2.6.7 Deshojado.....	19
2.6.8 Despunte de Inflorescencias y Aclareo de Frutos.....	19
2.6.9 Bajado de Plantas.....	19
2.6.10 Arreglo Topológico.....	20
2.6.11 Fertirrigación.....	20
2.6.11.1 Calidad de Agua de Riego.....	23
2.6.12 Polinización.....	23
2.7 Plagas y Enfermedades.....	24
2.7.1 Plagas.....	24
2.7.1.1 Mosca Blanca.....	24
2.7.1.2 Pulgón.....	27
2.7.1.3 Minador de la Hoja.....	27
2.7.1.4 Acaro del Bronceado.....	28

2.7.1.5 Psílido.....	29
2.7.2 Enfermedades.....	30
2.7.2.1 Damping Off o Secadera de Plántulas.....	30
2.7.2.2 Tizón Tardío.....	31
2.7.2.3 Tizón Temprano.....	32
2.7.2.4 Cenicilla.....	33
2.8 Otras Alteraciones en el cultivo de Tomate.....	34
2.8.1 Deficiencias de Calcio.....	34
2.8.2 Golpe de sol.....	34
2.8.3 Rajado de Frutos.....	34
2.8.4 Jaspeado del Fruto.....	35
2.9 Índice de Cosecha y Calidad.....	35
2.9.1 Generalidades.....	35
2.9.2 Calidad del Fruto.....	35
2.9.3 Sólidos Solubles.....	36
2.10 Sustratos.....	37
2.10.1 Generalidades.....	37
2.11 Fertilización Orgánica.....	38
2.11.1 Importancia de los Fertilizantes Orgánicos.....	39
2.11.2 Propiedades de los Fertilizantes Orgánicos.....	39
2.11.3 Productos Destinados a la Fertilización y Mejoramiento del Suelo	40
2.12 Abonos Orgánicos.....	41
2.12.1 Justificación de Uso.....	42
2.12.2 Usos.....	43
2.13 Elementos nutritivos del Compost.....	43
2.13.1 Relación Compost-Tomate.....	44
2.14 Empleo del Yeso en la Agricultura.....	45
2.15 Tipos de Producciones de Tomate.....	45
2.16 Sustentabilidad de producción de tomate.....	46
2.17 Manejo Integrado de Plagas.....	47
2.18 Elección del Genotipos.....	47

2.19 Antecedentes de Rendimientos de Tomate en Invernadero.....	48
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1 Localización Geográfica y Clima de la Comarca Lagunera.....	50
3.2. Localización del Experimento.....	50
3.3. Tipo y Condiciones del Invernadero.....	50
3.4. Genotipo.....	51
3.5. Sustratos.....	52
3.6. Diseño Experimental.....	53
3.7. Fertilización Orgánica.....	53
3.7.1. Fertilización Inorgánica.....	54
3.8. Riego y Drenaje.....	54
3.9. Control de Plagas y Enfermedades.....	55
3.10. Manejo del Cultivo.....	56
3.10.1. Siembra y Trasplante.....	56
3.10.2. Entutorado.....	57
3.10.3. Podas.....	57
3.10.4. Bajado de Plantas.....	57
3.10.5 Polinización.....	58
3.10.6 Fertilización.....	58
3.10.7 Cosecha.....	58
3.11 Variables Evaluadas.....	59
3.12 Análisis Estadístico.....	59
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1. Rendimiento del cultivo en $t\cdot ha^{-1}$	60
4.2. Altura de plantas.....	61
4.3 Número de nudos.....	63
4.4 Floración.....	64
4.5 Calidad de Fruto.....	66
4.5.1 Peso de fruto.....	66

4.5.2 Diámetro Polar.....	66
4.5.3 Diámetro Ecuatorial.....	67
4.5.4 Sólidos Solubles.....	67
4.5.5 Espesor de Pulpa.....	67
4.5.6 Número de Lóculos.....	68
4.5.7 Color, Hombros y Forma del Fruto.....	68
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RESUMEN.....	70
VII. LITERATURA CITADA.....	71
VIII. APÉNDICE.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	DESCRIPCIÓN	Página
Cuadro 2.1	Principales componentes químicos del fruto del tomate.....	8
Cuadro 2.2	Concentración de elementos nutritivos por planta.....	22
Cuadro 3.1	Características del genotipo evaluado Imperial 643	52
Cuadro 3.2	Tratamientos a evaluar (CELALA-INIFAP, 2007).....	53
Cuadro 3.3	Fertilización orgánica aplicada en las diferentes etapas. (CELALA-INIFAP 2007).....	53
Cuadro 3.4	Fertilización inorgánica aplicada en las diferentes etapas (CELALA-INIFAP 2007).....	54
Cuadro 3.5	Productos utilizados para el control de plagas y enfermedades en tomate bajo invernadero (CELALA-INIFAP, 2007).....	56
Cuadro 4.1	Comparación de medias entre tratamientos para la variable rendimiento (CELALA-INIFAP, 2007).....	61
Cuadro 4.2	Comparación de medias entre tratamientos, para las variables de calidad del fruto (CELALA-INIFAP, 2007).....	61
Cuadro 4.3	Ecuaciones de regresión para la variable de altura de planta de tomate en diferentes tratamientos en invernadero. (CELALA-INIFAP, 2007).....	62
Cuadro 4.4	Ecuaciones de regresión para nudos de plantas de tomate en invernadero (CELALA-INIFAP, 2007).....	63
Cuadro 4.5	Ecuaciones de regresión para inicio de floración de plantas de tomate en invernadero (CELALA-INIFAP, 2007).....	65
Cuadro 4.6	Ecuaciones de regresión para fin de floración de plantas de tomate en invernadero (CELALA-INIFAP, 2007).....	66
Cuadro 4.7	Variables de calidad del fruto: color externo e interno, forma y hombros de fruto (CELALA-INIFAP, 2007).....	68

INDICE DE FIGURAS

Figura	DESCRIPCIÓN	Página
Figura 3.1	Invernadero del Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP, 2007).....	51
Figura 3.2	Grados de madurez del fruto de tomate: 1, Verde maduro; 2, Inicio de color; 3, Pintón; 4, Rosado; 5, Rojo pálido y 6, Rojo.....	58
Figura 3.3	Formato para evaluar forma del fruto en tomate bola	59
Figura 4.1	Gráfico altura de plantas de tomate (CELALA-INIFAP, 2007).....	62
Figura 4.2	Gráfico nudos de plantas de tomate (CELALA-INIFAP, 2007).....	63
Figura 4.3	Gráfico floración de plantas de plantas (CELALA-INIFAP, 2007).....	65

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) es una de las hortalizas más importantes en el mundo; su popularidad aumenta constantemente debido a su gran valor nutritivo e importancia económica (Esquinas y Nuez, 2001). En México el tomate está considerado como una de las principales hortalizas. Lo anterior ha originado buscar mecanismos para aumentar los volúmenes de producción, siendo los invernaderos, una buena opción (Muñoz, 2003).

Una de las grandes ventajas de la producción en invernadero es obtener cosechas durante todo el año, variando dicha producción en función de la tecnificación de los invernaderos; dichas estructuras mejoran las condiciones ambientales para incrementar la productividad, garantizando, en gran parte, que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003).

La producción hortícola en invernaderos se ha incrementado gradualmente en la República Mexicana y éstos están destinados principalmente al cultivo del tomate (Nelson, 1994).

Actualmente, existe un interés especial por los consumidores de hortalizas frescas y alimentos en general, de conocer la manera en que éstos se cultivaron, prefiriendo aquellos de mejor calidad e inocuos. Lo anterior origina, buscar métodos de producción sustentables (Nuez, 2001).

La agricultura orgánica apunta a proteger el equilibrio natural y producir sin dañar el ambiente, existiendo una tendencia mundial por consumir productos inocuos y preferentemente orgánicos; dicho mercado registra tasas de crecimiento significativas tanto en la producción como en la demanda, sin embargo la producción es menor a la demanda, siendo Europa, Japón y América del Norte las principales regiones consumidoras de estos productos. Lo que genera nuevas oportunidades de exportación sin embargo, la problemática de la agricultura orgánica, en parte, es el tiempo que debe transcurrir sin aplicación alguna de agroquímicos, incluyendo los fertilizantes que es de tres a cinco años, por lo que es necesario encontrar un sustrato que elimine dicho tiempo de espera, además de suministrar elementos nutritivos y

soporte, siendo una buena opción el compost, debido a la gran cantidad de elementos nutritivos contenidos en este, sin embargo es difícil usarla como tal, debiéndose mezclar con un sustrato inerte ya sea arena o perlita, entre otros, que garanticen cierto grado de aireación y un buen desarrollo radicular.

Actualmente existen en el mercado productos comerciales de compost factibles de utilizar; siendo uno de estos el Biocompost. Una mezcla ideal entre Biocompost y sustratos inertes garantiza que además de producir orgánicamente originando la generación de un sobrepeso, se evita la aplicación excesiva de fertilizantes dando como resultado un producto libre de productos sintéticos (Muñoz, 2003).

Una opción para la producción orgánica en invernadero es utilizar un sustrato no inerte, que provea elementos nutritivos y sobre todo, se disminuya la aplicación de fertilizantes inorgánicos. En la Comarca Lagunera, una de las principales cuencas lecheras del País, se puede utilizar el estiércol, subproducto de la actividad antes mencionada. No obstante, éste deberá compostarse fomentándose así la inocuidad alimentaria.

Es conveniente señalar que los elementos nutritivos contenidos en el estiércol composteado pudieran ayudar a disminuir la aplicación de fertilización inorgánica; caso contrario, si se produce en medios inertes como la arena, perlita, lana de roca, etc., donde la totalidad de elementos nutritivos deben ser aportados, los cuales además del potencial fuente de contaminación, encarecen considerablemente el proceso de producción (Castilla, 2001).

Por otro lado, el uso de plaguicidas certificados garantiza una producción sustentable en invernadero, ya que en dicho sistema de producción las aplicaciones contra organismos dañinos son constantes; lo anterior, fomenta la salud del ecosistema, de los trabajadores así como de los consumidores.

Así pues, logrando mezclar los sustratos orgánicos con fertilización orgánica e inorgánica, basando el control de enfermedades y plagas con productos orgánicos, se puede concebir una producción sustentable bajo invernadero. Aunado a lo anterior, una parte indispensable de un sistema de producción es sin duda, la utilización del genotipo adecuado, para lo cual resulta necesario realizar evaluaciones de genotipos

para determinar el mejor material que se adapte a las condiciones imperantes en la región en cuestión (Navejas, 2002).

La actividad productiva del cultivo de tomate es de relevancia importante para México, ya que genera un alto nivel de divisas para nuestro país, utiliza un elevado número de mano de obra y proporciona una derrama económica considerable por el monto de insumos.

1.1. Objetivos

- Determinar la respuesta del cultivo del tomate a la fertilización orgánica e inorgánica en diferentes sustratos.
- Determinar la calidad de frutos y rendimiento de un genotipo desarrollado en diferentes sustratos.

1.2. Hipótesis

- Los fertilizantes orgánicos mejoran el rendimiento y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.
- Es posible la producción de tomate orgánico bajo invernadero.

1.3. Meta

- Generar recomendaciones técnicas para el uso adecuado de un híbrido en referencia su rendimiento, en diferentes sustratos; y fertilizaciones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de tomate

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 cierto tipo de cánceres (Casseres, 1984). Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños de transporte (Berenguer, 2003).

2.1.1. 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 abundancia de tipos silvestres. México está considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación de tomate (Nuez, 2001).

2.1.2. Clasificación taxonómica del tomate

De acuerdo a Esquinas y Nuez (2001) la taxonomía del tomate es la siguiente:

Nombre común:	Tomate o jitomate
Nombre científico:	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill
Clase:	Dicotiledóneas.
Orden:	Solanes (personatae)
Familia:	Solanaceae
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Lycopersicon</i>
Especie:	<i>esculentum</i>

2.1.3. Características morfológicas del tomate

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

2.1.3.1. Raíz

El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. Este sistema es de tipo fibroso y robusto, consta de una raíz principal típica de origen seminal y numerosas raíces secundarias y terciarias; la raíz principal alcanza en promedio 60 cm de profundidad, aunque puede alcanzar hasta 180 cm de profundidad, sin embargo, cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias 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).

2.1.3.2. Tallo

Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras, alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando 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 invernadero (Valadéz, 1990).

En cada axila de las hojas del tallo principal suele brotar una yema que se convertirá en un tallo si no es eliminado; por tal motivo se establece que bajo condiciones de invernadero es necesario controlar estas ramificaciones mediante podas. 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 operaciones culturales de laboreo, aporcado y el rehundimiento de los cultivos enarenados e hidropónicos (Serrano, 1979).

2.1.3.3. Hoja

Las hojas constan de limbos compuestos por siete a nueve folíolos. El haz de la hoja es de color verde y el envés de color grisáceo. La disposición de 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 borde dentado, recubiertos de pelos granulares. 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 (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, constan de un nervio principal (Garza, 1985).

2.1.3.4. Flor

La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex (Chamarro, 2001).

El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. La inflorescencia se forma a partir del 6° ó 7° nudo en plantas de hábito determinado y posteriormente los racimos florales nacen cada una ó dos hojas, en las plantas de hábito indeterminado. La inflorescencia

aparece a partir del 7° ó 10° nudo y después cada tres ó cuatro van apareciendo las inflorescencias (Valadéz, 1990).

2.1.3.5. Fruto

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

Además, el tomate es una baya biplurilocular que puede alcanzar un peso que oscila de unos pocos miligramos hasta 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del peciolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Chamarro, 2001).

2.1.3.6. Semilla

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

2.1.3.7. 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 cierto tipo de cánceres. Comparado con otro tipo de 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 presentan valores promedios de los componentes químicos de mayor interés del tomate.

Cuadro 2.1. Principales componentes químicos del fruto del tomate (Chamarro, 2001).

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

2.2. Invernaderos

2.2.1. Generalidades del invernadero

Un invernadero se define 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. Un cultivo forzado o protegido se define como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo crece en un microclima acondicionado el ambiente climático, el cultivo forzado también incluye técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, así como de sanidad vegetal; es decir prácticas que inciden notoriamente en los objetivos que persigue el cultivo protegido tales como incremento en la producción, precocidad y mayor calidad de la cosecha. Además de lo anterior el cultivo se orienta a la producción de especies vegetales de origen climático diferente del ambiente natural donde se desea cultivarlas (Rodríguez y Jiménez, 2002).

2.2.2. Ventajas de la producción en invernadero

Una de las técnicas de producción más empleadas durante los últimos 15 años han sido los invernaderos que permiten incrementar la producción, hasta en un 300 por ciento, en relación al método tradicional del cultivo. Carvajal *et al.* (2000) mencionan que el utilizar el riego por goteo, el ahorro de agua puede ser del orden del 40% en relación al método de riego superficial.

Según Sánchez y Favela (2000) entre las ventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero se destacan las siguientes: 1) programación de las cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto, 2) precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible el logro de hasta tres cosechas por año, 3) aumento del rendimiento hasta en un 300%, respecto a los cultivos desarrollados a la intemperie, 4) mayor calidad de frutos, flores y hortalizas, ya que éstos son más uniformes, sanos y de mejor calidad, 5) ahorro de agua (riego por goteo, microaspersión y subirrigación), se puede llegar a recuperar del 60 al 80% del agua aplicada que se evapotranspira, 6) mejor control de plagas y enfermedades, 7) siembra de variedades selectas con rendimientos máximos, 8) balance adecuado de agua, aire y elementos nutritivos, 9) no se depende de fenómenos meteorológicos.

2.2.3. Desventajas de Producir en Invernadero

Sánchez y Favela (2000) destacan que las desventajas para producir bajo condiciones de invernadero son: 1) se requiere de una alta especialización, empresarial y técnica de las personas que se dedican a esta actividad, 2) alto costo de los insumos, 3) las instalaciones y la estructura representan una elevada inversión inicial, 4) un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas, 5) es necesaria la automatización del invernadero para el control del ambiente, 6) se puede favorecer el desarrollo de enfermedades, por lo que se requerirá de aplicaciones más fuertes de productos químicos.

La producción del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero ha permitido obtener frutos de mayor calidad y mayor rendimiento, en cualquier época del año, a la vez permite alargar el ciclo de cultivo, lo cual permite producir en las épocas del año más difíciles y por consiguiente obtener mejores precios (Infoagro, 2003).

2.2.4. Exigencias de clima

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 el resto de los factores involucrados en la producción agrícola (Sade, 1998, Castilla, 1999).

Muñoz (2003) comenta que la productividad del cultivo de tomate en cierto grado, suele estar limitada por luz, temperatura, nutrición y abastecimiento de agua. A gran escala, la importancia relativa de estos factores depende de la latitud y a nivel región o área depende de la fisiografía y condiciones ambientales particulares del lugar.

Los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero de acuerdo con Chamarro (2001) son los siguientes:

2.2.4.1. Temperatura

A temperaturas excesivas, más de 35 °C, las plantas detienen el crecimiento y su floración, mientras que a temperaturas inferiores, entre 10° y 15 °C, se originan problemas en el desarrollo y germinación. A temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C, la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está influenciada por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, valores cercanos a 10 °C y superiores a 30 °C originan tonalidades amarillentas (Sade, 1998).

Rodríguez y Jiménez (2002) mencionan que durante la mayor parte del ciclo productivo, la temperatura del invernadero es excesiva tanto para el buen rendimiento del cultivo como para los trabajadores, el reducir la temperatura es uno de los problemas de la horticultura protegida, por que no es fácil refrigerar el invernadero sin invertir en cantidades relativamente altas en instalaciones y equipos. Los cuatro factores que permiten reducir la temperatura son: la reducción de la radiación solar que llega al cultivo, la evaporación del cultivo, la ventilación y la refrigeración por medio de agua en sus diferentes formas.

Por otra parte la temperatura del sustrato interviene en el crecimiento y absorción de elementos nutritivos, a temperaturas inferiores a 14 °C el crecimiento se

inhibe y entre 18 y 12 °C la absorción de fósforo disminuye en un 50%. La temperatura tiene acción directa sobre el rendimiento final y el calibre del fruto (Chamarro, 2001).

2.2.4.2. Humedad

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 porcentaje, se mide con los siguientes aparatos: higrómetros e higrógrafos.

