

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE VARIETADES DE TOMATE CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
BAJO INVERNADERO**

Por

SARA SOLÍS MORALES

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE VARIETADES DE TOMATE CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
BAJO INVERNADERO**

Por

SARA SOLÍS MORALES

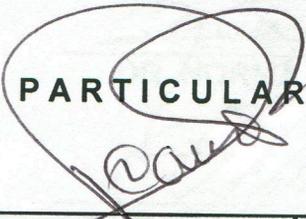
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

**Asesor
principal:**



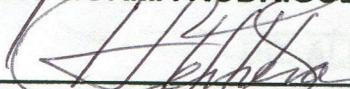
DR. PEDRO CANO RÍOS

Asesor :



DR. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

Asesor :

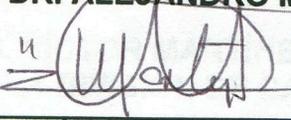


DR. TEODORO HERRERA PÉREZ

Asesor:



DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Torreón, Coahuila, México

**Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
Diciembre de 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

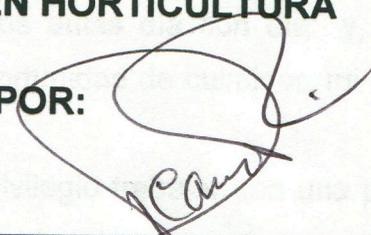
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS DE LA C. SARA SOLÍS MORALES QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

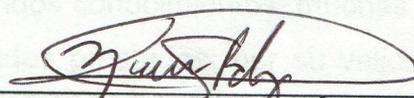
APROBADA POR:

PRESIDENTE



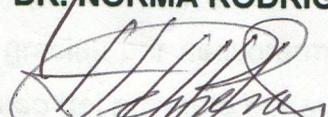
DR. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL



DR. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

VOCAL

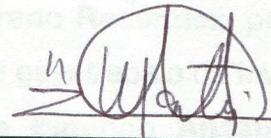


DR. TEODORO HERRERA PÉREZ

VOCAL SUPLENTE



**DR. ALEJANDRO MORENO
RESÉNDEZ**



**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A ti **padre celestial** por ser mi guía y fortaleza en los momentos de angustia. Te doy gracias por haber llegado en el momento oportuno, cuando más necesitaba un te quiero, llegaste de la forma más humilde y simple, abrigándome con tu dulce amor y perdonando mis pecados sin importar el daño que había causado a mi prójimo. Todo lo que he logrado es por ti, solo por ti Jesús. A ti sea siempre la honra y la gloria.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por la oportunidad de aceptarme como alumna, de prepararme en tus aulas día con día y, por darme abrigo durante todo este tiempo así como la oportunidad de culminar mi carrera que es lo que tanto anhelaba.

Al DR. Pedro Cano Ríos, ha sido un privilegio trabajar con una persona tan valiosa; con mucha cultura por lo cual es admirable, que antes de ser mi asesor, un amigo y un maestro, por compartir sus profundos conocimientos, muchas gracias por guiarme en esta tesis, por todas las facilidades prestadas, por su valioso tiempo y confianza. Fue un honor y una experiencia muy grata.

A la DRA. Norma Rodríguez Dimas, gracias por asesorarme, por compartir sus conocimientos conmigo durante el transcurso del proyecto por su gran paciencia, consejos y dedicación.

Al DR. Teodoro Herrera Pérez, por todo su apoyo incondicional como asesor para la realización de este trabajo, por las necesidades que se presentaban y atenderlas con responsabilidad.

Al DR. Alejandro Moreno Reséndez, por regalarme su tiempo, dedicación y espacio para la realización de este trabajo de investigación.

A mi Amiga Heladia Esteban Anastacio, por haber convivido con ella durante cuatro años y medio dentro y fuera de la universidad. Después de tanto sufrir hemos terminado la carrera ya vez que si se pudo, te agradezco por haberme brindado tu amistad así como tu apoyo cuando lo necesité. Espero que algún día nos volvamos a ver. Te deseo lo mejor amiga mía. Donde quiera que estés que Dios te bendiga.

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme dado la vida y la dicha de existir en este mundo tan maravilloso, por estar conmigo en todo momento y en toda ocasión, en las cosas buenas y en las cosas malas de mi vida. Por darme los padres y los hermanos que tengo, que bendices a diario a la familia y también por los sinceros amigos que a mí paso e encontrado, gracias por ser para la humanidad el ejemplo de actuar con respeto y humildad. **Gracias señor.**

A MIS PADRES

José Solís Fabián

Sara Morales Mendoza

Por todo su amor, cariño, dedicación y entrega, por depositar su confianza y haber creído en mí, antes y durante mi carrera, gracias por ser los padres más excelentes, por inculcarme esos valores de respeto, humildad y honestidad. Por todo su apoyo incondicional, porque son los motores de mi vida y mi ejemplo a seguir; porque he sido testigo del esfuerzo, empeño y sacrificio que han hecho para que cada uno de nosotros tenga un futuro brillante, le doy gracias a Dios por tenerlos a mi lado, a quienes les debo lo que soy, les quiere mucho, les ama y les respetará por siempre esta su hija. **Gracias papas.**

A MIS HERMANOS

José, Micael y Noel. Por todo su cariño, comprensión y apoyo que me han dado a través de sus consejos, por estar conmigo en todo momento; que la vida nos a puesto en el camino de quienes he aprendido mucho; como pagarles, se han convertido en una luz porque me transmiten energía con la fuerza de sus corazones y motivo más para ser mejor cada día por ustedes para que se sientan orgullosos de su hermana, a todos los quiero mucho **Gracias hermanitos.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Metas.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Generalidades del tomate.....	5
2.1. Origen del tomate, clasificación taxonómica y morfología.....	5
2.2 Generalidades de invernadero.....	10
2.1.3 Exigencias de clima del cultivo del tomate.....	13
2.1.4 Elección del genotipo.....	18
2.2 Labores culturales	20
2.2.1 Aporcado y rehundido.....	20
2.2.2 Tutorado.....	20
2.2.3 Poda de formación.....	21
2.2.4 Poda de brotes axilares o destallados.....	21
2.2.5 Poda de hojas o deshojado.....	22
2.2.6 Poda de brote apical.....	22
2.2.7 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos.....	22
2.2.8 Polinización.....	23
2.3 Índice de cosecha y calidad.....	23
2.3.1 Generalidades	23
2.3.2 Calidad del fruto.....	24
2.3.3 Sólidos solubles (°Brix).....	25
2.4 Sustratos	26
2.4.1 Generalidades	26

2.4.2 Tipos de sustratos	28
2.4.3 Clasificación de los sustratos	28
2.5 Fertilización y fertirrigación	29
2.6 Fertilización orgánica.....	30
2.6.1 Importancia de los fertilizantes orgánicos.....	31
2.6.2 Propiedades de los fertilizantes orgánicos	33
2.6.3 Productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo	34
2.7 Formas de fertilizar orgánicamente	35
2.7.1 Compost	35
2.7.2 El vermicompost.....	38
2.8 Mineralización.....	39
2.9 Abonos orgánicos.....	40
2.9.1 Justificación de uso	40
2.9.2 Usos	41
2.9.3 Compost	41
2.9.4 Nutrientes en el compost.....	42
2.9.5 Relación Compost – Tomate	43
2.10 Tipos de producciones.....	44
2.11 Sustentabilidad	45
2.12 Manejo integrado de plagas	45
2.13 Elección de genotipos.....	46
2.14 Antecedentes de rendimiento de tomate en condiciones de invernadero47	
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	51
3.2 Localización del experimento	51
3.3 Forma del Invernadero	51
3.4 Material compost	52
3.5 Genotipos	53
3.6 Diseño experimental.....	53
3.7 Siembra, trasplante y fertirriego.....	53
3.8 Procedimiento para la preparación del té de compost.....	55