Cuando la humedad relativa está en exceso en un invernadero hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración, hay aborto de flores, se aumentan las enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Cuando la humedad es deficiente, existe una deshidratación de los tejidos, hay menor desarrollo vegetativo por cierre de estomas, deficiente fecundación y caída de flores. Se menciona que la humedad óptima ambiental para el cultivo de tomate es de 50% con una mínima de 40% y una máxima de 60% (Burgeño, 2001).

La humedad relativa elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El agrietamiento del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. Una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor. Valores extremos de humedad reducen el cuajado de tomate ([infoagro, 2004](#)).

La humedad relativa del invernadero 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 y no se conoce completamente su relación con el desarrollo de las especies vegetales.

2.2.4.3. Luminosidad

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación (Calvert, 1973).

La luz es una variable climática fundamental que influye en el crecimiento del tomate. El tomate es una hortaliza exigente en luz. Lo es durante todo su desarrollo, pero muy especialmente en la etapa vegetativa y de floración. De hecho se ha

demostrado que cuando falta luz en las primeras semanas de desarrollo del tomate se resiente en los rendimientos de forma irreversible, ya sea por lo menor producción de hojas, por menor número de flores diferenciadas por racimo, por el menor peso y tamaño de los frutos formados o por mayor tiempo requerido para la maduración (Resh, 1997).

2.2.4.3.1. Radiación en invernadero

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

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

2.2.4.3.2. La Radiación en el cultivo de tomate

Horward (1995) señaló que el tomate es insensible al fotoperiodo. Una iluminación limitada puede inducir en forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo. La densidad de siembra, el sistema de poda y el tutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en época invernal cuando la radiación es más limitante, por que la reducción implica una reducción lineal de la cosecha (Cookshull, 1988). Una radiación total diaria de $0.85 \text{ Mj}\cdot\text{m}^2$ es la mínima requerida para el cuajado y floración del tomate siendo preferible mayor iluminación en menor periodo de tiempo que iluminaciones más débiles en mayor tiempo. (Horward, 1995).

El empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones en la radiación

interior con incidencia negativa en la producción. La práctica de blanquear el invernadero, a fin de reducir las altas temperaturas en primavera, reduce la radiación. Es preferible dotar a los invernaderos de una ventilación más eficiente (ventanas cenitales) y evitar las prácticas que reducen la radiación y por lo tanto la producción. Con baja iluminación la polinización será insuficiente y el tamaño del fruto menor (Van de Vooren *et al*, 1989).

2.2.4.4. Contenido de CO₂ en el aire

La concentración de CO₂, de la atmósfera libre es de 340 ppm aproximadamente, sin embargo, esta cantidad es muy variable dentro de un invernadero. Se puede ver que en las primeras horas de la mañana en un día despejado, la concentración de CO₂ dentro del invernadero alcanza niveles muy bajos, cercanos a las 200 ppm (Alpi y Tognoni, 1999).

El CO₂ es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las plantas a partir del humo del calentamiento. Pero desgraciadamente, las necesidades de la planta de CO₂, y los períodos en que necesita la calefacción no son los mismos. Los factores que limitan la fotosíntesis son el agua; el CO₂, los elementos nutritivos, pero también la luz, como fuente de energía, que permiten la síntesis de los azúcares. Una hectárea de invernadero tiene alrededor de 40 000 m³ de aire, es decir 14 m³ o 27 kg de CO₂ para una hora de fotosíntesis a 350 w•m², sin ventilación. El enriquecer al invernadero con CO₂ cuando la luz es insuficiente no debe de realizarse porque no se aprovecharía. En el verano, el aporte de CO₂ es mayor, dado que la luz es más intensa. Pero, como es necesario airear el invernadero permanentemente, se deberá utilizar un porcentaje bajo de CO₂ para evitar pérdidas del mismo. Para llegar a niveles elevados de CO₂, es decir 1000 a 1500 ppm, se deben inyectar de 70 a 100 kg de CO₂ por hora por hectárea de invernadero (Ferreira, 2002).

2.2.5. Estadísticas de invernaderos

En el 2003 se menciona que existían alrededor de 700 mil hectáreas de invernadero en el mundo (Marín, 2003). En México, en el año 2004, existían 2800 ha

de invernaderos, en las cuales el 73% estaban cultivadas con algún tipo de tomate; 49% de dicho porcentaje, estaban produciendo tomate bola (Molina, 2004).

2.3. Antecedentes de producción orgánica

San Juan (2005) encontró trabajando con fertilizantes orgánicos bajo invernadero un rendimiento de 134.39 ton ha⁻¹ con el híbrido Bosky, y 140 ton ha⁻¹ en el híbrido Big Beef bajo las mismas condiciones.

De León (2004) tuvo como resultado una producción de 93.91 ton ha⁻¹ con el híbrido Andre con un tratamiento de vermicomposta y arena al 50%, 89.88 ton ha⁻¹ con el material Boski bajo el mismo tratamiento, mientras que también obtuvo 71.27 ton ha⁻¹ con el híbrido Andre con un tratamiento de Biocompost y arena a razón de 50%.

Así también Chávez (2004) después de estudiar siete híbridos bajo diferentes tratamientos de arena más compost y arena más perlita en diferentes porcentajes concluyó que sus mejores rendimientos se obtuvo en arena y compost (37%) y el híbrido Andre con un rendimiento de 89.33 ton ha⁻¹, seguido de perlita y compost (50%) con 77.54 ton ha⁻¹ con el híbrido Boski, aunque también concluye que los costos por el uso de perlita en lugar de arena aumentan considerablemente.

Reis *et al.* (2001) aplicaron compost de residuos orgánicos como sustrato en la producción de planta de tomate bola, la composta fue usada como sustrato sola y en mezcla con turba en la proporción de 25, 50 y 75 % de compost. Obtuvieron buen desarrollo de semillas de tomate usando incorporación de compost de una mezcla de 100% de corteza de pino y 50% de orujos de parra (vid).

2.4. Ventajas y Desventajas de la producción orgánica

2.4.1. Ventajas

Según Fitzpatrick (1996) la incorporación de materia orgánica al suelo se puede reportar los siguientes beneficios: A) mejora y estabiliza la estructura del suelo, B) aumenta la capacidad de retención de agua, C) se incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC), D) mejora las condiciones para el crecimiento microbiano,

E) absorbe y desactiva pesticidas orgánicos. F) disminuye la toxicidad del aluminio, y G) sirve como reservorio de elementos nutritivos.

2.4.2. Desventajas

Según la USDA (2002), debe cumplir la siguiente especificación. A) antes de que se pueda etiquetar un producto como orgánico, un certificador aprobado por el gobierno inspecciona la finca donde el alimento es producido para asegurar que el granjero sigue todos los reglamentos para cumplir con los estándares para productos orgánicos, B) las compañías que manejan o procesan productos orgánicos antes de que estos lleguen al mercado o al restaurante deben también estar certificadas y C) se tiene que tener en cuenta sobre un buen control de calidad para el método de inspección.

2.5. Producción de tomate orgánico

La producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002), pero si bien la cosecha es orgánica, los rendimientos son bajos, con respecto a la producción a campo abierto por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimientos mucho más elevados, conllevando obviamente la aplicación de insumos orgánicos para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo.

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

2.5.1. Producción de tomate orgánico en invernadero

La producción en invernadero, permite obtener cinco veces más producción a lo obtenido en campo. Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89.64 t ha⁻¹, en mezcla de sustrato de compost mas arena sin fertilizar, y superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo en 8.96 veces.

Dodson et al. (2002) citan que de no efectuarse un efectivo control de plagas y patógenos, éstos puede llevar al exterminio total del cultivo de tomate, lo anterior origina que la mayoría de los productos agroquímicos se apliquen de manera preventiva y continúa, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, originando que el fruto lleve altas cantidades de residuos de agroquímicos, cabe señalar que la fertirrigación no es admitida en el manejo orgánico, debido a la aplicación de fertilizantes químicos (NOM.037 FITO, 1995; FAO, 2001; NOP, 2004); aunado a lo anterior, además de contaminar de agroquímicos el fruto, el costo de los insumos por este rubro, incrementa considerablemente los costos de producción.

2.6. Labores Culturales

2.6.1. Produccion de Plántula

Tradicionalmente el propio agricultor establecía el semillero en cama caliente y con protección térmica utilizando lámina de plástico o carrizo; la siembra era al voleo o chorrillo y para el trasplante, a raíz desnuda. Hoy en día, el alto costo de la semilla (híbridos) ha generalizado el uso de charolas germinadoras, prensados de turba, macetillas de plástico rellenas de sustrato para trasplantar con cepellón, que cuentan con instalaciones adecuadas ya sea con cámaras de germinación o invernadero. El sustrato mas empleado es la mezcla de turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes (Castilla, 1999).

2.6.2. Trasplante

El trasplante del cultivo de tomate debe realizarse con plántulas de 10 a 15 cm de altura y de 3 a 5 hojas verdaderas, eliminando aquéllas que presenten síntomas de enfermedades o un desarrollo anormal. Belda y Lastre, (1999) recomiendan dar un

riego después del trasplante y el aporcado de plantas para evitar encharcamiento en la zona del cuello. En cultivos enarenados, el cepellón debe colocarse entre la arena y el suelo evitando que el cuello de la planta quede demasiado enterrado. En algunas regiones de México antes de plantar es usual sumergir o mojar el cepellón con algún fungicida (Castilla., 1999).

Además es importante no demorar el trasplante cuando la planta está a punto, pues los retrasos afectan negativamente a la futura producción. Tras el trasplante, se da un riego a fin de conseguir buena humedad en el entorno radicular y un buen contacto del cepellón trasplantado con el suelo circundante, que permita un buen desarrollo radicular (Castilla, 1999).

Rodríguez *et al.* (1997) y Castilla (2001), señalan que el trasplante bajo invernadero debe realizarse con cepellón. Debiendo tener los siguientes cuidados cuando la plántula está preparada para el trasplante: a) proteger la plántula de la radiación solar, b) sumergir o mojar el cepellón en algún fungicida antes de trasplantarse, c) desechar las plantas que no sean óptimas, d) realizar el trasplante en los momentos de menos calor, para obtener así una mejor pega, ya que la época de plantación es generalmente en pleno verano, e) al momento del trasplante la planta debe tener una altura de 10 – 15 cm y con 6 – 8 hojas verdaderas ya formadas, y f) tras el trasplante, se da un riego a fin de conseguir buena humedad en el entorno radicular y un buen contacto con el cepellón.

2.6.3. Poda de Formación

Anderlini (1996) señala que la poda sirve para equilibrar el follaje de la planta de tomate en beneficio de la fructificación de la planta. La poda significa eliminar los pequeños brotes laterales. Los brotes no deberán tener más de 2 o 3 cm de longitud, de otro modo la planta no podrá soportarlos. Cuando un brote axilar se encuentra excesivamente desarrollado formando tallos secundarios, es más beneficioso limitarse a su despunte. Horward (1995) agrega que los brotes que no son podados a tiempo consumen gran cantidad de energía de la planta que de alguna manera estaría destinada para un mejor crecimiento.

La poda es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado, que son las comúnmente cultivadas en invernadero. Se realiza a los 15 o 20 días después del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo se determina el número de brazos (tallos) a dejar suelen dejarse tres y hasta cuatro tallos (Infoagro, 2003).

2.6.4. Aporcado y Rehundido

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

2.6.5. 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 (destallados, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades (Horward, 1995).

Con esta práctica la planta se suspende mediante un hilo, atado a la estructura del invernadero sobre el que se va enrollado el tallo principal conforme va creciendo, a modo de carrete que permite soltar el hilo, y continuar indefinidamente con la parte productiva de la planta erguida en la misma altura (Canovas, 1999).

La sujeción de la planta 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 de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (de 1.8 a 2.4 m sobre el suelo) (Infoagro, 2003). Por otro lado, Zaidan y Avidan (1997) indican que la altura de la planta de tomate debe ser entre 2.5 y 3 metros.

2.6.6. Desbrotado o destallado

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible, semanalmente en verano y otoño, y cada 10 ó 15 días en invierno, para evitar la pérdida de biomasa y la posible entrada de enfermedades. Además, cuando se eliminan los brotes es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante (Johnson y Rock, 1975).

2.6.7. Deshojado

Es recomendable eliminar de la planta tanto las hojas senescentes como las hojas enfermas, con el objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos. Las hojas deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando la fuente de inóculo de plagas y enfermedades. Las hojas se podan con tijeras, y solo se quitan de dos a tres hojas arriba del ramillete maduro a la vez, a fin de no afectar la planta y proteger el fruto del sol lo más posible y tener un buen crecimiento vegetativo y producción de fruto. (Horward, 1995). Bautista y Alvarado (2006) mencionan que de no hacer esta práctica, se genera un micro ambiente de alta humedad en la parte inferior, que por un lado, es propicio para el desarrollo del tizón tardío y *botritis* y, por otra parte, disminuye la penetración de luz, lo cual retarda la maduración de los frutos.

2.6.8 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en remillete, 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 se haya amarrado el número de frutos requeridos y antes de que comiencen a engordar (llenar) los frutos indeseables (Horward, 1995).

2.6.9. 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 este momento existen tres opciones: 1) bajar la planta

descolgando el hilo, lo cual conlleva un costo adicional en mano de obra. Este sistema está empezando a inducirse con la utilización de un mecanismo de sujeción denominado “holandés” o “de perchas”, que consiste en colocar las perchas con hilo enrollado alrededor de ellas para ir dejándolo caer conforme la planta va creciendo, sujetándola al hilo mediante clips. De esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo al máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de la calidad del fruto y un incremento de la producción, 2) dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad, 3) dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado.

2.6.10. Arreglo Topológico

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1.5 metros entre líneas y 0.5 metros entre plantas. Cuando se tutoran las plantas con perchas las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando pasillos amplios (aproximadamente de 1.3 m) para la bajada de perchas y una distancia entre líneas conjuntas de 70 cm (Zaidan y Avidan, 1997).

Existen métodos de hilera sencilla o doble, con un espaciamiento entre plantas que oscila entre 25 - 30 cm en hileras sencillas y 40 - 50 cm en hileras dobles. En términos generales, la densidad población normalmente oscila entre 2.0 a 2.5 plantas m^{-2} (Horward, 1995). La densidad del cultivo depende del vigor de la variedad. Las densidades varían de 1.5 hasta 2.5 o 3 plantas m^{-2} , siendo lo normal 1.9 plantas m^{-2} según el vigor varietal, fertilidad del sustrato, salinidad del suelo y del agua de riego (Escudero, 1993). Márquez y Cano (2004) recomiendan utilizar para invernadero una densidad de 4 plantas por metro cuadrado.

2.6.11. Fertirrigación

Se entiende por fertirrigación la aplicación de sustancias nutritivas necesarias para las especies vegetales en el agua de riego, aplicándolas en cantidad, proporción y forma química requerida por las plantas, según su etapa fenológica, ritmo de

crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que se logre 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 se aplica en relación de la naturaleza de la planta, de su estado de desarrollo, de las condiciones climáticas, de la intensidad lumínica, de la longitud 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 las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción del agua aumenta significativamente. Por lo tanto la frecuencia de los ciclos de riego 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 del medio, para que se puedan evacuar los elementos excesivos a través del sustrato; de no ser así se formarían niveles de sales que causarían un retraso en el crecimiento e incluso una toxicidad en las plantas y su posterior muerte (Lomelí, 1999).

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 ira en aumento con el desarrollo de las plantas, y alcanzará el nivel de 5-10 veces por día durante el máximo consumo. La lámina diaria será dividida durante el día (Zaidan y Avidan, 1997). Estos Autores mencionan los requerimientos de elementos nutritivos por etapa fenológica (Cuadro 2.2).

Lupin *et al.* (1996) señalan 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 esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados a continuación.

Cuadro 2.2 Concentración de elementos nutritivos por planta (Zaidan y Avidan, 1997) CELALA-INIFAP, 2007.

Estado de la planta	Elementos Nutritivos (mg L ⁻¹)				
	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	180-200	40-50	230-250	100-120	40-50

NITROGENO (N). Forma parte de un gran número de compuestos orgánicos necesarios, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila. (Resh, 1996).

FÓSFORO (P).- Interviene en la formación de muchas nucleoproteínas y ácidos nucleicos y fosfolípidos. Tiene importancia vital en la división celular, la respiración y fotosíntesis así como en la acumulación de energía en compuestos ATP y NADP. (Resh, 1996). El fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores. En ocasiones se abusa de él, buscando un acortamiento de entrenudos en las épocas tempranas en las que la planta tiende a ahilarse (Zaidan y Avidan, 1997).

POTASIO (K).- Sirve para regular el potencial osmótico, además interviene fisiológicamente en la síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares y estimulación (Resh, 1996).

CALCIO (Ca).- Forma compuestos que son parte de las paredes celulares, ayuda a reducir el nitrato (NO₃) en la planta, se requiere en altas cantidades por las bacterias fijadoras de Nitrógeno. (Resh, 1996).

MAGNESIO (Mg).- Forma parte de la molécula de clorofila la cual produce hidratos de carbono, interviene también en la síntesis de los aceites vegetales. (Resh, 1996).

BORO (B).- Su papel en la planta no es muy conocido. Puede ser preciso para el transporte en el floema de los carbohidratos. (Resh, 1996).

AZUFRE (S).- Normalmente el azufre es utilizado en forma de sulfatos (SO_4)-3. Sus principales fuentes son: Sulfato de amonio, Sulfato de potasio, Superfosfato, Sulfato de magnesio y Sulfato de calcio (Sánchez y Escalante, 2001)

MANGANESO (Mn). Induce de modo desconocido la síntesis de la clorofila y se requiere para la evolución de O_2 en la fotosíntesis. Es proporcionado como Sulfato, Cloruro o quelatos de manganeso (Sánchez y Escalante, 2001).

COBRE (Cu). Es elemento traza pero forma parte de enzimas, es esencial en la citocromo-oxidasa que permite la oxidación respiratoria final. Sus principales fuentes son el sulfato y Cloruro de cobre (Sánchez y Escalante, 2001).

2.6.11.1. Calidad de agua de riego

Es importante el aprovechamiento del contenido en el agua de riego de iones como Ca^{++} , Mg^{++} y SO_2^{-4} . Debido al contenido salino de las aguas, las precipitaciones de fosfatos y sulfatos de calcio y, fundamentalmente, la carbonatación de los residuos de bicarbonatos de calcio y la desecación de disoluciones salinas pueden producir obturación de goteros. Para evitar dicha obturación se utilizan disoluciones madres ácidas, en función de la calidad del agua de riego y manteniendo, al mismo tiempo, las relaciones óptimas de elementos nutritivos además de realizar diariamente un lavado al final de la fertilización con HNO_3 diluido, a pH de 3,5 a 6, según el substrato, o con la misma agua de riego (Cadahía, 1999).