3.9 Manejo del cultivo	57
3.9.1 Poda	57
3.9.2 Entutorado	57
3.9.3 Polinización	58
3.10 Control de plagas y enfermedades	58
3.11 Cosecha	58
3.12 Variables evaluadas en tomate	59
3.13 Análisis estadísticos	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1 Rendimiento	60
4.2 Número de frutos	61
4.3 Calidad de fruto	61
4.3.1 Peso de fruto	61
4.3.2 Diámetro polar	63
4.3.3 Diámetro ecuatorial.....	63
4.3.4 Sólidos Solubles	64
4.3.5 Espesor de pulpa.....	64
4.3.6 Número de lóculos.....	64
4.3 Altura de planta.....	65
4.4 Floración.....	67
CONCLUSIONES	68
RESUMEN.....	69
LITERATURA CITADA.....	71
I. APÉNDICE.	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Principales componentes del fruto del tomate, Chamarro (2001).	10
Cuadro 2.2 Absorción diaria de nutrimento en tomate para cada etapa fenológica en kg ha ⁻¹ . UAAAN-UL. 2007.....	30
Cuadro 2.3 Concentración de nutrientes en el compost y té de compost (Ochoa, 2007).....	49
Cuadro 3.1 Composición del análisis químico del compost, UAAAN.UL, 2007.	52
Cuadro 3.2 Concentración de nutrimentos en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan, 1997). UAAAN- U.L, 2007	54
Cuadro 3.3 Análisis químico del agua para riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. 2007.	55
Cuadro 3.4 Solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo de tomate en el sustrato testigo bajo condiciones de invernadero, UAAAN-UL, 2007.	55
Cuadro 4.1 Rendimiento tomate con tres formas de fertilización evaluados bajo invernadero. Ciclo 2007 UAAAN-UL.....	60
Cuadro 4.2 Efecto de tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto en genotipos de tomate en el ciclo 2006-2007 UAAAN-UL Torreón Coah.	62
Cuadro 4.3 Efecto de la interacción en los tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto en genotipos de tomate en el ciclo 2006-2007 UAAAN-UL Torreón Coah.....	63
Cuadro 4.4 Número de lóculos en frutos de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila.	65
Cuadro 4.5 Altura de planta de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila	66

Cuadro 4.6 Inicio de floración al primer racimo de planta de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila.

67

Cuadro 4.7 Efectos de la fertilización con tres niveles de Nitrógeno en el periodo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Cuadro 4.8 Ecuaciones de regresión para el área y inicio de floración de plantas de tomate. CETA LA LAGUNERA 2006.

Cuadro 4.9 Análisis de varianza para la variable inicio de floración en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Cuadro 4.10 Análisis de varianza para la variable rendimiento en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Cuadro 4.11 Número de frutos por planta en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Cuadro 4.12 Calidad de frutos en la ciudad de Iruya en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Cuadro 4.13 Calidad de fruto en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 - 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro A 1 Análisis de varianza para la variable altura en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, durante el periodo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.	85
Cuadro A2 Ecuaciones de regresión para altura e inicio de floración de plantas de tomate. CELALA-INIFAP, 2000	85
Cuadro A 3 Análisis de varianza para la variable Inicio de floración en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.	85
Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.....	86
Cuadro A5. Número de frutos por planta en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.	86
Cuadro 6.A Cuadrados medios en la calidad de fruto en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.....	86
Cuadro 4.B Calidad de fruto en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Altura de planta a) Marissa b) Romina híbridos de tomate cultivados en tres tratamientos de fertilizante en invernadero. Comarca Lagunera, 2006-2007. T1 = arena + solución nutritiva. T2= arena +compost (1:1; v: v) + té de compost. T3 = arena: compost con yeso (1:1; v: v) + fertilizante orgánico.....	66
---	----

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es en la actualidad la hortaliza más cultivada en el mundo con una superficie superior a los 3.6 millones de hectáreas que suponen una producción de casi 85 millones de toneladas; además es el cultivo más intensamente explotado bajo condiciones de invernadero debido principalmente a su alta capacidad de producción y su alto consumo. Entre los países con mayor producción de tomates se encuentra China, E.U. Turquía, Rusia, Italia, Egipto, India, España y México que ocupa la décima posición con una superficie de 80 mil hectáreas generando un rendimiento de 25 toneladas por hectárea (FAO, 2001).

El fruto en fresco se puede encontrar hoy en los grandes mercados consumidores en todas las épocas del año. De la gran diversidad de hortalizas que se explotan a nivel nacional, el tomate es la más importante, tanto por superficie de siembra, como por el valor de su producto. La producción en condiciones protegidas en México actualmente, asciende a 4,900 ha, y presenta, una tasa de crecimiento anual de 25%. De esta superficie 3,450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca, 2006).

La demanda creciente de alimentos y el deterioro del ambiente, obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos (Cruz *et al.*, 2003). Además, un fenómeno mundial es el crecimiento en el consumo de productos orgánicos (Alrøe y Kristensen, 2004).

Por otra parte, la producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, combinada con otros factores, incrementa el rendimiento y calidad de la cosecha (Vida *et al.*, 2004).

La agricultura orgánica como un sistema de producción viable y productiva para las zonas áridas, semiáridas y tropicales del país y del mundo es un proceso de desarrollo sustentable que debe utilizarse y extenderse lo más posible entre los productores a todos sus niveles, considerando los costos de producción tan altos en una agricultura tradicional y modernizada dado el uso tan elevado de insumos y maquinaria para la obtención de buenos rendimientos para un cultivo determinado. Sin embargo, es determinante tener en mente todos los componentes que están implícitos en este tipo de agricultura como son: cambio del sistema de producción y uso de abonos orgánicos, normatividad, cultivos, etc., que están involucrados y forman parte directa en la obtención de productos orgánicos (Salazar, 2003).

No obstante, debido al alto costo de los fertilizantes y sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocua, valiéndose para ello de subproductos de desecho agropecuarios locales. Por ello es prioritario evaluar sustratos que tiendan a aumentar la productividad que satisfagan las necesidades alimenticias humanas, sin degradar el ambiente. La incorporación de composts o composts con yeso aunada con té de compost o fertilizantes orgánicos podrían ser una opción en la producción de tomate en invernadero, en los que el productor no dependa de recursos externos.

El compost es el material resultante de la descomposición de los residuos orgánicos en condiciones de buena aireación. La producción anual de estiércol bovino en la Comarca Lagunera, México, es de aproximadamente 900 mil toneladas, debido a la explotación de ganado lechero (Figuerola, 2003).

Dicho material puede ser utilizado para la elaboración de compost. En este estudio se postula que el compost derivado de estiércol de bovino puede usarse como fertilizante en la producción de tomate orgánico en invernadero.

Los beneficios de los abonos orgánicos han sido evidentes. El compost se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero al no contaminar el ambiente (Urrestarazu *et al.*, 2001).

El uso de un sustrato orgánico reduciría considerablemente el periodo de transición o lo evitaría. El sustrato, además de sostén, deberá aportar cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es mezclar compost con medios inertes (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Esto sería una desventaja para el productor, tiempo que no está dispuesto a perder, siendo esta una alternativa, y aprovechando las ventajas de los invernaderos para obtener excelentes rendimientos. Por ello el actual trabajo está enfocado a buscar una mezcla de sustratos que sean mas amigables con el medio y se adapten a las condiciones de vida del productor mexicano y comparar su rendimiento con el sistema de cultivo hidropónico tradicional.