2.6.12. Polinización

La polinización deberá efectuarse mientras 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 AM y la 1:00 PM en días soleados, para obtener los mejores resultados. La investigación ha demostrado que una humedad relativa del 70 % es la mejor para la polinización, cuajado de fruto, y posterior desarrollo de éste. Una humedad más elevada guarda el polen húmedo y pegadizo, con excepción del mediodía, y disminuye la posibilidad de que se transfiera

suficiente cantidad de polen desde las anteras hasta el estigma. Un ambiente demasiado seco, con humedad relativa inferior al 60 – 65 % causa la desecación del polen. Las temperaturas del invierno no deberán bajar 15 °C durante la noche, ni exceder de 29 °C durante el día. Con temperaturas superiores o inferiores, la germinación del polen y el desarrollo del tubo polínico se ven fuertemente reducidos (Bautista y Alvarado, 2006)

Rodríguez, *et al.* (1997) menciona que los factores que influyen en el problema de la polinización del tomate bajo invernadero son los siguientes: la calidad de la flor, la iluminación, humedad relativa y temperatura.

2.7. Plagas y Enfermedades del tomate

En el cultivo del tomate se han reportado, a nivel nacional, un gran número de plagas y enfermedades de etiología fungosa, bacteriana, viral y nematodos, las cuales afectan drásticamente la producción de tomate trayendo como consecuencia una disminución considerable de las siembra de esta hortaliza en los diferentes estados productores de la república Mexicana. Las principales plagas del tomate son: acaro del bronceado, araña roja, minador de la hoja, moscas blancas, pulgones, trips, gusano soldado, del fruto y alfiler mientras que las enfermedades que se consignan en la planta son: ahogamiento o damping-off, tizón temprano, tizón tardío, marchitamientos por fusarium y verticillium, pudrición de la corona y raíz, cenicilla, peca bacteriana, mancha bacteriana, y un complejo de virus transmitidos por pulgones, trips y mosquita blanca (Cano *et al.*, 2002).

2.7.1. Plagas

2.7.1.1. Mosca Blanca

Ortega (1999) indica que a nivel mundial se reportan 1200 especies de mosca blanca, incluidas en 126 géneros; sin embargo, en México solo son reconocidas como especies de importancia económica *Bemisia tabaci* (Genn.), *Trialeurodes vaporariorum* (West) y *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring).

Cano *et al.* (2004) comentan que la especie de mosquita blanca que se han encontrado en la comarca lagunera, en cuanto al número de especies presentes y

considerando de primordial importancia, la *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolii*, (Bellows & Perring) o también conocida como mosquita blanca, las cuales han causado mayores daños con la cual se tiene problemas actualmente.

Trialeurodes vaporariorum (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius.). Los daños directos son (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Ambos tipos de daños se convierten en importantes cuando los niveles de población son altos (Mejía *et al.*, 1999). Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus.

Síntomas de la planta de tomate. El daño producido por la alimentación de la mosca blanca es similar al causado por los áfidos e incluye la producción de melaza (y el hongo negrilla que crece en ésta), el moteado clorótico, clorosis foliar, moteado del fruto, el enanismo y marchitamiento de las plantas. La mosca blanca de la batata se ha convertido en una plaga reciente en Florida, donde produce una alteración caracterizada por la inhibición de la maduración normal de secciones longitudinales del fruto. La etiología de esta alteración es desconocida por el momento. La mosca blanca de la batata también afecta al tomate internamente. Algunos cultivares comerciales de tomate suelen exhibir cierta cantidad de tejido interno blanco cuya severidad aumenta al incrementar las poblaciones de mosca blanca (Schuster 2001).

Planteamientos para el control de mosca blanca. Utilizar malla antiáfidos para cubrir los invernaderos por donde se realiza la ventilación. No asociar cultivos en el mismo invernadero. No abandonar los brotes al final del ciclo, ya que los brotes jóvenes atraen a los adultos de mosca blanca. Utilizar barreras físicas de bandas amarillas de plástico con pegamento Pegafin 50 o Biotac, rodeando los lotes comerciales. Cultivos trampas y barreras vivas, los más utilizados son. Zacate sudán, sorgo, berenjena, maíz y algunas plantas olorosa como albahaca y cilantro. Utilizar

jabones agrícolas entre estos se mencionan los siguientes M-Pede (1.0 litros•ha), SAP (1.0-2.0 litros•ha), Foca (1.25 g•ha), Vel rosita (1 litro•ha).

Métodos preventivos y técnicas culturales para el control (Infoagro, 2003)

- Colocación de mallas en las bandas de los invernaderos.
- Limpieza de malas hierbas y restos de cultivos.
- No asociar cultivos en el mismo invernadero.
- No abandonar los brotes al final del ciclo, ya que los brotes jóvenes atraen a los adultos de mosca blanca.
- Colocación de trampas cromáticas amarillas

Control biológico mediante enemigos naturales (Infoagro, 2003)

Principales parásitos para el control de larvas de mosca blanca.

- *Trialeurodes vaporariorum*. Fauna auxiliar autóctona: *Encarsia formosa*, *Encarsia transvena*, *Encarsia lutea*, *Encarsia tricolor*, *Cyrtopeltis tenuis*. Fauna auxiliar empleada en sueltas: *Encarsia formosa*, *Eretmocerus californicus*.
- *Bemisia tabaci*. Fauna auxiliar autóctona: *Eretmocerus mundus*, *Encarsia transvena*, *Encarsia lutea*, *Cyrtopeltis tenuis*. Fauna auxiliar empleada en sueltas: *Eretmocerus californicus*

Control Químico. Belda y Lastre (1999) comentan que para el control de la mosca blanca son necesarios tratamientos con ésteres fosfóricos como metidación o con piretroides como Bioresmetrina y Permetrina: alfa-cipermetrina, *Beauveria bassiana*, cipermetrina, malation, deltametrina. Mencionan el uso de Buprofezin, Teflubenzuron imidacloprid, Metomilo lambda cihalotrin, metil-pirimifos, metomilo + piridafention, piridaben, piridafention, tralometrina, usando recomendaciones por técnicos.

Ávila (1989) reportó un control eficiente de *Bemisia tabaci* con Permetrina y Endosulfan sin embargo, la Permetrina es un producto que no se ha autorizado para el control de este cultivo en México.

Control biológico. Hongos entomopatógenos. Los que se han utilizado en México son: *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana*. (Caro, 2001).

2.7.1.2. Pulgón

Aphis gossypii (Sulzer) (HOMOPTERA: Aphididae) y *Myzus persicae* (Glover) (HOMOPTERA: Aphididae). Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, mientras que las de *Myzus* son completamente verdes (en ocasiones pardas o rosadas). Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas (Infoagro, 2003).

Métodos preventivos y técnicas culturales (Infoagro, 2003)

- Colocación de mallas en las bandas del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior.
- Colocación de trampas cromáticas amarillas.

Control biológico mediante enemigos naturales (Infoagro, 2003)

- Especies depredadoras autóctonas: *Aphidoletes aphidimyza*.
- Especies parasitoides autóctonas: *Aphidius matricariae*, *Aphidius colemani*, *Lysiphlebus testaceipes*.

Control químico. Belda y Lastre (1999) así como Lacasa y Contreras (2001) indican un control eficiente en invernadero mediante: Imidacloprid etiofencarb, acefato, cipermetrina, cipermetrina + azufre, metomilo, malation, deltametrina, endosulfan, endosulfan + metomilo, usando recomendaciones por técnicos especializados.

2.7.1.3. Minador de la Hoja

(*Liriomyza spp*, DIPTERA: Agromyzidae). Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una

larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente, aunque no siempre distinguible, entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente a los adultos (Lacasa y Contreras, 2001; Alpi y Tognoni, 1999).

En Infoagro (2003) se mencionan lo siguiente:

Métodos preventivos y técnicas culturales

- Colocación de mallas en las bandas del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- En fuertes ataques, eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.
- Colocación de trampas cromáticas amarillas.

Control biológico para minador de la hoja mediante enemigos naturales. Especies parasitoides autóctonas: *Diglyphus isaea*, *Diglyphus minoeus*, *Diglyphus crassinervis*, *Chrysonotomyia formosa*, *Hemiptarsenus zihalisebessi*.

Opius dimidiatus (ashmead), *Chrysocharis parksi* (Crawford), *Ganaspidiatus utilis* (Beardsley) y *Dyrosigma pacifica* (Yoshimoto).

Especies parasitoides empleadas en sueltas: *Diglyphus isaea*.

Control químico. Materias activas: Avermectina B1 es muy efectivo en larvas, acefato, ciromazina, Naled pirazofos y piretroides. La lucha contra estos parásitos consiste en tratamientos con ésteres fosfóricos y piretroides de síntesis (Alpi y Tognoni, 1999).

2.7.1.4 Ácaro del Bronceado

El *Aculops lycopersici* (Masse) es una plaga exclusiva del tomate. Síntomas: Bronceado o herrumbre primero en el tallo y posteriormente en las hojas e incluso frutos. Evoluciona de forma ascendente desde la parte basal de la planta. Aparece por focos y se dispersa de forma mecánica favorecida por las altas temperaturas y baja humedad ambiental. Para alimentarse, con su estilete inyecta saliva y absorbe el

contenido de la célula. Al principio los órganos afectados toman un aspecto verde aceitoso, luego las células vacías, llenan de aire, proporcionan tonos plateados que adquieren tonos bronceados antes de acartonarse y desecarse, los frutos afectados precozmente ven reducido su desarrollo y la superficie se cubre de una especie de roña de color marrón resquebrajándose el tejido epidérmico suberificado. Cuando las plantas infestadas se tocan entre sí el ácaro pasa de una a otra planta (Lacasa y Contreras, 2001).

Métodos preventivos y técnicas culturales (Infoagro, 2003)

- Cuidar no dispersar la plaga mediante la ropa, calzado, etc.
- Eliminar las plantas muy afectadas.

Control químico (Infoagro, 2003). Materias activas: abamectina, aceite de verano, amitraz, azufre: coloidal, micronizado, mojable, molido, sublimado y micronizado. dicofol, bromopropilato, diazinon, dicofol, endosulfan + azufre, permanganato potásico + azufre micronizado, tetradifon.

Cano *et al.* (2005) comenta que las plagas de mayor importancia que se presentan en la Comarca Lagunera para la producción de tomate orgánico bajo invernadero son: Mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows &Perring y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman); Minador de la hoja (*Liriomyza munda* Frick); el Pulgón (*Aphis gossypii*) y el Acaro bronceado del tomate (*Aculops lycopersici* Masee) ya descritos, y 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.

2.7.1.5 Psílido del tomate (*Bactericera* (Paratrioza) *cockerelli* (Suclc) (Homoptera: Psilidae)). Este insecto a cobrado gran importancia en diversas hortalizas entre las que se encuentran el jitomate, tomate, chile, papa, entre otras. Las plantas

infestadas presentan secreciones serosas a manera de sal, por lo que a esta plaga se le conoce como salerillo (Bautista y Alvarado 2006).

Las hembras fijan los huevecillos en el envés (principalmente márgenes) de las hojas jóvenes mediante un pedicelo; estos son ovals y de color anaranjado-amarillento. Una vez que emergen las ninfas pasan por cinco instares, los cuales presentan características distintivas, estas son poco móviles, por lo cual tienden a formar agregados cerca de las nervaduras de las hojas (Bautista y Alvarado 2006).

Para conocer la abundancia de adultos, se pueden utilizar tarjetas de colores, como son naranja o verde neón; mientras que para ninfas y huevecillos se deben examinar hojas del tercio superior de la planta, al menos 10 plantas por cama con el propósito de decidir el momento oportuno de aplicación de insecticidas contra ninfas de los primeros instares.

Para el control de esta plaga en el Catalogo Oficial de Plaguicidas de Uso Agrícola (1999) solo se mencionan productos químicos como Imidacloprid, Pymetrozine, Piriproxifen, etc. y ningún biorracional. (Bautista y Alvarado 2006).

2.7.2. Enfermedades

2.7.2.1. Damping Off o Secadera de Plántulas

Sánchez (2001) menciona que ésta enfermedad es un problema fuerte en plántulas desde la preemergencia hasta un mes de edad. Las plántulas se pueden marchitar rápidamente causando una drástica reducción de la población. Esto obliga a efectuar labores de resiembra y afecta la programación de planteo; menciona además lo siguiente:

Sintomatología. Las semillas pueden pudrirse antes de la emergencia dando la apariencia de fallas de germinación. Después de la emergencia, las plántulas muestran lesiones en la base del tallo, que lo rodean, y las plantas se marchitan y caen sobre el sustrato.

En caso del *Pythium*, las lesiones son oscuras y acuosas que se inician en las raíces y avanzan por el tallo hasta arriba del nivel del sustrato; en el caso de la *Rhizoctonia*, las lesiones son de café rojizo a oscuras, y pueden afectar las raíces y

el cuello de las plántulas. Después de un mes de edad, o después del trasplante, las plantas normalmente son muy tolerantes y las zonas se restringen a la zona cortical (Sánchez, 2001).

Etiología y Epidemiología. La enfermedad puede ser causada por un complejo de hongos que incluyen a *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* y *Fusarium*. Estos hongos sobreviven por largos periodos en el suelo, y pueden resistir en residuos de plantas enfermas o en raíces de malezas. El Damping Off tiende a ser más severa bajo condiciones de alta humedad del suelo, compactación, ventilación deficiente y ambiente húmedo, nublado y fresco (Sánchez, 2001).

Control. En invernadero se deben usar materiales estériles y mejorar la ventilación. El tratamiento de las semillas con Captan, Dichlone y Thiram; y las aspersiones con Metalaxyl y Captán, pueden ser de gran ayuda en el control de esta enfermedad (Sánchez, 2001).

2.7.2.2. Tizón Tardío

Sánchez (2001) comenta que esta enfermedad es considerada la enfermedad más destructiva del tomate y la papa. El patógeno que la produce tiene gran capacidad para diseminarse y reproducirse rápida y abundantemente. Es la típica enfermedad causante de epifitias, cuyo daño pueden llegar a niveles catastróficos, añade lo siguiente:

Sintomatología. La enfermedad puede afectar rápidamente todos los tejidos aéreos de la planta. En las hojas aparecen manchas irregulares de tamaño variable. Las lesiones son primero de color verde oscuro con márgenes pálidos, los cuales, al haber humedad abundante, muestran filamentos de color blanquecino; después, las lesiones se tornan de color café y pueden invadir toda la lámina foliar. Esto provoca que pierda rigidez y que su pecíolo se doble hacia abajo; también los tallos y las ramas pueden ser afectados de la misma forma, y los frutos dañados presentan grandes manchas de color café rojizo que en ocasiones las cubren por completo (Sánchez, 2001).

Etiología y Epidemiología. El patógeno que causa esta enfermedad es *Phytophthora infestans*. Las esporas de este hongo, pueden ser diseminados a grandes distancias por el viento. El ambiente húmedo y fresco, días nublados y lluviosos, favorecen el desarrollo de esta enfermedad (Blancard, 1996)

Control. La manera más efectiva de controlar el Tizón Tardío es diseñar un buen programa de aspersión de fungicidas basado en un sistema efectivo de pronóstico de la enfermedad. Algunos fungicidas preventivos que se usan son a base de Captafol, Clorotalonil, y Mancozeb. Después que se observan las primeras lesiones se deben de usar productos de acción sistemática; entre estos se mencionan a Metalaxil, Fosetil-Al, Cymoxanil, y otros (Infoagro, 2003).

2.7.2.3. Tizón Temprano

Sánchez (2001) menciona que es una de las enfermedades más importantes del cultivo del tomate, debido a que puede afectarlo en cualquier etapa de su desarrollo, y es capaz de infestar cualquier órgano de la planta, desde la base del tallo, pecíolos, hojas, flores y frutos; añade lo siguiente:

Sintomatología. Los primeros síntomas ocurren en las hojas mas viejas, y consisten en pequeñas lesiones irregulares color café oscuro, en cuyo interior se forman anillos concéntricos, debido a la resistencia que presenta la planta para detener el avance de la infección. Las lesiones pueden crecer hasta alcanzar 1.5 cm de diámetro o más (Sánchez, 2001).

Típicamente las lesiones se rodean de un color amarillo, debido a la producción de toxinas; y cuando las lesiones son numerosas, se pueden unir entre ellas, destruyendo el tejido foliar, afectando la producción y calidad de la fruta. La enfermedad puede causar tizón de las flores, y las lesiones en tallos pecíolos y frutos, normalmente muestran el patrón de anillos concéntricos; además, cuando envejecen, producen un polvillo negro que corresponde a las fructificaciones del hongo (Blancard, 1996).

Etiología y Epidemiología. El agente causal del Tizón Temprano del tomate es el hongo *Alternaria solani*. El patógeno inverna en tejidos de cosecha que permanecen en el suelo, los conidios germinan a temperaturas entre 24-29 °C y ambiente húmedo o lluvioso; estos se diseminan fácilmente a través del aire y de la lluvia.

Control. El método de control más efectivo está basado en la aplicación oportuna de fungicidas preventivos. Algunos de los productos más utilizados son Captofol, Captán, Clorotalonil y Mancozeb (Blancard, 1996).

2.7.2.4. Cenicilla

Oidiopsis sicula Scalia; Fase sexual, *Leiveillula taurica* (Lev.) G. Arnaud; fase asexual. *Oidiopsis taurica* E. S. Salomón. Las conidias de *L. taurica* pueden germinar a temperatura de 10 a 35 °C. Bajo condiciones de invernadero, la infección es favorecida a temperaturas menores de 30 °C. Las conidias germinan produciendo tubos germinativos cortos que penetran a través de los estomas. En la región mesofílica de la hoja, se desarrolla un crecimiento profuso de micelio intercelular inmediatamente después de la penetración. Los conidióforos emergen a través de los estomas y producen conidias de forma individual que son transportadas por el viento. Una vez que la infección se ha establecido en una hoja de tomate, las temperaturas superiores a 30 °C pueden acelerar tanto el desarrollo de los síntomas como la muerte del tejido foliar (Blancard, 1996., Paulus y Correll, 2001).

Síntomas en la planta. Los síntomas más comunes son lesiones verde claro a amarillo intenso que aparecen en el haz de las hojas. En el centro de dichas lesiones pueden desarrollarse puntos necróticos a veces como anillos concéntricos, similares a aquellos que aparecen en las lesiones de la podredumbre negra. En el envés de dichas lesiones puede desarrollarse un crecimiento fúngico de aspecto pulverulento. La hojas fuertemente infectadas mueren, pero en raras ocasiones caen de la planta (Paulus y Correll, 2001).

Control químico. Materias activas: azufre coloidal, azufre micronizado, azufre mojable, azufre molido, azufre sublimado, bupirimato, ciproconazol, ciproconazol+azufre,

dinocap. Dinocap+azufre coloidal, fenarimol, tridimefon trioforina manejando recomendaciones por técnicos (Paulus y Correll, 2001; Berenguer, 2003).

2.8. Otras alteraciones en el cultivo de tomate

2.8.1. Deficiencia de calcio

Los síntomas por deficiencias de calcio aparecen en el ápice terminal en crecimiento; Si la planta no ha sido podada, los puntos axilares de crecimiento son afectados posteriormente. Las hojas sin desarrollar que se encuentran en el punto de crecimiento desarrollan una clorosis internervial y necrosis marginal, y el ápice en crecimiento muere. Debido a que el transporte de calcio depende de la corriente activa de transpiración, su movimiento ocurre sobre todo hacia las hojas completamente desarrolladas, con una amplia superficie disponible para la transpiración. Una vez depositado, la mayor parte del calcio es incorporada a compuestos orgánicos insolubles; por lo tanto la traslocación a las hojas jóvenes es despreciable (Blancard, 1996).

Los frutos al igual que las hojas no desarrolladas, presentan tasas de transpiración muy baja; en consecuencia son objeto de la deficiencia de calcio, la cual se manifiesta como una podredumbre apical del fruto. Las condiciones que restringen la absorción o el transporte de calcio, incluso a concentraciones adecuadas de calcio en el sustrato, son las concentraciones altas de cationes competidores (como NH_4^+ , K^+ , Mg^{++}), salinidad, temperatura baja, suelo seco y humedad alta (Blancard, 1996).

2.8.2. Golpe de Sol

Esto produce como una pequeña depresión en los frutos acompañada de manchas blanquecinas. Ocurre cuando el fruto se expone a los rayos directos después de un desarrollo sombreado (Tello y Del Moran, 1999; Blancard, 1996).

2.8.3. Rajado de Frutos

Las principales causas de esta alteración son: desequilibrios en los riegos y fertilización, disminución brusca de las temperaturas nocturnas después de un período de calor (Tello y Del Moran, 1999).

2.8.4. Jaspeado del Fruto

Se produce por desequilibrios en la relación N/K, dando lugar a la aparición de un jaspeado verde en la superficie del fruto o cicatriz leñosa pistilar, etc. (Blancard, 1996)

2.9. Índice de cosecha y calidad

2.9.1. Generalidades

La recolección del fruto es una operación cultural de la mayor importancia porque, por un lado su costo es muy elevado (en algunos casos alcanza hasta el 50-60% del costo total del cultivo) y por otro lado tiene una influencia considerable sobre la calidad del producto que se presente a la industria y al consumidor (Rodríguez, 2001).

Los tomates de larga vida de anaquel. La maduración normal se ve severamente afectada cuando los frutos se cosechan en el estado Verde Maduro 2 (VM2). La mínima madurez de cosecha corresponde a la clase Rosa (Pink) (estado 4 de la tabla patrón de color utilizada por United States Department of Agriculture, USDA; en este estado más del 30% pero no más del 60% de la superficie de la fruta muestra un color rosa-rojo.) La mayor vida de anaquel se debe en parte, a la presencia de los genes *rin* o *nor* (Trevor *et al*, 2002).

2.9.2. Calidad del Fruto

Arias y Burgués citado por Pérez, (2003) señalan que el tomate, debe estar suficientemente maduro, firme compacto y sin indicios de maduración excesiva. También debe ser sano, libre de microorganismos, enfermedades o insectos que le causen daño. No debe presentarse grietas, cicatrices, rajaduras, ni quemaduras. Debe de estar limpio, libre de residuos de productos químicos o cualquier cuerpo extraño y debe corresponder a las indicaciones de calidad.

La calidad de fruto está principalmente relacionada con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte. La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño

no es un factor del grado de calidad pero pueden influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial (Castilla, 2001).

Forma.- Bien formado (redondo, en forma de globo aplanado u ovalado). **Color.**- Color uniforme (de naranja-rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que no estén verdes. **Apariencia.**- Lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato, sutura, quemado de sol, daño por insectos y daño mecánico o magulladuras. **Firmeza.**- Que sea firme al tacto. Que no esté suave y que no se deforme fácilmente debido a su condición de sobre maduro. Los tomates que crecen en invernadero solamente son de grado No. 1 y No. 2 de U. S. (Trevor y Cantwell, 2002).

2.9.3. Sólidos Solubles (°Brix)

Se le llaman sólidos solubles, a las sustancias solubles en agua, que reflejan la cantidad de sólidos totales que contienen los frutos en por ciento. A mayor cantidad de sólidos solubles es más deseable; un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, este investigador encontró una relación directa entre sólidos solubles y firmeza; a mayor concentración de sólidos, mayor la firmeza (Osuna, 1983).

En manejo de cultivo intensivo con suelo, hace referencia a lo siguiente: El contenido de azúcares, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del tomate. Valores de pH inferiores a 4.4 y contenido de azúcares al 4-4.5% son necesarios para un buen sabor. En condiciones de baja radiación y temperatura, como ocurre en el cultivo protegido en invernadero, donde las condiciones en materia seca del fruto pueden ser inferiores al 3.5%, resulta difícil alcanzar esos mínimos de azúcares requeridos para un buen sabor (Castilla, 2001).

Cuartero y Báugena, (1999) indican que la salinidad afecta el sabor de los frutos al influir en la concentración de azúcares y ácidos. Recomiendan utilizar agua moderadamente salina ($3-6 \text{ dS} \cdot \text{c m}^{-1}$) para mejorar la calidad de los frutos que se van a procesar como pasta y sirve para fijar precio de compraventa en el mercado.

2.10. Sustratos

El uso de sustratos en la agricultura es común en cultivos intensivos, especialmente en invernadero, teniendo como ventajas principales que permite el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la cosecha, incremento en calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena, 1994).

El término sustrato, se aplica a todos los materiales sólidos, distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Los sustratos pueden ser de materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar elementos nutritivos al proceso de nutrición de las plantas (Zaidan, 1997).

2.10.1. Generalidades

Castellanos (2003) indica que el término sustrato se aplica a todo material sólido que colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezclado, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo. Los sustratos se usan en sistemas de cultivo sin suelo, es decir, aquellos en los que la planta desarrolla su sistema radical en un medio sólido y el cual está confinado a un espacio limitado y aislado del suelo.

Por su parte, Abad (1993) define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación enraizamiento, anclaje y de igual manera éste puede desempeñar un papel importante en el suministro de elementos nutritivos dependiendo su origen.

Los sustratos además de servir de soporte y anclaje a las plantas tienen la capacidad de suministrar a las raíces las cantidades necesarias de agua, aire y elementos nutritivos minerales para que la planta se desarrolle (Ansorena, 1994).

Arena. La arena es un material de naturaleza silicea con una concentración mayor del 50% de SiO_2 y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. La arena deberá de estar exenta de limo y arcilla como también de carbonato cálcico. La arena posee una fracción granulométrica

comprendida entre 0.02 y 2 mm. Desde el punto de vista hortícola, se prefiere la arena con tamaño de partícula de medio a grueso (0.6 a 2 mm). La densidad de la arena es superior a $1.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$. Su pH puede variar entre 4 y 8. Y su capacidad de intercambio catiónico nula o baja. La arena es el sustrato más utilizado, llegando a presentar un 60% de la superficie total bajo condiciones de hidroponía (Zaidan, 1997).

Tipos de Sustratos

Castellanos (2003) señala que los sustratos que más comúnmente se usan en horticultura protegida en los sistemas de cultivo sin suelo son: 1) perlita, 2) lana de roca, 3) tezontle, 4) arena, 5) turba, 6) corteza de pino, 7) fibra de coco

Clasificación de los Sustratos

Los sustratos pueden clasificarse en grupos de acuerdo a su origen y pueden ser: naturales, industriales y artificiales. El sustrato adecuado para el desarrollo de los cultivos, es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y elementos nutritivos en forma disponible para la planta (García, 1996; Bures, 1997).

2.11. Fertilización Orgánica

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través del mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas (Chaney *et al.*, 1992).

Los fertilizantes orgánicos también conocidos como abonos orgánicos son aquellos materiales derivados de la descomposición biológica de residuos de cultivos, deyecciones y estiércoles animales, de árboles y arbustos, pastos, basura y desechos industriales; su aplicación en forma de dosis adecuadas mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, es decir, es la forma mas natural de fertilizar el suelo (Ruiz, 1999).

Los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de una adecuada utilización, elevan de manera importante, el rendimiento de los cultivos agrícolas (Rodríguez, D. 2002).

La fertilización orgánica mediante el uso de residuos de cosechas, compost, estiércoles, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales, tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los elementos nutritivos a favor de la actividad biológica y la estructura del suelo. Las técnicas más apropiadas de fertilización son: fijación natural de elementos nutritivos por medio de plantas como: leguminosas, plátano, manzanilla, mostaza y otras; abonos foliares de origen natural tales como: fermentados de estiércol de ganado, gallinaza, hormigas y/o compuestos vegetales; compuestos biodinámicos en general; incorporación de materia orgánica en general; rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos forestales. Técnicas que favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos (Ruiz, 1996).

2.11.1. Importancia de los fertilizantes orgánicos

Lamas (2003) comenta que la fertilización en la agricultura orgánica debe cumplir tres aspectos: a) mejorar la fertilidad del suelo, economizar los recursos no renovables y no introducir elementos contaminantes en los agrosistemas; de ahí desprenden los siguientes principios b) evitar la pérdida de elementos solubles, utilizar las leguminosas como fuente de nitrógeno, no utilizar productos obtenidos por vía de síntesis química, tomar en cuenta micro y macroorganismos del suelo y c) luchar contra la degradación física, química y biológica del suelo.

2.11.2. Propiedades de los fertilizantes orgánicos

Cervantes (2004) indica que los fertilizantes orgánicos o abonos orgánicos tienen propiedades, que ejercen determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de éste. Básicamente estos materiales, actúa en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

Propiedades físicas

El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con los que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los elementos nutritivos.

- Mejoran la permeabilidad del suelo.
- Disminuyen la erosión del suelo.
- Aumenta la retención del agua.

Propiedades químicas

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentan la fertilidad.

Propiedades biológicas

- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo.
- Constituyen una fuente de energía para los microorganismos.

2.11.3. Productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo

Ruiz (1995) dice que la agricultura orgánica utiliza la energía natural y el reciclado de los esquilmos agrícolas, pecuarios y forestales, así como las basuras urbanas e industriales y mediante un composteo biológico (normal o lombricomposteo) se produce humus rico en elementos nutritivos regresándolo al suelo para que de ahí se nutran los cultivos seleccionados. Se pueden producir biofertilizantes naturales ricos en Rhizobium, micorrizas y otros microorganismos que contribuyan a la fertilidad natural del suelo. Algunos productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo son: a) estiércoles y deyecciones de animales (Ej.: vacuno, ovino, cunícola, porcino, murciélagos, avícola y caprino), b) residuos agrícolas (maíz, trigo, avena, cebada, frijol, café, etc.), c) residuos de la industria azucarera (cachaza, bagazo de caña), d) Turba, e) Compost de desecho en el cultivo de hongos comestibles y lombrices, f) Compost de desechos orgánicos domésticos y residuos vegetales, g)

Subproductos provenientes de rastros (harina de carne, harina de hueso, harina de sangre, harina de plumas) y de la industria del pescado (harina de pescado), h) Subproductos orgánicos de la industria alimentaría y de la textil, i) Algas y productos de algas, j) Residuos forestales (corteza de árboles, viruta de madera, aserrín y cenizas), k) Abonos verdes, l) Biofertilizantes (Micorrizas y Rhizobium), m) Residuos de pastos y jardines, o) Mulches, p) Roca fosfórica natural, q) Sulfato de magnesio, r) azufre, s) sulfato de potasio y t) yeso.

2.12. Abonos Orgánicos

El compost. El significado de la palabra compost, deriva en el latín componere, que significa, componerse, acomodar, arreglar. Es el arte de acomodar los desechos orgánicos en capas, para favorecer su proceso de descomposición. Se define compostaje al proceso en el cual se descomponen o degradan los desechos orgánicos en presencia de microorganismos. En este proceso intervienen la temperatura, la humedad y el aire. Como resultado final de este proceso está la compost, producto útil y de fácil manejo que al aplicarse al suelo mejora sus características físicas y microbiológicas. (Sade,2001)

El compost, es un abono orgánico que aporta elementos nutritivos y mejora la estructura del suelo. Para elaborar el compost se puede usar prácticamente cualquier material, difiriendo únicamente en el tiempo de descomposición; es decir, que el compostear es someter 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"

Sade (2001) describe el procedimiento de la elaboración del compost de la siguiente manera. Como materia prima se utiliza excrementos animales, residuos de plantas y otros desperdicios. Durante el proceso es deseable tener una humedad del 45 a 60%. La temperatura de la pila o montones se eleva después de 4 días y puede llegar hasta 70 °C, disminuyendo cuando llega a su culminación a 20 °C. Se recomienda materiales con una relación carbono a nitrógeno de 30 a 40/1 para terminar con una relación de 15/1 de los mismos. Es necesaria una buena aireación para hacer llegar el oxígeno a los microorganismos que intervienen en la

descomposición de las sustancias orgánicas. Al avanzar el proceso se produce una acumulación de sales oscilando el pH entre básico y ácido finalizando entre 6.7 y 7.8.

Un buen compost debe contener 30 a 49% de humedad y de 35 a 50% de materia orgánica, por peso, el cual oscila entre unos 700 a 800 gr por litro; nitrógeno 1.4 a 2%; fósforo 2%, potasio 0.5-6%; boro 0.9 a 1.0%. Sade (2001) escribe que el compost mejora la textura del suelo, dándoles mejor textura, aireación y absorción de agua, absorbe elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y potasio, así como microelementos, evitando que se laven. Al descomponerse los libera lentamente en forma asimilable por las plantas.

Abonos verdes. Son aquellos cultivos de crecimiento rápido que se pican e incorporan al suelo en el lugar donde crecen, el beneficio directo de su utilización es el aporte de materias orgánicas para incrementar la actividad microbiana y mejorar la estructura del suelo. Estos abonos verdes tienen las funciones de proteger al suelo de la erosión y la desecación, favorecen la descomposición e incorporación de la materia orgánica, mejoran la estructura del suelo, incrementan el contenido de nutrientes, controlan malas hierbas, etc.

Lombricultura. Es una biotecnología que utiliza a la lombriz de tierra como herramienta de trabajo en la transformación de desechos, esto favorece el proceso de degradación de los desechos orgánicos.

2.12.1. Justificación de Uso

El uso de abonos orgánicos se justifica partiendo de que según la FAO (2000), los requerimientos de fertilizantes para el 2030, serán de 180 millones de toneladas por año, lo que es conveniente tratar de producir biofertilizantes y/o abonos orgánicos, aprovechando los desechos orgánicos, ya que las fuentes naturales se agotarán en un plazo no muy lejano.

Por otro lado, la alta producción y el elevado consumo de fertilizantes de origen químico, en los sistemas de agricultura intensiva han creado la alternativa de usar sustratos orgánicos, ya que con esto se elimina el riesgo de contaminación por uso irracional. Además, es conveniente señalar que actualmente la fertilización a nivel de invernadero y en general en todos los sistemas de fertirrigación, se busca usar los

fertilizantes de mayor solubilidad, siendo el caso de los nitratos, los cuales en concentraciones altas pueden fomentar la aparición de cáncer (Van Maanen *et al.*, 1998).

Aunado a lo anterior, los fertilizantes incrementan considerablemente los costos de producción; Castellanos (2003) comenta una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses de tomate bajo invernadero. El costo anterior, se puede evitar, si no completamente al menos de manera parcial, redundará en un ahorro sustancial para el productor.

2.12.2. Usos

La característica principal de los abonos orgánicos: es su alto contenido de materia orgánica, la cual contiene una serie de microorganismos benéficos a la planta, además de una cantidad elevada de nutrientes como: N, P, K, Ca, etc. Los substratos orgánicos están libres de patógenos, inodoros, se obtienen por procesos aerobios y anaerobios o bien, por vermicomposteo (Melgarejo y Ballesteros., 1997).

Los abonos orgánicos tienen como objetivo, nutrir indirectamente a las plantas a través de los seres vivos del suelo, particularmente de los microorganismos que son los que realizan la producción del humus y nutrición de las plantas, al convertir las formas orgánicas e inorgánicas, es decir, la mineralización, traduciendo lo anterior en altos rendimientos, que muchas veces no se logra con los fertilizantes químicos (Toyes, 1992).

El sustrato orgánico a base de estiércol bovino, es una materia prima que en la Comarca Lagunera, está presente de manera excesiva, ya que según la SAGARPA (2006) se generan aproximadamente 45,773 toneladas mensuales (Luevano y Velásquez, 2001). Márquez *et al.* (2006) señalan que una alternativa sería utilizar dichas cantidades, como parte de un sustrato orgánico, mezclando el estiércol, previo composteo, con algún medio inerte.

2.13. Elementos nutritivos en el Compost

N, P, y K son los símbolos de los tres principales elementos nutritivos que requieren las plantas; por ley, todo producto que se venda como abono debe estar

respaldado por un análisis de estos tres minerales: el nitrógeno para el crecimiento de las partes verdes de la planta, para formación de proteínas; el fósforo para la energía de la planta y para las flores y semillas; el potasio para la síntesis de proteínas y la translocación (o transporte) de los carbohidratos para fabricar tallos robustos. Las plantas requieren también un buen abastecimiento de materia orgánica para obtener cantidades suplementarias de nitrógeno, fósforo, azufre, cobre, zinc, boro y molibdeno. Existen otros ocho elementos nutritivos necesarios para las plantas, que sólo en condiciones ideales se encuentran originalmente entre los minerales del suelo. La naturaleza requiere un abastecimiento completo de elementos nutritivos y es nuestra responsabilidad, como buenos guardianes del suelo, cubrir ese requerimiento. Un análisis de laboratorio para determinar la aplicación de abonos no siempre contempla las necesidades reales del sistema suelo-planta (Quintero, 2004).