1.1 Objetivo

Evaluar sustratos con mezclas de arena y compost con y sin yeso, en combinación con té de compost o fertilizantes orgánicos y determinar la mejor combinación para este tipo de producción, y al mismo tiempo evaluar dos genotipos que mejor se adapten a estas condiciones de invernaderos.

1.2 Hipótesis

Los composts, el té de compost y/o los fertilizantes orgánicos a utilizar cubrirán las necesidades nutricionales del cultivo en estudio.

Existen diferencias en rendimiento en sustratos de compost con y sin yeso.

1.3 Metas

Obtener para el año 2008 información confiable del té de compost y fertilizante orgánica; con la finalidad de formar un paquete tecnológico para producir tomate orgánico que permita obtener un rendimiento de al menos 200 t ha⁻¹ con aceptable calidad de fruta bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate

2.1. Origen del tomate, clasificación taxonómica y morfología.

Origen Del tomate

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).

El vocablo tomate procede del náhuatl *tomatl*, aplicado genéricamente para las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Nuez, 2001). Como consecuencia del empleo de tomate como una voz genérica, no siempre resulta fácil interpretar la especie concreta a la que se refieren los cronistas de la época de la conquista. No obstante, parece seguro que en el México de los tiempos pre-colombinos el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), era mucho más apreciado que el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), consumiéndose éste fundamentalmente como el actual, esto es, asociado al chile en salsas y guisos es probable que en mayor consumo se debía a que el tomate de cáscara, tarda más en descomponerse.

Fuera del área mesoamericana el tomate o fue desconocido o simplemente se hizo un consumo incidental de formas espontáneas (probablemente *L. pimpinellifolium* y *L. esculentum* var. *cerasiforme*). El lugar donde se produjo la domesticación ha sido controvertido, los nombres de *mala peruviana* o *pomi del Perú*

dados a los tomates por algunos botánicos del siglo XVI hicieron suponer a De Candolle, que la planta se había recibido del Perú, donde presumiblemente se habría domesticado, sin embargo, estos nombres no parecen tener una base fundada, además, hay motivos que inducen a creer que el origen de la domesticación de los tomates está en México (Esquinas y Nuez, 2001).

Durante muchos años el mercado de tomate contó con una reducida gama de productos; hoy en día, este mercado se caracteriza por la continua promoción de nuevas variedades de diferente color, forma y sabor, de mejor calidad, con mayor vida de anaquel y recientemente han surgido nuevos genotipos de mayor valor nutricional y con más beneficio para la salud (Diez, 2001).

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Pérez, (2002) establece la clasificación taxonómica del tomate de la siguiente manera:

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofita
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Solanales (personatae)
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Genero:	<i>Lycopersicon</i>
Especie:	<i>esculentum</i> , Mill.

Morfología

Chamarro (2001) describe las principales características morfológicas de la planta de tomate como a continuación se indica:

Planta: Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) y semi-indeterminado, las cuales requieren que su cultivo se realice en espalderas.

Indeterminadas. Los sucesivos tallos se desarrollan en forma similar, produciendo una inflorescencia cada tres hojas. El aspecto es el de un tallo principal, que crece en forma continua con inflorescencias internodales cada tres hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se nombran indeterminados.

Determinadas. Las plantas tienen un crecimiento limitado, puede extenderse 2 m; los segmentos del eje principal soportan un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia, el sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular.

Sistema radical: El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Sin embargo, este sistema radicular, que es el que surge cuando la planta se origina en una semilla, puede ser modificado por las prácticas culturales, y así cuando la planta procede de un transplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal (Rodríguez *et. al.*, 1997).

Tallo principal: El tallo es erguido durante los primeros estadios de desarrollo, pero pronto se tuerce a consecuencia del peso. Puede llegar hasta los 2.5 m de longitud. Su superficie es angulosa, provista de estomas, una corteza formada por parénquima y tejido de sostén en forma de anillo continuo, un límite impreciso entre la corteza y el cilindro central; y los tejidos conductores dispuestos en un círculo de haces liberoleñosos (Rodríguez *et. al.*, 1997).

El diámetro típico del tallo puede variar de 2 a 4 cm en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex, cuyas células más externas presentan clorofila y son fotosintéticas, mientras que las más internas son de tipo colenquimático que dan soporte al tallo (Namesny, 2004).

En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inicia los nuevos primordios foliares y florales. Tienen forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas (Nuez, 1995).

La hoja: Las hojas del tomate son pinnadas compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. El tejido parenquimático o mesófilo está recubierto por una epidermis superior y otra inferior; ambas están constituidas por una sola capa de células y no contienen cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés y constan de un nervio principal (Chamarro, 2001).

Flor: Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. Normalmente, el tipo simple se encuentra en la parte baja de la planta, predominando el tipo de compuesto en la parte superior. Cuando las inflorescencias se producen alternando con cada hoja o dos hojas se dice que la planta es de crecimiento <<determinado>>; si la alternancia es más espaciada la planta se dice crecimiento indeterminado. Normalmente entre las primeras predominan la precocidad y el porte bajo y las segundas son más tardías y de porte alto. La flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir, con los sépalos soldados entre sí, y la corola gamosépala. El androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos en dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos o celdas de los frutos (Rodríguez *et. al.*, 1997).

Fruto: El fruto es una baya de color amarillo, rozado o rojo debido a la presencia de licopeno y carotina, en distintas y variables proporciones. El fruto de tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5 – 10 mm y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y en su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades (Chamorro, 2001). En sección transversal se aprecian en la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas. El espesor de la piel aumenta en la primera fase del desarrollo del fruto, adelgazando y estirándose al acercarse la maduración; por ello en algunos frutos se producen grietas (Rodríguez *et. al.*, 1997). El fruto en fresco es

rico en vitamina C, el poder calórico del tomate es bastante modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasas. En el cuadro 2.1 se dan valores orientativos de los componentes de mayor interés.

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

Componentes	Peso fresco (%)	Componentes	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 reductores	3.00	Vitamina C	0.02
Sacarosa	0.10	Potasio	0.25

Semilla. La semilla del tomate tiene forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, y está constituida por un embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

2.2 Generalidades de invernadero.

2.2.1 Definición de 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; por otro lado, 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 por un invernadero. A pesar de que se hace hincapié en la modificación del ambiente climático, el cultivo forzado también incluye las técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal, etc., prácticas que inciden notoriamente en los objetivos que persigue el cultivo protegido tales como incremento de la producción, precocidad y mayor calidad de la cosecha, además de lo anterior, el cultivo se orienta a la producción de plantas de origen climático diferente del ambiente natural donde se desea cultivarlas (Rodríguez y Jiménez, 2002).

Definir el concepto de invernadero en la actualidad es una tarea bastante compleja. Debido al desarrollo tecnológico de los últimos años, es posible encontrar definiciones que mencionan diferentes aspectos que lo definen, así como, de distintas épocas. Algunas de las definiciones revisadas son las siguientes:

El invernadero es una estructura cerrada con una cubierta y paredes de forma plana o curva, transparente o traslúcido, en el que es posible encontrar varios grados de temperaturas, humedad, nivel de elementos nutritivos, foto-periodos, intensidad luminosa, concentración de CO₂ atmosférico, sistemas de fertirrigación y el medio radicular (Dubois, 1980 citado por Alviter, 2000).

Torres (1998) citado por Buso (2000) define al invernadero como una estructura de materiales diversos, cubierta con una película transparente o traslúcida equipado con un conjunto de equipos que permiten el control de los factores ambientales y sin menoscabo de la productividad.

Sánchez (2003) lo define como una construcción agrícola, con una cubierta translúcida que tiene por objeto reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior.