En el compost, fertilizante orgánico por excelencia, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio, 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 la plantas, con una tasa de mineralización alrededor del 11% (Rosen y Bierman, 2005)

2.13.1. Relación Compost – Tomate

Existen trabajos que insinúan que los elementos nutritivos del compost cubre los requerimientos del tomate, parcial o totalmente (Márquez y Cano, 2004; Raviv *et al.*, 2005).

Hashemimajd *et al.* (2004) sugiere que es necesario suministrar elementos nutritivos ya que, la demanda de éstos por la planta, sobrepasa a los contenidos en el compost. En base a lo anterior, Márquez y Cano (2004) mencionan que probablemente las diferencias se pueden atribuir al contenido de los elementos nutritivos de cada compost. Heeb *et al.* (2005) comentan que los tomates fertilizados con abonos orgánicos tienen mejor sabor que los que únicamente reciben fertilizantes de origen inorgánico

2.14. Empleo del yeso en la agricultura

Los fertilizantes y enmiendas representan agro-insumos fundamentales de los esquemas modernos de producción y constituyen tecnologías cada vez más necesarias y utilizadas para sostener e incrementar el rendimiento de los cultivos y la producción de alimentos. Bajo esta perspectiva, los fertilizantes y enmiendas forman parte vital del desarrollo sustentable de la agricultura ya que permiten hacer frente a la creciente demanda de alimentos de una población en progresiva expansión (Godínez, 2003).

El yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral muy importante debido a que es posible utilizarlo tanto como fertilizante azufrado y también como corrector de suelos sódicos. Una de las propiedades más detectables del yeso es su relativamente alta solubilidad en agua, considerablemente mayor que la de la calcita, pero mucho menor que las sales solubles (Porta *et al.*, 2003).

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 elementos nutritivos debido a la presencia de impurezas, de las cuales las más comunes son minerales silicatados, calcita, dolomita, etc.

Yeso como fertilizante. La utilización del yeso como fertilizante azufrado en la agricultura latinoamericana es muy escasa, siendo el uso más común como corrector de pH en suelos alcalinos o salino-alcalinos (Rhoades *et al.*, 1992).

2.15. Tipos de Producciones de Tomate

Yurjevic (2004) menciona las siguientes definiciones sobre Producción Sustentable, Convencional, Integrada y Orgánica.

1. Producción sustentable

Enfoque para la producción agrícola, que enfatiza la preservación de los recursos naturales como recurso básico para mantener constantes los servicios ecológicos que requieren una agricultura y población en expansión (Yurjevic., 2004).

2. Producción convencional

Sistema de producción desarrollado a partir de la revolución verde, basado en manejos que priorizan la utilización de agroquímicos. La agricultura convencional está basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos sintéticos. Lo cual, acarrea un alto nivel de contaminación ambiental y del producto, afectando la salud de los consumidores. La principal alternativa de solución a la actual problemática es la agricultura sustentable, la cual es una combinación de métodos genéticos, agronómicos, biotecnológicos y químicos en un sistema de producción económico, que optimiza la calidad del producto y protege el ambiente y la salud humana (Cano *et al*, 2004).

3. Producción integrada

Sistema que promueve el desarrollo de una producción sustentable a través de manejos que minimizan el uso de agroquímicos dando prioridad a la utilización de mecanismos naturales de regulación en las plagas (Yurjevic., 2004).

4. Producción orgánica

Sistema que promueve el desarrollo de una producción sustentable a través de manejos que excluye totalmente el uso de productos de origen sintético y que es regulada por normas específicas (Yurjevic., 2004).

2.16. Sustentabilidad de producción en tomate

Green (2005) señala que la sustentabilidad de cualquier tecnología debe ser tomada en cuenta antes de comprometerse con ella. En muchos casos, será deseable asegurar que la tecnología adoptada para la siguiente elección será útil también para la subsecuente. Adoptar nueva tecnología para cada elección puede ser costoso e insostenible en el largo plazo. Por otra parte, la tecnología mejora con tal velocidad que la de hoy en día puede ser caduca para cuando se organice una próxima decisión en tres o cuatro años.

2.17. Manejo Integrado de plagas

Para la FAO (2000) el manejo integrado de plagas (MIP) es la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas y mantienen el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y que reducen al mínimo los riesgos para la salud humana y el ambiente". En el MIP se integran métodos de lucha contra las plagas, compatibles y de preferencia que no sean nocivos para el ambiente y se adaptan a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de cada situación específica. En los últimos 40 años ha ido aumentando gradualmente la aplicación del MIP como método de lucha contra las plagas, y la FAO y la comunidad internacional lo han adoptado para lograr una agricultura más sostenible que haga menos daño al ambiente y la biodiversidad. El objetivo principal de reducir el uso excesivo de plaguicidas se ha demostrado en numerosos sistemas (FAO, 2000).

El concepto de manejo integrado de plagas en zonas extensas se define como el MIP aplicado contra una población entera de plagas en una zona geográfica delimitada. Las estrategias de intervención en una zona extensa requiere planificación y conocimiento ecológico, compromiso a largo plazo y que los agricultores y otras partes interesadas lo aplican en forma coordinada (FAO, 2000).

2.18. Elección de Genotipos

Uno de los componentes principales en cualquier sistema de producción hortícola es el genotipo bajo explotación, el cual debe poseer alta capacidad de rendimiento, resistencia tanto a plagas como enfermedades y en conjunto, reunir excelentes características hortícolas que permitan alcanzar la mayor productividad del cultivo (Nuez, 2001).

La situación actual para el jitomate de consumo en fresco y, en general, de muchas hortalizas es de una fuerte competencia entre las distintas casas productoras de híbridos, lo que trae como consecuencia una constante aparición de nuevos cultivares, que tienen normalmente, una corta vida en el mercado y son desplazados con rapidez por otros posteriores. En una situación de tal competitividad, las

exigencias para un producto como el jitomate para consumo en fresco resultan muy grandes tanto en lo que se refiere a productividad, como en características de calidad de frutos y resistencia a enfermedades (Nuez, 2001).

Hay variedades de tomate con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior, textura, sabor y dureza, variedades para consumo en fresco o procesado industrial y dentro de estos usos principales, muchas especializaciones del producto (Diez, 2001).

2.19. Antecedentes de Rendimiento de Tomate en Invernadero

Fonseca (2001) dice que para la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos $15 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$. De acuerdo a Cotter y Gómez (1981) para que una producción de tomate se considere exitosa se deben producir bajo invernadero al menos $200 \text{ t} \cdot \text{ha} \cdot \text{año}$.

Rodríguez D. (2002) menciona que en el estudio realizado para evaluar la producción de tomate en invernadero en el ciclo otoño-invierno encontró diferencias significativas para todas las variables evaluadas; en el caso de rendimiento, este fluctuó entre 100.1 y $87.6 \text{ ton} \cdot \text{ha}$. López (2003) evaluando siete híbridos de tomate en condiciones de invernadero en otoño-invierno encontró diferencias altamente significativas en las variables de calidad excepto en espesor de pulpa. Reportó los mejores híbridos y estadísticamente iguales en rendimiento y presentaron la mayor altura: Bosky, Andre y Gabriela con 221.5 , 215.9 y $199.3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, y altura promedio de 264.4 cm .

En invernaderos no automatizados los productores de la región del Bajío, Guanajuato y en el municipio de Texcoco estado de México, con este tipo de estructura se pueden lograr rendimientos de $15 \cdot \text{kg m}^{-2}$ con un ciclo de producción de 6 a 7 meses, mientras que en invernaderos de alta tecnología se puede obtener producciones de $52 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ con un ciclo de cultivo de once meses.

Márquez y Cano (2004 y 2005) mencionan que es posible producir orgánicamente tomate bola y tomate cherry con rendimientos superiores a las producciones en campo, suministrando únicamente los elemento nutritivos contenidos en el compost.

Lara (2005) coincide con San Juan (2005) con un rendimiento de 142.1 ton ha⁻¹ con el cultivar Big Beef con un tratamiento de arena y vermicomposta (50%) y Lara supera a San Juan con un rendimiento de 216.23 ton ha⁻¹ con el mismo sustrato pero difiere al suministrar la cantidad total de vermicomposta de manera fraccionada a lo largo del ciclo productivo, aunque el máximo rendimiento de 235.38 ton ha⁻¹ la obtuvo con el híbrido Red Chief bajo éste último tratamiento.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Geográfica y Clima de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 1,100 metros. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi-calido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío a frío, mientras que los meses de lluvias son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992), Palacios (1990) citado por Morales (2006) agrega que la precipitación promedio en la región es de 220 mm con heladas de noviembre a marzo.

3.2. Localización del Experimento

El experimento se estableció en el Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP), localizado en el Km 17.5 de la carretera Torreón-Matamoros, en las coordenadas geográficas de 103° 14' de longitud Oeste al meridiano de Greenwich y 25°32' de latitud Norte, con una altitud de 1,120 msnm, en el municipio de Matamoros, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera (CETENAL, 1970).

3.3. Tipo y Condiciones del Invernadero

El experimento se realizó bajo un invernadero semicircular con sistema de ventilación y calefacción, con un área de 250 m² y estructura totalmente metálica, cubierto lateralmente por láminas de poli carbonato y doble capa de plástico en el techo; el sistema de enfriamiento consiste en una pared húmeda colocada en el extremo opuesto a la puerta de acceso, además de dos extractores colocados a ambos lados de la misma puerta (figura 3.1). La calefacción fue suministrada con un quemador de gas, el cual se accionaba y apagaba de acuerdo a la temperatura prevaleciente en el interior del invernadero, esto para tratar de evitar llegar a temperaturas inferiores de 12 °C. El sistema de riego fue por goteo. Para el drenaje de los lixiviados de las macetas, el invernadero cuenta con estructuras de concreto en el

centro donde coinciden dos hileras de macetas, este lixiviado corre por dicho concreto, se unen todos y salen a través de una tubería que descansa en la parte externa del invernadero en una cisterna.



Figura 3.1 Invernadero del Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP, 2007).

3.4. Genotipo

Se evaluó un genotipo de tomate de crecimiento indeterminado y los cuales se caracterizan por su larga vida, este es Imperial 643. Dicho híbrido es de la empresa Enza Zaden sus características morfológicas se presentan en el Cuadro 3.1, que lo describe de la siguiente manera: **Imperial 643**. Este nuevo híbrido indeterminado ofrece una excelente opción para producción de invernaderos y campo abierto, planta muy fuerte con un sistema radicular amplio que le permite soportar cosechas sin problemas en temperaturas cálidas, fruta semi-redonda aplanada sin hombros verdes, peso de 260 g, con muy buen cierre apical y firmeza, color rojo intenso y excelente vida de anaquel. Precocidad a cosecha intermedia.

Cuadro 3.1. Características del genotipo Imperial 643 (Enza Zaden, 2007)

	AR	RM	Tipo	Porte	Propósito
Imperial 643	ToMv/Cf/Va/Vd/Fo/Ma/Mi/Mj	TSWV	Bola	Indeterminado	Invernadero y campo abierto
	Madurez a cosecha	Peso (grs.)	Forma del fruto	Firmeza	
Imperial 643	Intermedia	260	Redonda plana	Muy buena	

AR: Alta resistencia, RM: Resistencia moderada. ToMV: Virus del mosaico del tomate, TSWV: Tomato Spotted Kilt Virus, Va: *Verticillium albo-atrum*, Vd: *Verticillium dahliae*, Ma: *Meloidogyne arenaria*, Mi: *Meloidogyne incognita*, Mj: *Meloidogyne juvanica*, Cf: *Cladosporium fulvum*, Fo: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

3.5. Sustratos

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron tres tipos de sustratos, estos son arena, compost y compost con yeso.

La arena fue, arena de río, este sustrato inerte se utilizó tanto para la fertilización inorgánica que fungió como testigo, y también para la mezcla con compost y compost con yeso. Por otro lado el compost se preparo a partir de estiércol de ganado bovino, el cual fue procesado por un lapso promedio de dos meses.

Por ultimo la compost con yeso el cual se fue incorporando durante el proceso con un lapso de dos meses. Los resultados del análisis de los compost se presentan en el apéndice (Cuadro L)

Yeso

El mineral yeso que se emplea en agricultura posee por objetivo la neutralización de los suelos alcalinos y salinos, como ambiente mejorar la permeabilidad de los materiales arcillosos además de aportar azufre. Todo ello conduce a incrementar la productividad de los cultivo. También contribuye a mejorar la estructura del suelo y las condiciones de irrigación, a la vez que modifica la acidez de los mismos. Otro efecto benéfico es la estabilización de la materia orgánica, la disminución de la toxicidad de los metales pesados (Porta *et al.*, 2003).

El sulfato de calcio en sus formas minerales de yeso y anhidrita, tradicionalmente ha tenido un uso esencialmente destinado a la fabricación de cemento u otros productos de la industria de la construcción. En los últimos años la aplicación de estos

minerales a los fines agrícolas está desarrollando un interés creciente por su acción en el crecimiento de los cultivos. Por su parte, el azufre es un elemento importante en la industria de los fertilizantes donde es destinado a la elaboración de fosfatos (Godínez, 2003).

3.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y 10 repeticiones, para lo cual se utilizaron los siguientes sustratos preparado con arena y compost a razón de 50 y 50% con fertilización orgánica y para el segundo tratamiento se utilizó arena al 100% como sustrato en fertilización inorgánica, para el tercer tratamiento se utilizó arena y compost con yeso como sustrato a ración 50 y 50% con fertilización orgánica.

Cuadro 3.2. Tratamientos a evaluar (CELALA-INIFAP, 2007)

Tratamiento	Sustrato	Fertilización	Genotipo
T1	Arena + compost	Orgánica	Imperial 643
T2	Arena (testigo)	Inorgánica	Imperial 643
T3	Arena + compost con yeso	Orgánica	Imperial 643

3.7. Fertilización Orgánica.

Para el caso de la fertilización orgánica, que son los tratamientos T1 y T3, se empezó a fertilizar a partir del 20 de diciembre de 2006. Esta fertilización fue a base de productos de carácter orgánico que ya se comercializan como tales (Cuadro 3.3.).

Cuadro 3.3. Fertilización orgánica aplicada en las diferentes etapas. CELALA-INIFAP 2007

Primera etapa		Segunda etapa	
Elemento	ml. o grs.	Elemento	ml. o grs.
Biomix N ¹	171.6 ml.	Biomix N	171.6 ml
Biomix K ²	312.0 ml.	Biomix K	312.0 ml.
		Bioquel Fe ³	8 grs.

Para 150 lts. de agua.

¹ (30-00-00)

² Compuesto de K₂O (16.5) %; P₂O₅ (4.5) %; Vitaminas, Ac. Pantoténico y Glutámico (3.1%); Aminoácidos libres (2.72%); Fitorreguladores de crecimiento (Auxinas, Giberelinas, Citocininas) (110 ppm.) y promotores biológicos (62.87%.

³ Compuesto de Hierro (6 %); Azufre (10,2 %) y EDDHSA (83.8 %)

Durante la primera etapa (antes de la floración y producción) se aplicó una cantidad de 250 ml. por cada maceta para que durante la segunda etapa se duplicará la cantidad suministrando de 500 ml. por cada maceta diariamente.

3.7.1. Fertilización inorgánica. (Cuadro 3.4.) En lo que respecta al tratamiento, T2, que funcionó como tratamiento testigo, la fórmula de fertilización fue inorgánica, y esta se componía con los elementos mencionados en el cuadro y cantidades (para 150 lts. de agua).

Cuadro 3.4. Fertilización inorgánica aplicada en las diferentes etapas CELALA-INIFAP 2007

Primera etapa		Segunda etapa	
Fertilizante	Cantidad (grs.)	Fertilizante	Cantidad (grs.)
N	171.6 ml	Fósforo	1600
K	312.0 ml	Ferticare NK	3850
		Nitrato de Calcio	3600
		Nitrato de Magnesio	1800
		Maxiquel multi ¹	100
		Bioquel Fe	100

¹El Maxiquel multi es un fertilizante quelatizado constituido por hierro (4%), zinc (2%), manganeso (1%), boro (1%), EDDHA (57%) y acondicionadores orgánicos (35%).

La cantidad aplicada en la segunda etapa de fertilización al igual que los tratamientos anteriores se dividió en dos partes, primero se aplicaron 250 ml por maceta diariamente, esto a partir del 28 de octubre de 2006 y hasta el 27 de noviembre, mientras a partir del 28 de noviembre la dosis fue de 500 ml por maceta

3.8. Riego y Drenaje

Riego. Este se realizó a cabo mediante el sistema de goteo y programación vía computacional, al inicio del experimento las macetas se regaron hasta que estas empezaron a drenar con un promedio de 2 litros, para después programar los riegos en función del sustrato, del tiempo atmosférico y presupuesto las necesidades de la planta. El gasto que arrojó cada gotero fue de 280 ml. en 5 minutos de riego, aspecto que se mantuvo constante durante todo el experimento. Los riegos consistieron en dos o tres riegos diariamente con una duración de cinco minutos cada uno. Sin considerar la fertilización. Análisis del agua utilizada en este experimento (Apéndice cuadro L)

Drenaje. Este se llevaba a cabo mediante diez orificios y con una dimensión del tamaño de una perforadora común para papel, para todos los tratamientos, hechos en la parte inferior de las bolsas (macetas) que contenían el sustrato, así también mediante una canaleta de concreto donde coincidían los escurrimientos de las macetas y por donde escurrían hacia la cisterna colocada en la parte exterior del invernadero y el cual se vaciaba cada que era necesario.

3.9. Control de Plagas y Enfermedades

Con la finalidad de muestrear, prevenir y controlar plagas se establecieron trampas amarillas en los pasillos del invernadero, también se llevaron a cabo inspecciones para detectar e identificar organismos que estuviesen dañando a la planta. En los casos de presencia de alguna posible enfermedad y/o agente vector de esta o presencia de plagas se identificaron vía microscopio y con asesoría de la M.C. Yasmín I. Chew Madinaveitia especialista en la materia.

La enfermedad que se presentó con mayor incidencia fue *Fusarium*, seguida con muy poca presencia de *Alternaria solani* y *Leveillilla taurina*. En cuanto a las plagas insectiles se tuvo presencia de (*Bemisia tabaci* Genn), y (*Paratrioza*) *cockerelli* Suclc), cabe mencionar que en el caso de las plagas el problema se agudizó en la etapa final del ciclo, es decir, cuando las plantas se encontraban ya en producción de los últimos racimos, es de mencionar también que para el caso de la Paratrioza muy específicamente presentó un crecimiento exponencial en la etapa final del cultivo, para lo cual se realizó el control correspondiente aunque no fue suficiente y ésta se mantuvo hasta el final del ciclo, situación similar de *Fusarium*, la cual ocasiono la muerte de algunas plantas disminuyendo el número total de estas.

Para la prevención y control de las situaciones presentadas, se realizaron las aplicaciones (cuadro 3.5.), las cuales fueron con productos orgánicos, autorizados por el IFOAM (2007).

Cuadro 3.5. Productos utilizados para el control de plagas y enfermedades en tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2007.

Producto	Aplicaciones	Problema de controla	
Amistar	4	Cenicilla	Fungicida
Bio F y B	3	Hogos y bacterias de raíz	Certificado por IFOAM
Bio-Insect	6	Mosquita blanca	Certificado por IFOAM
Decis	1	Grillos	Insecticida
Endosulfan-Mitac	2	Mosca negra	
FLY-NOT	5		
MYCOBAC <i>Mignorum</i> <i>trichoderma</i>	2	Fusarium, Phytoptoor, Phytium,	Fungicida biológico
Kell-Nemm	1	Mosquita blanca	
Sedric	2	Alternaria y cenicilla	Fungicida orgánico

Cabe mencionar que se manejaron dosis recomendadas por el producto.

3.10. Manejo del Cultivo

3.10.1. Siembra y Trasplante

La siembra se llevó a cabo el día ocho de septiembre del 2006 en charolas de 200 cavidades, en cuanto al trasplante, éste se realizó el día veinte de octubre del mismo año en bolsas de polietileno negro de 18 Kg, éstas fueron previamente perforadas para favorecer el drenaje y se colocó en bolsas el sustrato en función de cada tratamiento. Para la realización del trasplante se humedeció completa y previamente (un día antes) cada maceta, colocándose una planta por maceta a una profundidad aproximada de 10 cm. Las bolsas fueron llenadas de sustratos de acuerdo a los tratamientos, quedando de la siguiente manera.

-Se llenaron 75 macetas a doble hilera con 50 % de arena + 50% de compost para fertilización orgánica. (T1)

-Se llenaron 75 macetas a doble hilera con 50 % de arena + 50 % de compost con yeso fertilización orgánica. (T3)

-Se llenaron 150 macetas con arena de río (100%) para el testigo (fertilización inorganica). (T2)

3.10.2. Entutorado

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo sosteniendo cada planta con rafia, iniciando esta práctica cuando la planta alcanza una altura de 30 cm con la finalidad de mantener la planta erguida y con ello evitar que las hojas y frutos queden en contacto con el suelo y/o sustrato. Esta labor se llevó a cabo con un amarre de la rafia a la base del tallo evitando el estrangulamiento de éste y atada a la estructura del invernadero, para posteriormente y conforme la planta presentó crecimiento se enredaba la rafia a la planta, labor realizada generalmente cada semana.

3.10.3. Podas

Poda de axilares. Con la finalidad de mantener la planta a un solo tallo se realizó esta práctica, tratando siempre que se eliminaran en el estado más tierno los brotes, posibles para evitar daños a la planta. La finalidad es evitar competencia con el tallo principal.

Poda de hojas senescentes. Se realizó esta labor para evitar que estas hojas se vuelvan parásitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos. En esta poda se eliminaron las hojas bajas hasta donde se encontraba el primer racimo (de abajo hacia arriba) en producción a lo largo del ciclo.

Poda de frutos o aclareos. Con ayuda de tijeras de poda se eliminaron los frutos excedentes en cada racimo, dejando así los primeros cinco frutos en el primer racimo y los cuatro primeros en los racimos siguientes.

Poda de yema apical. Esta se realizó cuando la planta completaba sus ocho racimos primeros, pues de esta manera estaba planteado el experimento, esta actividad varía en tiempo entre tratamientos, e incluso entre macetas de un mismo genotipo.

3.10.4. Bajado de plantas

Con las finalidades de que por un lado facilitar la toma de datos, como altura de planta, floración, polinización y cosecha, y por otro evitar que la planta se encuentre en la zona de máxima acumulación de calor del invernadero (zona alta) se realizó dicha

actividad, bajando todas plantas en una misma dirección por cuestiones de estética, pero sobre todo para tenerlas plenamente identificadas a cada una.

3.10.5. Polinización

Esta labor se realizó manualmente para ello se utilizó un cepillo dental con vibrador, procurando siempre realizarla al medio día, ya que a esa hora coinciden luminosidad, temperatura y humedad relativa los más óptimo posible para que el polen este disponible y sobre todo viable. Consistió en hacer pasar el vibrador por un lapso de 5 segundos en el pedúnculo de cada flor.

3.10.6. Fertilización

Aunque hay otro apartado para esta actividad, es de mencionar, que se presentaba granulometría por los productos para fertilización y por lo mismo puede tapar los goteros, así que esta labor se realizó diariamente de manera manual con los fertilizantes y cantidades para cada tratamiento, bajo fertilización orgánica e inorgánica.

3.10.7. Cosecha

Esta actividad se realizó una vez por semana, pero dividida en dos partes, en la primera, se cosecharon los frutos de producción, la cual, se llevó a cabo cuando el fruto presentaba una coloración rosada o el 30% pero no más del 60 % de rojo en promedio, como muestra (la figura 3.2) es 3 y 4 de coloración, mientras que para la segunda, la cosecha de calidad, para la cual se dejaba que el fruto dos y tres de cada racimo superará el 60%, en la figura 3.2, el numero 5 ó 6 de su coloración destinados a la determinación de calidad del fruto.

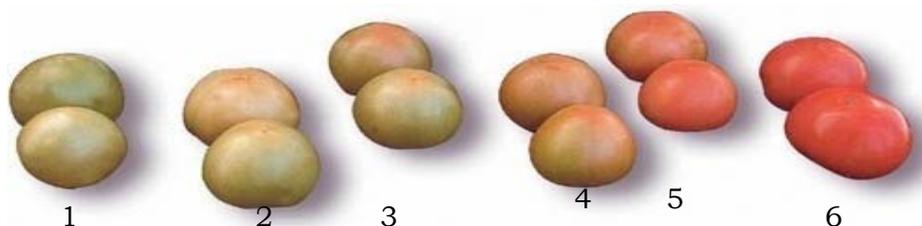


Figura 3.2. Grados de madurez del fruto de tomate: 1, Verde maduro; 2, Inicio de color; 3, Pintón; 4, Rosado; 5, Rojo pálido y 6, Rojo. (López, 2003a).

3.11. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron altura de planta (en cm), número de nudos, rendimiento (en $t \cdot ha^{-1}$) e inicio y fin de floración por cada racimo (días después del trasplante), los tres primeros fueron medidos semanalmente, mientras que la floración cada tercer día. En cuanto a la calidad, ésta fue cuantificada al medir las variables forma del fruto, diámetro polar y ecuatorial (con vernier), peso del fruto (báscula granataria de precisión de hasta 600 g), sólidos solubles (refractómetro) ATARGO, con una escala de 0-32 °Brix, espesor de pulpa (regla milimétrica), color (tabla de colores del tomate) y número de lóculos.

La forma se evaluó según la clasificación que se presenta en la figura 3.3:

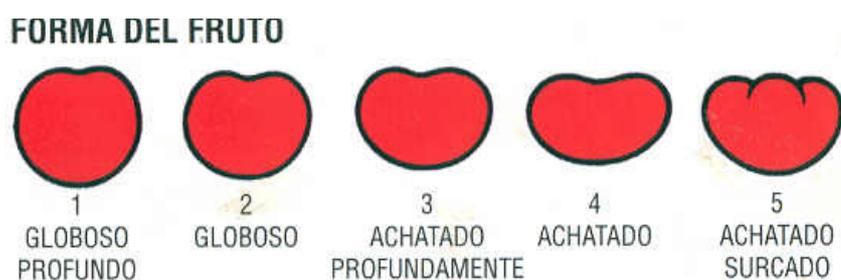


Figura 3.3. Formato para evaluar forma del fruto en tomate bola (Hazera, 1999).

3.12. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, considerando cada una de las características evaluadas, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación de medias aplicando la prueba DMS al 5%. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System (SAS)* versión 6.12 (SAS, 1998).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento del cultivo en $t \cdot ha^{-1}$

Los resultados obtenidos a través del Sistema Estadístico SAS presentó diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento compost con yeso ($185.96 t \cdot ha^{-1}$), es estadísticamente igual a la compost ($174.03 t \cdot ha^{-1}$) con la misma fertilización (orgánica), y ambas son diferentes estadísticamente al testigo ($68.70 t \cdot ha^{-1}$) siendo este último inferior a los tratamientos con fertilización orgánica, se obtuvo una media de $142.92 t \cdot ha^{-1}$ con un coeficiente de variación de 40.91% (cuadro 4.1)

Lara (2005) reportó rendimientos en sustrato compost y fertilización orgánica de $212.93 t \cdot ha^{-1}$ y para sustrato testigo arena más fertilizante inorgánico con genotipo Big Beef presentando un mayor rendimiento ($295.1 t \cdot ha^{-1}$), de igual manera para la fertilización orgánica pues se obtuvo una media de $180 t \cdot ha^{-1}$.

Marquez y Cano (2004) quienes al evaluar diferentes sustratos reportaron un rendimiento de $114.5 t \cdot ha^{-1}$ para el testigo inorgánico y $71.8 t \cdot ha^{-1}$ para arena en sustrato arena-vermicomposta (50 y 50%) en fertilización orgánica, en este caso los rendimientos son inferiores a los obtenidos en este trabajo en el caso de la fertilización orgánica con una media de $180 t \cdot ha^{-1}$, y para el testigo es lo contrario con un rendimiento de $68.78 t \cdot ha^{-1}$.

Melo (2007), reportó rendimientos en fertilización orgánica de $167.02 ton \cdot ha^{-1}$ para la variedad BS, mientras que para Big Beef encontró $140.47 ton \cdot ha^{-1}$ y para la variedad Bosky produjo $128.3 ton \cdot ha^{-1}$, los cuales son rendimientos inferiores al rendimiento promedio de $180 ton \cdot ha^{-1}$ del tratamiento con fertilización orgánica de esta investigación.

Los tratamientos con fertilización orgánica y diversa fuentes de compost producen rendimientos estadísticamente iguales, siendo ligeramente superior el compost con yeso así como sus costos de fertilización también lo son, y en base a este análisis económico (Apéndice cuadro K) se puede determinar que esa muy ligera ventaja se traduce en ingresos muy ligeramente superiores que asciende a \$2,851.00. Pudiendo llegar a recomendar los 2 tratamientos que son estadísticamente iguales en rendimientos y ligeramente diferente en cuanto a utilidad.

Cuadro 4.1. Comparación de medias entre tratamientos, para la variable rendimiento (CELALA-INIFAP, 2007)

Fertilización	Sustrato	Rendimiento (t/ha)	Tratamientos
Orgánica	Arena + compost con yeso	185.96 A	T3
Orgánica	Arena + compost	174.03 A	T1
Inorgánica	Arena (testigo)	68.78 B	T2

Letras iguales son estadísticamente iguales. DMS. 53.65.

Cuadro 4.2. Comparación de medias entre tratamientos, para las variables de calidad del fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Tratamiento	Peso (g)	DE (cm)	D. P. (cm)	S. S. (° Brix)	E. P. (cm)	N. L.
T2	116.1 B	6.17 b	4.61 b.	7.87 a	0.64 b	4.78 a
T3	192.5 A	7.18 a	5.52 a.	4.33 b	0.74 a	4.44 a
T1	161.4 A	6.93 a	5.54 a.	4.44 b	0.79 a	3.45 b

DE., Diámetro Ecuatorial; DP., Diámetro Polar; SS., Sólidos Solubles; EP Espesor de Pulpa; NL., Numero de Lóculos. Letras iguales son estadísticamente iguales. DMS, 5 %

4.2. Altura de Plantas

Se obtuvieron ecuaciones de regresión para cada uno de los tratamientos (Cuadro 4.2). Posteriormente se estimó la altura a partir de las ecuaciones obtenidas a los 50 y 100 días después del trasplante (DDT), y donde el eje “Y” nos indica la altura de la planta en (cm); mientras que el eje “X” corresponde a los DDT.

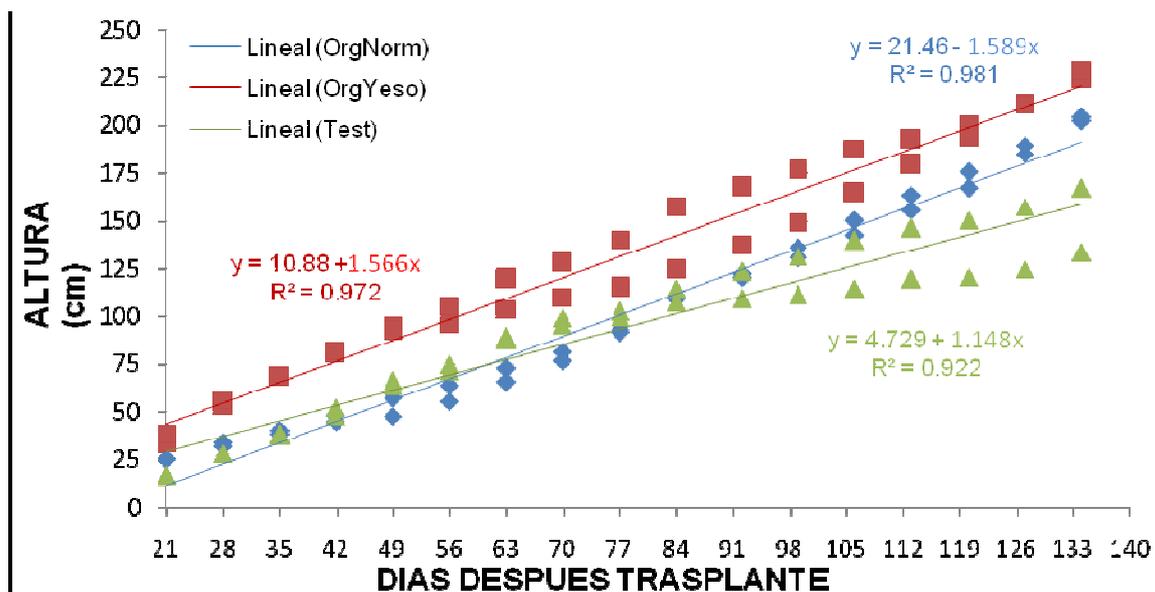


Figura 4.1 Gráfico Altura de Plantas de tomate. CELALA-INIFAP, 2007.

Cuadro 4.3 Ecuaciones de regresión para la variable de altura de planta de tomate en diferentes tratamientos en invernadero. CELALA-INIFAP, 2007

Tratamiento	Genotipo	Ecuación	Altura r^2	Altura estimada (cm)	
				50	100
T1	Imperial	$y=1.58x-21.46$	0.981	57.5	136.5
T2	Imperial	$y=1.14x+4.72$	0.922	62.1	119.5
T3	Imperial	$y=1.56x+10.88$	0.972	88.8	166.8

La mayor altura, tanto a los 50 y 100 DDT, se presentó en el tratamiento (T3) con 88.8 cm y 166.8 cm, y el menor a los 50 días es (T1) con 57.5 cm ambos tratamientos en fertilización orgánica, y el menor a los 100 días fue (T2) con un valor 119.5 cm para la fertilización inorgánica. Los resultado obtenidos son superiores a Márquez y Cano (2004) pues reportan un rango de alturas entre 36.7 y 141.79 cm, obtenidas evaluando diferentes porcentajes de compost y sustratos inertes en un ciclo de 135 días.

4.3. Número de Nudos

Se realizaron pruebas de ecuación de regresión y para cada tratamiento evaluado (cuadro 4.4) en donde encontramos que tratamiento (T3) base de fertilización orgánica presento un mayor número de nudos a los 50 y 100 DDT en comparación a los tratamientos restantes, esta variable puede influir en el rendimiento ya que a mayor número de nudos que presente una planta aumentara la capacidad de fotosíntesis de la misma, puesto que de cada nudo emergen las hojas y por ello puede influir en la producción de la planta.

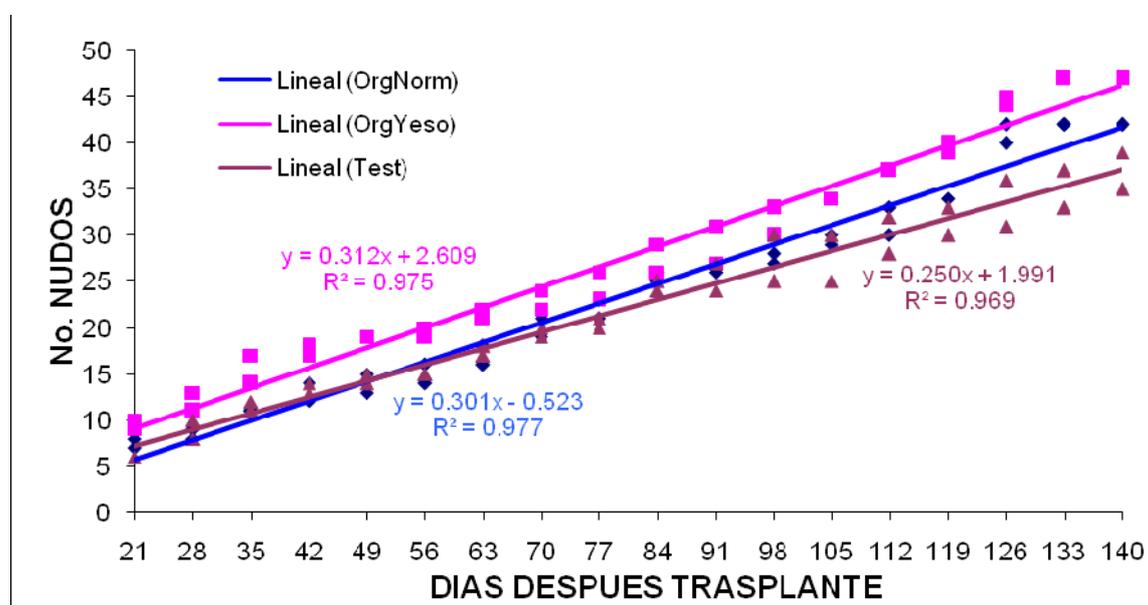


Figura 4.2. Gráfico Nudos de Plantas de tomate. CELALA-INIFAP, 2007.