Por último la "Norma Mexicana Para la Construcción de Invernaderos" citada por Bastida (2006) señala que el invernadero es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica translúcida que no permite el paso de la lluvia a su interior y que tiene por objeto reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y mallas en los laterales.

En realidad la definición de invernadero puede ser tan amplia como lo es su capacidad de equipamiento, adaptaciones a lugares de acuerdo a las condiciones climáticas y necesidades del cultivo a establecer o la función que vaya a desarrollar.

Serrano, Citado por Bastida y Ramirez, 2002. Menciona que las ventajas y desventajas que presenta el crecimiento de plantas cultivadas bajo invernaderos, respecto al cultivo de las mismas a campo abierto son las que a continuación se citan:

Principales ventajas que aportan los invernaderos.

- Precocidad.
- Aumento de calidad y rendimiento.

- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejor control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Principales desventajas que aportan los invernaderos.

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal ejecutivo de alto nivel, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

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 que 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).

2.1.3 Exigencias de clima del cultivo del tomate

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 entre sí.

Temperatura

La temperatura óptima para la germinación es de 20 a 25 °C, germina de 6 a 12 días y la temperatura óptima en la fase vegetativa es de 21 a 24 °C., mientras que en la fase de floración necesita una temperatura no menor de 15 °C por la noche y

no mayor de 35 °C por el día ya que se ve afectada la polinización donde la temperatura nocturna optima para la polinización es de 15 a 22 °C y la temperatura optima para el fruto es de 18 a 24 °C (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, siendo el reducir la temperatura, es uno de los problemas de la horticultura protegida, porque 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, Nelson (1994) menciona que la temperatura del sustrato de crecimiento afecta el desarrollo de las raíces, como también en la absorción de agua y de los elementos nutritivos que necesita la planta, así pues, por debajo de los 14 °C el crecimiento se inhibe y entre los 12 y 18 °C, la absorción de fósforo disminuye en un 50%, por lo tanto, temperatura tendrá una acción directa sobre el rendimiento final en el calibre de la fruta.

Serrano (2002) menciona que la temperatura dentro del invernadero influye en las funciones vitales vegetales siguientes: transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración, fructificación. Con temperaturas bajas las células vegetales sufren alteraciones en su constitución, precipitándose y deshidratándose sus proteínas (por debajo de -4 o' -5°C). Cuando las temperaturas son altas se

produce coagulación del protoplasma celular y la muerte de la célula; a dicha temperatura se le llama "temperatura máxima letal"

Humedad relativa

Francescangeli (1998) menciona que la humedad relativa es una variable del ambiente muy difícil de manejar ya que varía rápidamente en interacción con numerosos factores, su medición es delicada, casi siempre es aproximada, y no se conoce completamente su relación con el desarrollo de las especies vegetales.

Luminosidad

La luz es una variable climática fundamental que influye en el crecimiento del tomate, ya que es una hortaliza exigente en luz, durante todo su desarrollo, pero muy especialmente en las etapas vegetativa y de floración. La luz interactúa fuertemente con la temperatura, y es así que para niveles bajos de luz, las temperaturas óptimas que favorecen al cultivo son distintas a las necesarias para niveles altos de luz. 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 menor producción de hojas, por menor número de flores diferenciadas por racimo, por menor peso y tamaño de los frutos formados o por mayor tiempo requerido para la maduración (Resh, 1997).

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. Por otro lado, la

radiación solar en parte es absorbida por suelo, planta y objetos dentro del invernadero, siendo convertida en energía térmica e irradiada como radiación térmica o disipada por convección, conducción y transpiración. La radiación solar dentro de 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 debido al distinto ángulo de incidencia de los rayos solares y a la acumulación de polvo en la cubierta de estos invernaderos (Infoagro, 2003).

Ventilación, calefacción y/o enfriamiento.