Cuadro 4.4. Ecuaciones de regresión para nudos de plantas de tomate bola en invernadero. CELALA-INIFAP, 2007

Tratamiento	Genotipo	Ecuación	r ²	Nudos estimada (DDT)	
				50	100
T1	Imperial	y=0.301x-0.523	0.977	14.5	29.5
T3	Imperial	y=0.312x+2.609	0.975	18.2	33.8
T2	Imperial	y=0.250x+1.991	0.969	14.4	26.9

4.4. Floración

Se obtuvieron ecuaciones de regresión para cada uno de los tratamientos estudiados (Cuadro 4.4). Posteriormente se estimó al 1° y 8° racimo siendo “Y” DDT en que inicia o finaliza cada racimo y “X” el número de racimos florales.

En el caso del inicio del primer racimo, la primera floración aparece a los 25.4 DDT para el tratamiento (T2) y fertilización inorgánica mientras que la mas tardía fue (T1) fertilización orgánica 42.6 DDT.

Para el inicio del octavo racimo, la primera floración aparece a los 132.9 DDT para el tratamiento (T3) fertilización orgánica mientras que la mas tardía fue (T2) fertilización Inorgánica con 158.7 DDT.

En el caso del fin del primer racimo, este termina a los 257.6 DDT en el tratamiento (T3) siendo el más precoz; mientras que la mas tardía fue (T1) ambas en fertilización orgánica 68.4 DDT.

En el caso de la finalización del octavo racimo, para el tratamiento (T3) se llevó a cabo a los 144.9 DDT, en la fertilización Orgánica y el más tardío fue el (T2) fertilización Inorgánica 164.93 DDT.

De León (2004) encontró, al evaluar compost, genotipos, niveles de compost y medios inertes, que el primer racimo aparece entre los 16.86 y los 20.49 DDT, mientras que el quinto racimo aparece entre los 51.14 y 69.6 DDT.

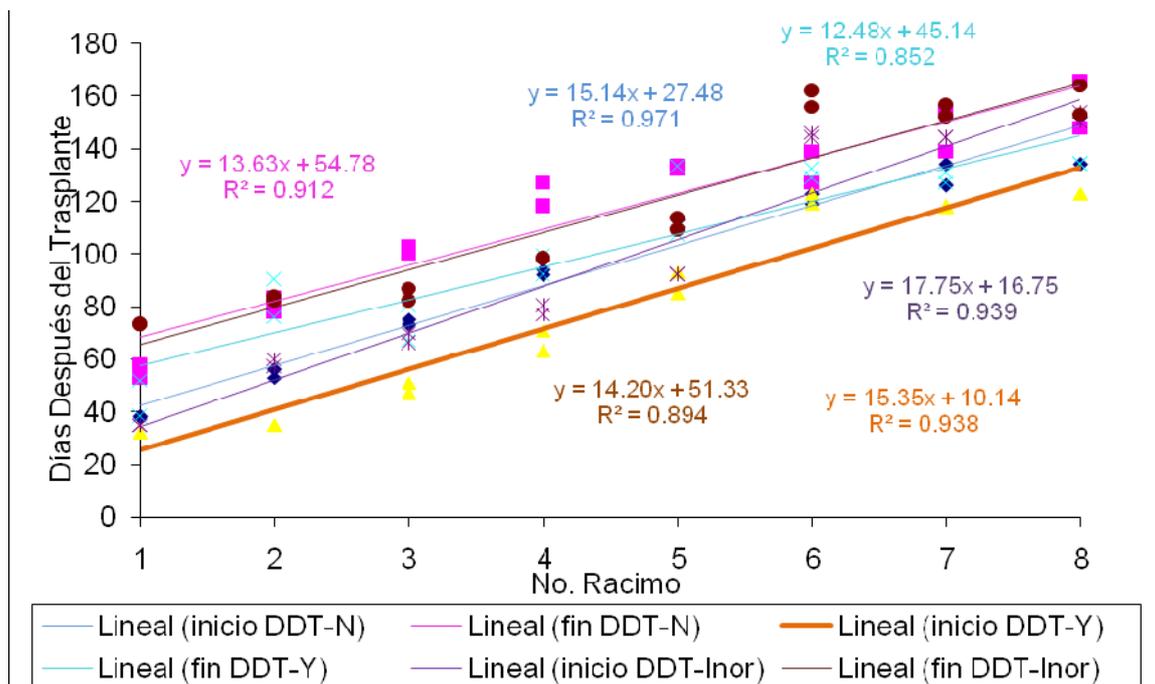


Figura 4.3. Grafico Floración de Plantas de tomate. CELALA-INIFAP, 2007.

Cuadro 4.5. Ecuaciones de regresión para inicio de floración de plantas de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP, 2007

Tratamiento	Genotipo	Fertilización	Ecuación	R ²	Racimos estimados (DDT)	
					1°	8°
T1	Imperial	Orgánica	$y=15.14x+27.48$	0.971	42.6	148.6
T3	Imperial	Inorgánica	$y=15.35x+10.14$	0.938	25.4	132.9
T2	Imperial	Orgánica	$y=17.75x+16.75$	0.939	34.5	158.7

Cuadro 4.6. Ecuaciones de regresión para fin de floración de plantas de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP, 2007

Tratamiento	Genotipo	Fertilización	Ecuación	Racimos r^2	Racimos estimados (DDT)	
					1°	8°
T1	Imperial	Orgánica	$y=13.63x+54.78$	0.912	68.4	163.8
T3	Imperial	Orgánica	$y=12.48x+45.14$	0.852	57.6	144.9
T2	Imperial	Inorgánica	$y=14.20x+51.33$	0.894	65.5	164.9

4.5. Calidad de fruto

4.5.1. Peso de Fruto

El análisis de varianza mostró diferencia significativa entre tratamientos obteniendo una media de 154.90 g y un coeficiente de variación de 36.64%.

En el caso del tratamiento (T3) fue la mejor con 192.55 g, siguiendo 161.45 g (T1), ambas con fertilización Orgánica y el menor fue 116.15 g en (T1) en fertilización inorgánica, (Cuadro 4.2). Los resultados obtenidos son inferiores a los mencionados por Morales (2006) quien reporta un peso de fruto para Ivonne de 201.7 g, en fertilización orgánica en compost y arena, en 50 %.

4.5.2. Diámetro polar

Para esta variable el análisis estadístico mostró diferencia significativa para tratamientos con una media de 5.18 cm, y un coeficiente de variación de 13.09%.

El tratamiento de mayor diámetro fue la fertilización orgánica (T1) con 5.54, intermediando (T3) con 5.52 cm, y el menor fue la fertilización inorgánica (T2) con un diámetro de 4.61 cm. (cuadro 4.2). Los resultados obtenidos para esta variable son menores a los obtenidos por Morales (2006) en comparación con los antes mencionados.

4.5.3 Diámetro Ecuatorial

El análisis estadístico mostró diferencia significativa para tratamientos, con una media de 6.73 cm y un coeficiente de variación de 16.71%.

Los resultados son inferiores a lo obtenido por Melo (2007) quien evaluando fertilización orgánica e inorgánica en tomate bajo condiciones de invernadero reporta una media de 7.74 cm.

Los resultados obtenidos en la prueba de medias entre tratamientos el mayor diámetro se presentó el (T3) con 7.18 cm e intermediano (T1) con 6.93 cm, ambas con fertilización orgánica y el menor fue el (T2) inorgánico con un valor arrojado de 6.17 cm, (cuadro 4.2).

4.5.4 Sólidos Solubles

El análisis de varianza para esta variable mostró diferencia significativa para todos los tratamientos con una media de 5.68 Brix, y un coeficiente de variación de 24.32%.

Mientras en que en la prueba de medias, entre tratamientos el mayor es de 7.87 Brix en el (T2) en fertilización Inorgánica, después (T1) con valor de 4.44 Brix y el menor con 4.33 Brix en el (T3) en fertilización orgánica, (cuadro 4.2). Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por De León, (2004), quien reporta una media de 4.04° Brix en fertilización orgánica y arena + compost en 50%.

4.5.5 Espesor de pulpa

El análisis de varianza presentó diferencia significativa para los tratamientos, con una media obtenida de 0.72 cm y un coeficiente de variación de 20.36% Los mejores resultados de medias entre tratamientos, el mejor presentó un valor de 0.79 cm (T1), seguido por 0.74 cm, (T3) ambas en fertilización orgánica y el menor resultado es en fertilización inorgánica (T2) con un valor de 0.64 cm (cuadro 4.2).

Los resultados obtenidos para esta variable son inferiores a los mencionados por Chávez (2004) quien señala una media de 0.81cm, probablemente se debe a la diferencia de genotipos utilizados en los estudios

4.5.6 Numero de lóculos

El análisis de varianza mostró diferencia significativa, obteniéndose una media de 4.28 y un coeficiente de variación de 34.86%.

Los resultados obtenidos de la prueba de media entre tratamientos se presenta con mayor número, (T2) en fertilización inorgánica, y como intermedio 4.44 (T3) y el que presentó el número menor de 4.78 (T1), ambas con fertilización orgánica, (cuadro 4.2).

De León (2004) y Ríos (2002) reportan una media de 5 y 4.9 lóculos respectivamente para el genotipo Bosky. Lo cual indica que son superiores a los obtenidos en este experimento, probablemente la diferencia se debe al tipo de genotipo estudiado.

4.5.7. Color, Hombros y Forma de Fruto

Los tratamientos evaluados presentaron diferente color, tanto interno como externo de fruto al momento de la cosecha, presentándose variaciones colorimétricas que fueron desde el color naranja hasta diferentes tonalidades de rojo (de rojo claro a rojo oscuro).

Dentro de las variables que determinan la calidad de fruto, forma, hombros, color interior y exterior se consideraron las clasificaciones ya establecidas para cada variable reportándose la media modal de cada uno.

Cuadro 4.7. Variables de calidad del fruto: color externo e interno, forma y hombros de fruto.

Tratamientos	Genotipo	Forma fruto ¹	Hombros	C. externo	C. interno
T1	Imperial	2	U	33-A y 33-B	31-C;34-B;35-B
T2	Imperial	3	U	32-A y33-A	35-A
T3	Imperial	3	U	32-A;33-A;33-B	39-B

¹, Forma globosa; 2, Forma globosa profunda; 3, forma achatado profundamente; 5, achatado surcado. U = Maduración Uniforme; G = Hombros Verdes (V+)

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados puedo concluir que efectivamente la fertilización orgánica y sustratos a base de compost producen mejores rendimientos, que la fertilización inorgánica con una media de rendimiento de ($68.70 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$); siendo inclusive estadísticamente iguales, las compostas pero entre ellos se distingue el compost con yeso por mantener un mayor rendimiento de ($185.96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y una mayor altura, e incluso la producción es más precoz en comparación con el compost con ($170.03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Para calidad se encontraron diferencia entre tratamientos, ya que en este caso la fertilización orgánica y sustrato arena y compost nos arroja un mejor, peso, diámetro polar y espesor de pulpa, aunque en el caso sólidos solubles es mayor en fertilización inorgánica, y la aplicación del compost u otro no varia el contenido de estos sólidos solubles en el fruto ya que estos son estadísticamente iguales.

La relación costo-beneficio se ve mas favorecida en la fertilización orgánica y diferentes compost, es directamente proporcional al rendimiento, donde ambos compost son estadísticamente iguales, siendo el compost con yeso ligeramente superior en rendimiento y de igual manera a la utilidad (Apéndice cuadro K).

VI. RESUMEN

Para la producción de invernadero una opción es usar un sustrato no inerte, que aporte elementos nutritivos a la planta, para sus requerimientos y principalmente que disminuya la aplicación de fertilizantes orgánicos. Dentro de los sustratos que aportan elementos nutritivos son: Compost y Vermicomposta.

La agricultura orgánica apunta para un mejor equilibrio natural y producir hortalizas sin dañar el ambiente, que en estos días hay la tendencia mundial por consumir productos orgánicos e inocuos, para una mejor salud y economía.

La producción hortícola de invernaderos se ha incrementando gradualmente en la República Mexicana y gran parte de estos están destinados al cultivo de tomate.

El presente experimento se estableció en un invernadero localizado en el Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP) ubicado en el municipio de Matamoros, Coahuila, en la Comarca Lagunera, mediante un diseño Completamente al Azar con 3 tratamientos y 10 repeticiones, utilizando como sustratos con arena y compost a razón de 50 y 50% con fertilización orgánica y para el segundo se utilizo arena al 100% como sustrato en fertilización inorgánica, para el tercer tratamiento se utilizo arena y compost con yeso como sustrato a ración 50 y 50% con fertilización orgánica. Evaluando las variables Rendimiento, Altura de Planta, Nudos y Floración, así como también las características de la calidad del fruto.

El tratamiento que mas rendimiento que produjo es el compost con yeso (185.96) $t \cdot ha^{-1}$, seguido por el compost con (174.03) $t \cdot ha^{-1}$, ambas en fertilización orgánica y al final con (68.78) $t \cdot ha^{-1}$, arena y fertilización inorgánica.

VII. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización Sobre Cultivos sin Suelo. Almería, España. Pp. 47-79.
- Alpi, A., y F. Tognoni, 1999. Cultivo en invernadero. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa Madrid., México Pp. 76-77.
- Anderlini, R. 1996. El cultivo de Tomate. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa Madrid., México Pp. 76-77.
- Ansorena, M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 107-109.
- Avila, J. 1989. Evaluación de nueve tratamientos con insecticidas para control de Bemisia tabaci en Chile. XXIV Congreso Nacional de Entomología. Oaxtepec, Morelos, México. Pág. 351.
- Bastida, A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. U.A. Chapingo. México. pp. 13-18; 143-166 y 185-190
- Bautista, N., y Alvarado, J. 2006. Producción de Jitomate en Invernadero. Colegio de Postgraduados. Texcoco Edo. de Mexico. Pp. 3 -16, 103 - 233.
- 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 Agricultores 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, Gua., México. Pp. 147-174.
- Blancard, D. 1996. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar. Versión Española de A. Peña I. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Bouzo, C.A. y F. Garinglio N. 2002. Invernaderos. Aspectos generales a tener en cuenta. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Cultivos intensivos. Kreder 2805. (3080) Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Bures, S. 1997. Sustratos. Ediciones agronómicas S. L., Madrid, España.

- Burgueño, C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, Diapositivas 102-104. En: Memorias del 1er Simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Calvert, A. 1973. Environmental responses. In: "Kingham, H. G. (Ed.). The U.K. tomato manual. Grower books, London": Pp. 23-24.
- Cano, R. P., Rodríguez, D. N., Chávez, G. J. F., Chew, M. Y., Jiménez, D. F. y Nava, C. U. 2002. Identificación Plagas y Enfermedades del Tomate Bajo Condiciones de Invernadero. En: Memorias de la XIV Semana Internacional Agronomía (septiembre, 2002). México, Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Cano, R. P., Reyes, J. I., Figueroa, V. U., y Nava, C. U. 2004. Especies de Mosquita Blanca Presentes en La Comarca Lagunera. Folleto Núm. 8. INIFAP-CIRNOC-CELALA Matamoros, Coahuila, México. Pp. 1-7.
- Cano, R. P., Moreno, R. A., Cándido, M. H., Rodríguez D. N. y Martínez, C. V. 2004. Producción Orgánica de Tomate Bajo Invernadero en la Comarca Lagunera. En: IV Simposio Nacional de Horticultura. Memorias: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. (10:2004). Torreón Coahuila México. Pp. 105- 118.
- Cano, R. P., Márquez, H. C., Figueroa, V. U., Rodríguez, D. N., Martínez, C. V., y Moreno, R. A. 2005. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. En XVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Memorias. (9; 2005). Gómez Palacio, Durango, México. Pp. 48-54.
- Cano, P; Ávila, R. y Nava, V. 2004. Identificación de las plantas hospedantes de la mosquita blanca de la hoja plateada en la Comarca Lagunera. SAGARPA, INIFA-CELALA. Matamoros, Coahuila, México. Pp. 1-18
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y Fisiología de la Planta, Pp. 43-87. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México
- Chaney, D. E., Drinkwater, L. E., and Pettygrove, G. S., 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. Pág. 36

- Chavez, C. J. J. 2004. Efecto de cuatro niveles de composta en híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN U-L. Torreón Coahuila. México.
- Cadahia, L., C. 1999. Fertilización. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez (Ed.) Editorial Mundi-Prensa México. Pp.169-186.
- Canovas, 1999. Manejo del cultivo sin suelo. Pp. 229-235. In: El Cultivo del Tomate. F. Nuez (Ed.) Editorial Mundi-Prensa México.
- Caro, M. P. 2001. Manejo de plagas del cultivo del chile. In: Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa". Guadalajara, Jalisco, México. Pp. 40-44.
- 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. 30: 1pp. 37- 47. M/CSIS/Ctr Edafol & Biol Aplicada Segura. Dept Fisol & Nutr Vegetal/POB 4195/Murcia. Spain.
- Casseres, E. 1984. Producción de Hortalizas. 3ª edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp. 71-105.
- Castellanos, J. Z. 2003. Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 1-3
- Castilla, P. N 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; Pp. 191-211- En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-prensa. México.
- Castilla, P. N 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. Pp. 191 -125. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi – Prensa. Mexico.
- Cervantes, F. M. a. 2004. Abonos Orgánicos (En línea).
www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm. [Consulta: 24/06/2006]
- CETENAL 1970 Carta Topográfica Escala 1:500,000. México D.F.
- Cotter, D.J. y R. E. Gómez, 1981. Cooperative extension service. 400 H11 pp. 4. U. New México, U.S.A.
- Comisión Nacional del Agua, 2002. Gerencia Regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón. Coahuila.
- Cockshull, K. E. 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate Acta Hort. 229 113 - 123.

- De León, R. W. R. (2004) Evaluación de compostas y sustratos inertes en tomate bola bajo invernadero Tesis de Licenciatura. UAAAN U-L. Torreón Coahuila México.
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. Pp. 93-129 En: El Cultivo del Tomate. F. Nuez (Ed.) Editorial Mundi-Prensa. México.
- Dodson, M., Bachmann J. and Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA.
- Escudero, S. J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. In: "Cultivos sin Suelo", Hortalizas En clima Mediterráneo". Compendio de Horticultura 3 Ed. de Horticultura, S. L. Sustrato. Martínez, C. E. y L. M. García. 1993.
- FAO. 2000. <http://www.Fao.org/> Martínez, C. E. y L. M. García. 1993. "Cultivos Sin Suelo, Hortalizas En Clima Mediterráneo". Compendio de Horticultura 3 ED. De Horticultura, S. L. Sustrato.
- Ferreira, C. C. 2002. El CO₂ elemento indispensable para la producción de vegetales. Asociación Interregional de Investigación y Experimentación Hortícola. Disponible en: <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/flores/co2.html> 20/10/06.
- 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, Coah.
- Fonseca, E. 2001. Costos de la producción hidropónica de tomate. *In*: Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Castellanos, J. Z.; Guerra, O. F.; Guzmán, P. M. (Eds.) Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C. México. Guadalajara, Jalisco. México. pp. 399-408.
- Francescangeli, N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión Estación Experimental Agropecuario, San Pedro Buenos Aires, Argentina.
- Fitzpatrick, E. A. (1996). Suelos, su formación, clasificación y distribución. 1ª (Ed). En Español Cia. Editorial continental, S.A. de C.V. México. D.F.
- García, C., R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrizica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo.

- Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, Edo. De México.
- Garza, L. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, Edo. De México.
- Godínez, J.A 2003. Los fertilizantes en México In: fertilizantes y enmiendas de origen mineral. H. Nelson y R. Sarudiasky Ediciones Panorama Minero.
- Green, P. 2005. Sustentabilidad. Consultado en <http://www.aceproject.org/main/espanol/et/et30c.htm>. (El día 25 de junio)
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition (USA)* 27 (6): 1107-1123.
- Hazera, 1999 Quality Seeds Ltd, quality seeds tomato. Ficha técnica. Israel.
- Heeb, A., Lundegårdh, B., Ericsson, T. and Savage, G. P. 2005. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. [*Journal of the Science of Food and Agriculture*](#) (USA) 85: 1405-1414
- Horward, W. 1995. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. Pp. 163-171. Wener. Hazera LTD. Pág.1166. Brurin Israel.
- Infoagro, 2003. El cultivo de tomate. Consultado en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp> (1 de noviembre de 2005).
- Infoagro. 2004. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp>, 2004).
- Johnson, H. Jr. and C. R. Rock. 1975. Greenhouse tomatoes production. Division of Agricultural sciences University of California, Riverside. Printed December 1975.
- Lacasa, A. y J. Contreras. 2001. Las plagas, Pp. 387-463. *En:*(Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa, México.
- Lamas, N. M. 2003. FIRA. Boletín Informativo. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano.
- Lara, de la C. E. 2005. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgánico bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis: Licenciatura. UAAAN U-L. Torreón, Coahuila. México.

- Lomelí, Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, ventajas y beneficios comerciales. Edición número 60. Ocotlán, Jalisco, México.
- López, E. J. I. 2003. Producción de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro –Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.
- López, C. A. F. 2003a. manual para la preparación y venta de frutas hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151. Balcarce, argentina. Available at <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s00.htm#> (verificada el 20 de septiembre 2007).
- Luévano, G. A., y N. E. Velásquez G. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Año Vol.:9 (2) 306-320.
- Lupin, M., H. Magen and 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.
- Magán, C., J. J. 2002. Sistemas de cultivo en sustrato: a solución perdida y con recirculación del lixiviado. Cultivos sin Suelo II. Curso Superior de Especialización. Estación Experimental las Palmerillas- Caja Rural de Almería Pp. 173 - 205.
- Marín, G. R 2003. Invernadero sinónimo de productividad. Disponible en http://semanario.ucr.ac.cr/ediciones2003/M11Noviembre_2003/1552_NOV20/crisol.html. 20 de agosto 2007.
- Mejía, G., H. S. Anaya R., y J. Romero N. 1999. Diagnósis Comparativa de la Mosquita Blanca Bemisia tabaci Gen y B. Argentifolli B. Y P. (Homoptera: Aleyrodidae). En: Anaya R. S. (Ed.). Hortalizas Plagas y Enfermedades 1ed. Ed. Trillas. Méx. D. F. Pp.132-146.
- Melgarejo, R., M. y I. Ballesteros M. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y composta. Derivados de diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombiana de Química. 26(2): 3-7.

- Melo, C. J. 2007 Fertilización orgánica e inorgánica en tomate bajo condiciones de invernadero Tesis. Licenciatura. UAAAN U-L Torreón, Coah. México. Pág. 28-30.
- Molina, R. J. F. 2004. Situación actual y perspectivas de la industria de invernaderos In: Memorias del IV Simposium Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseños, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila. Octubre. Pp. 1-11.
- Morales, E. A. 2006. Evaluacion de Hibridos de Tomate Bola en Composta Bajo Invernadero. Tesis . Licenciatura. UAAAN. U-L Torreón Coahuila. México.
- Muñoz, R. J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero. Pp. 226 – 262. In: Manual de producción hortícola en invernadero. J.J Muñoz Ramos y J.Z Castellanos (Eds) INCAPA. México.
- Márquez, H. C., Cano, R. P., (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero, In: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. (Eds) Ch C Leal, J AG Garza del 20 y 21 de mayo 2004 en Monterrey Nuevo León, fundación UANL y Facultad de Agronomía de UANL. Pp. 1-11.
- Márquez H. C., Cano R. P., Chew M. Y. I., Moreno R. A., Rodríguez D. N. 2006. Sustratos en la producción de tomate orgánico bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 12 (2): Pp.183-188.
- Márquez H. C., Cano R. P., y Cueto M. V. 2005. Fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero, In: 3er. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. (Eds) Ch C Leal, J AG Garza Monterrey Nuevo León, fundación UANL y Facultad de Agronomía de UANL. Pp. 1-13.
- Navarro G. M. 2002. Nutrición Vegetal Balanceada y riego por goteo en cultivos hortícolas. En: Memorias del segundo Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. 7 -11 de octubre.
- NOP, 2004. The national organic program. USDA-USA.
- Nelson, V. R. 1994. Intensificación y conducción del cultivo del tomate. Segundo congreso Internacional de Nuevas Tecnologías agrícolas. Nayarit, México.155-159.
- Nuez, V. F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp. 626-669. In: Cultivo del Tomate. F. Nuez (Ed.) El Editorial Mundi-prensa México.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del jitomate. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España

- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable Técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México
- Ortega A. L. D. 1999. "Mosquita blanca Vectores de Virus en Hortalizas. Pp. 149-150. *En*: Anaya R. S. (Eds.). Hortalizas Plagas y Enfermedades Ed. Trillas. México. DF.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para uso industrial en el Estado de Morelos, 1980- 1982., SARH. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Paulus, O. A. y Correll C. J. 2001 Enfermedades Infecciosas. Pp. 18-19. *En*: Plagas y Enfermedades del Tomate. The American Phytopathological Society (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Pérez, T. M. D 2003. Comportamiento de Líneas Segregantes de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) de hábito indeterminado con la Incorporación del Carácter Extrafirme. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila México. Pág. 24.
- Porta J.L Acevedo, M., y Roquero C. 2003. Edafología para la agricultura del medio ambiente. Tercera edición. Editorial mindi-prensa Pág. 929
- Quintero, A. 2004. La composta. Curso sobre agricultura orgánica. Guadalajara, Jal. INCAPA.
- Raviv, M., Oka, Y., Katan, J., Hadar, Y., Yogev, A., Medina, S., Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *Bioresource Technology (USA)* 96(4):419-427.
- Resh, H. M. 1996. Elementos Nutritivos para la Fertilización. Editorial Mundi-Prensa. España. Pp. 117-120.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. 4ª edición. Editorial Mundi-Prensa España. Pág. 68-70.
- Rhoades J.D Kandich y A.M Mashali. 1992. the use of salinity waters for crop production. FAO. Irrigation an drainage. Paper No 48. Roma.
- Reis, M., F. X. Martinez., M. Soliva., A. A. Monteiro., 2001, Composted organic residues as a substrate component for tomato transplant production. International Symposium on Composting of Organic Matter. Editors C. Balis, K. Lasaridi,

- R.A.K. Szmidt, E. Stenifort, J. Lopez-Real. 1 March 2001, N° Artículo 17. Vol 1. Halkidiki, Macedonia, Greece.
- Ríos, J. A. 2002. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de los híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. UAAAN -UL. Torreón, Coahuila. México Pág. 59.
- Rodríguez R. R., Tabares R.J., y Medina S. J. 1997. Cultivo moderno del tomate. Segunda Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. Pp. 65-81.
- Rodríguez, D. N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño invierno la Comarca Lagunera. Tesis. Maestría. UAAAN U-L, Torreón; Coahuila. México Pág. 81.
- Rodríguez, del R. A. 2001. Manejo del Cultivo Extensivo para Industria, Pp. 255-309. In: El Cultivo de Tomate. F. Nuez (Ed). Editorial Mundi-Prensa. México. Reimpresión.
- Rodríguez M. R. y Jiménez D. F. 2002. Manejo de invernaderos. In: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Venecia, Durango. Pp. 58-65.
- 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
- Ruiz, F. J. F. 1995. La agricultura orgánica: Ecología o Mitología? (Respuesta a algunas interrogantes). Coordinación del Programa de Investigación de Agricultura Orgánica. Agosto, 1995. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruiz, F. J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica, bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. Colima, Col. 7 y 8 de Noviembre de 1996. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica, Gobierno del Estado de Colima y SAGAR-INIFAP.
- Ruiz, F. J. F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Rynk, R. 1992. On-Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York, p.186.

- Sade, A. 1988. Cultivos Bajo Condiciones Forzadas. Nociones Generales. Rejovot, Israel. Pág. 143.
- Sade, A. 2001. "Substratos y nutrición artificial, sistemas para establecer cosechas sin emplear suelo en los invernaderos". En Revista Agricultura de las Américas. Limburgerhof, Alemania. Año 50, No 4. Agosto. pp. 24-31
- SAGARPA 2006. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Resumen agrícola de la Región Lagunera durante 2005. *En*: El Siglo de Torreón Resumen Económico de la Comarca Lagunera. 2006.
- Sánchez, F. y Escalante, E. R. 2001. Hidroponía principios y métodos de cultivos. Tercera edición. U. A. Chapingo. Chapingo, México. pp. 119-151
- San Juan, J. 2005. Fertilización orgánica en tomate bajo condicione de invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Torreón, Coahuila, México. pp. 57-65
- Sánchez, B. F. y Favela Ch. E. 2000. Construcción y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. En Impresión.45 paginas
- Sánchez, C. M. 2001. Manejo De enfermedades del tomate. *In*: Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa". Guadalajara, Jalisco, México. Pp. 22-39.
- Santibañez, E. 1992. La Comarca Lagunera, Ensayo Monográfico. Tipográfica Reza S.A. Torreón Coahuila México. Pág. 14.
- SAS. 1998. Statistical Analysis System. Version 6.12. Edition Cary N. C. USA.
- Schuster, D. J. 2001. Enfermedades no Infecciosas. Pp. 53-55. En: Plagas y Enfermedades del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa. México
- Serrano, C. Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Editorial Aedos. Imprenta Juvenil S.A. Barcelona España.
- Soto, G. y Muñoz C. 2002. Manejo Integrados de Plagas y Agroecología. Costa Rica. Pág. 124
- Tello, M. J., y Del Moran de la V. J. 1999. Enfermedades no víricas del tomate. Pp. 525-567. *En*: F. Nuez. El Cultivo del Tomate. (Ed) Mundi-Prensa México.
- Tiscornia, J. R. 1989. Hortalizas de fruto. Tomate, Pimiento, Pepino y otras. Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. Pp. 7-9.

- Toyes, A., R. S. 1992 La agricultura orgánica: una alternativa de producción para pequeñas zonas agrícolas. Los Cabos, Baja California Sur. México. Tesis Profesional universidad de Baja California Sur. Pág. 145.
- Trevor, V., Suslow y M. Cantwell. 2002. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Pp. 2-4. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. Pelayo C. por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.
<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/ProduceFacts/Espanol/Tomate.shtml>.
- USDA, 2002. Organic food standards and labels: The facts. Disponible en <http://www.ams.usda.gov/nop/consumers/brochure.html>, consultado 10-09-2005.
- Valadéz, A. 1990. Producción de hortalizas. (Ed) Limusa, Mexico D.F Pp. 198-222.
- Van, de Vooren, J. G., W. H. Welles and G. Hayman. 1989. Glasshouse crop production. En: Atherthon J. G. Rudich, J. (Ed. The Tomato crop Chapman and hall. London: 581-632.)
- Van Maanen JM, Pachen DM, Dallinga JW, Kleinjans JC. 1998. Formation of nitrosamines during consumption of nitrate- and amine-rich foods, and the influence of the use of mouthwashes. Cancer Detect Prev 22:204–12.
- Yurjevic, A. 2004. Agroecología y Producción Orgánica: Evolución durante la década de los 90's. Febrero. Numero 14. Consultada en http://www.claridades.cl/revistas/dig_1/agro.htm.
- Zaidan, O. y A. Avidan, (1997). CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel.

VIII. APÉNDICE

Cuadro A. Análisis de Varianza para la variable Rendimiento (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	83178.043	41589.021	12.16	0.0002
Error					
Experimental	27	92312.300	418.974		
Totales	29	175490.344			

Coeficiente de Variación: 40.91032 %
 Media de Rendimiento: 142.9272 t ha⁻¹

Cuadro B. Análisis de Varianza para la variable Forma de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	13.650	6.825	5.42	0.0064
Error		90.669	1.259		
Experimental	72				
Totales	74	104.32			

Coeficiente de Variación: 41.87 %

Cuadro C. Análisis de Varianza para la variable Peso de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	78430.517	39215.258	10.94	0.0001
Error		258030.765	3583.760		
Experimental	72				
Totales	74	336461.283			

Coeficiente de Variación: 38.64488 %
 Media de Peso de Fruto: 154.90 grs.

Cuadro D. Análisis de Varianza para la variable Diámetro Polar de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	14.597	7.298	15.81	0.0001
Error		33.234	0.461		
Experimental	72				
Totales	74	47.831			

Coeficiente de Variación: 16.71 %
 Media de Diámetro Polar de Fruto: 5.189 cm.

Cuadro E. Análisis de Varianza para la variable Diámetro Ecuatorial de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	14.651	7.325	5.78	0.0047
Error		91.321	1.268		
Experimental	72				
Totales	74	105.972			

Coeficiente de Variación: 16.71 %

Media de Diámetro Ecuatorial de Fruto: 6.736 cm.

Cuadro F. Análisis de Varianza para la variable Sólidos Solubles de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	213.420	106.710	55.79	0.0001
Error		137.726	1.912		
Experimental	72				
Totales	74	351.146			

Coeficiente de Variación: 24.32 %

Media de Sólidos Solubles de Fruto: 5.68 Bríx.

Cuadro G. Análisis de Varianza para la variable Espesor de Pulpa de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	0.291	0.145	6.78	0.0020
Error		1.548	0.021		
Experimental	72				
Totales	74	1.840			

Coeficiente de Variación: 20.36 %

Media de Espesor de Pulpa: 0.72 cm.

Cuadro H. Análisis de Varianza para la variable Número de Lóculos de Fruto (CELALA-INIFAP, 2007).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabla
Tratamientos	2	22.791	11.395	5.12	0.0084
Error		160.328	2.226		
Experimental	72				
Totales	74	183.120			

Coeficiente de Variación: 20.36 %

Cuadro I. Costos estimados de productos para la producción orgánica con sustrato arena y composta. CELALA-INIFAP, 2007.

Producto	Necesidades	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
Biomix N	2490 Lt	40	99,600.00
Biomix K	4526 Lt	40	181,040.95
Bioquel Fe	101 Kg	240	24,240.00
Arena	370.37 m ³	35	12,962.00
Compost	370.37 Ton	400	148,148.00
Total:			465,990.95

Cuadro J. Costos estimados de productos para la producción orgánica con sustrato arena y composta. CELALA-INIFAP, 2007.

Producto	Necesidades	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
Biomix N	2490 Lt	40	99,600.00
Biomix K	4526 Lt	40	181,040.00
Bioquel Fe	101 Kg	240	24,240.00
Arena	370.37 m ³	35	12,962.95
Compost con yeso	370.37 Ton	650	240,740.50
Total:			58,583.45

Cuadro K. Costo estimado a una hectárea para la fertilización orgánica y los dos tipos de compostas como sustratos CELALA-INIFAP, 2007.

Sustratos	Rendimiento t ha ⁻¹	Precio Promedio/ton.	Ingresos (\$)	Costos Fertilización	por Utilidad (\$)
Arena-compost con Yeso.	185.96	8,000.00	1,487,680.00	558,583.45	929,097.00
Arena y compost	174.03	8,000.00	1,392,240.00	465,990.95	926,249.05

Cuadro L . Resultados de los análisis practicados a la Compost (1), compost con yeso (2), y Agua utilizados. CELALA-INIFAP 2007.

Numero de laboratorio	Composta 1	Composta 2	agua
FERTILIDAD			
pH (disolución 1:1)	7.73 MA	7.74 MA	7.02
Materia organica (M.O) %	17.17 A	35.50 A	
Nitratos de Nitrogeno (N-NO3) p.p.m.	58.79 A	69.71 A	0.01
Fosforo disponible	57.21 ^a	61.47 A	
Carbonatos Totales (C.T) %	20.40A	19.90 A	0
Potasio (K) p.p.m.	573.0A	620.0 A	0.01
Fierro (Fe) p.p.m	4.26	4.78	0.01
Cobre (Cu) p.p.m.	1.16	2.20	0.01
Zinc (Zn) p.p.m.	3.82	4.17	N.D
Manganeso (Mn) p.p.m.	3.97	4.11	0.01
SALINIDAD			
pH	7.83 MA	7.71 MA	
Conductividad Electrica mScm ⁻¹	6.50 MS	7.57 MS	0.28
Cationes solubles Calciomeq/L	34.73	45.63	1.73
Magnesio meq/L	8.06	7.40	0.12
Sodio meq/L	19.07	19.36	1.10
Potasio meq/L	2.85	2.97	0.01
SUMA DE CATIONES SOLUBLES	64.71	75.36	
Aniones solubles: Carbonatos meq/L	0	0	
Bicarbonatos meq/L	2.52	11.71	0.82
Cloruros meq/L	39.67	47.27	0.44
Sulfatos meq/L	26.41	17.33	1.38
SUMA DE ANIONES SOLUBLES meq/L.	68.60	76.31	
Relacion adsorción de sodio (ras)	4.12	3.76	1.14
Por ciento de Sodio intercambiable (PSI)	4.60	4.11	
Dureza total mgL ⁻¹			92.5
Alcalinidad total mgL ⁻¹			41.0
Solidos totales mgL ⁻¹			240.0