Hoy es posible agregar a la luz calor para satisfacer los requisitos de las plantas. La ventilación a diferentes horas del día y condiciones exteriores permite controlar la humedad ambiente y el enfriamiento mecánico del aire en los sitios cálidos. Los científicos y horticultores han definido la luz, calor, que estimulan ciertos tipos de desarrollo, florecimiento y fructificación de los diversos cultivos y ornamentales. El tipo de cultivos determinarán en gran parte la iluminación y el control de la ventilación para humedad relativa y temperatura (Sade, 2001).

Contenido de CO₂ en el aire.

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 desafortunadamente, las necesidades de la planta de CO₂ y los periodos en que necesita la calefacción no son los mismos. Los factores que limitan la fotosíntesis son el agua y el CO₂, elementos base, pero también la luz, fuente de energía que permite la síntesis de los azúcares. Una hectárea de invernadero tiene alrededor de 40000 m³ de aire, es decir 14 m³ o 27 kg de CO₂, por una hora de fotosíntesis a 350 w.m⁻², sin ventilación. El enriquecer 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 permanentemente, se deberá utilizar un porcentaje bajo de CO₂, para evitar pérdidas. Para llegar a niveles elevados, es decir 1000 a 1500 ppm, se deben inyectar de 70 a 100 kg de CO₂ por hora por hectárea de invernadero (Ferreira, 2002).

Radiación en el cultivo del tomate.

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, pues requiere entre 8 y 16 horas luz, aunque requiere buena iluminación (Calvert, 1973). Iluminaciones limitadas, al reducir la fotosíntesis neta, implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción (Castilla, 1999).

Valores de radiación total diaria en torno a 0,85 MJ.m⁻² son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo, que iluminaciones más débiles durante más tiempo. Los efectos negativos de una baja luminosidad pueden compensarse, en parte, con aumentos del contenido de dióxido de carbono (CO₂) del aire (Castilla, 1999).

Es frecuente observar en los invernaderos durante los meses de enero y febrero, un gran alargamiento de los entrenudos y un marcado fototropismo de las plantas. Hoy en día a través de la mejora genética se puede disponer de cultivares mejor adaptados para la floración y cuajado del fruto en condiciones de baja iluminación, usuales en ciclos de invierno (Van de Vooren *et al.*, 1989).

La densidad de plantación, el sistema de poda y el entutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en la época invernal cuando la radiación es más limitante, porque la reducción implica una reducción lineal de cosecha (Cokshull, 1988).

El empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones de 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; sería preferible dotar a los invernaderos de una ventilación más eficiente (ventanas cenitales) y evitar esta práctica, que reduce la radiación y, por tanto, la producción. Con baja iluminación la polinización será insuficiente y el tamaño de fruto menor (Van de Vooren *et al.*, 1989). Durante la época nubosa, las hojas de tomate presentan un bajo contenido de azúcares, originando que éstas como los tallos se vuelvan pálidos y delgados, pudiendo ser pequeños los racimos de frutos o incluso no llegar a cuajar (Resh, 1997).

2.1.4 Elección del genotipo

La elección de la variedad de jitomate para invernadero debe hacerse con mucho cuidado debido a que existen en el mercado cientos de variedades disponibles, pero no todas son apropiadas para la producción intensiva en invernadero (Pérez y Castro, 1999). 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).

En cuanto a la elección de la variedad para producción orgánica Brandt *et al.* (2006) mencionan que la elección de la variedad es muy importante para el sabor, apariencia y longevidad en el punto de venta ("shelf life" "vida de anaquel"). Pero, variedades con muy bueno sabor, apariencia y gran longevidad muchas veces no dan grandes ingresos.

Diez (2001) menciona que los principales criterios de elección para los genotipos son los siguientes:

1. Características de la variedad comercial, es decir, el vigor de la planta, tipo de fruto, resistencia a enfermedades y plagas.
2. Tolerancia a los factores de clima.

2.2 Labores culturales

2.2.1 Aporcado y rehundido.

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

2.2.2 Tutorado.

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

(Howard, 1995).

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (guiado, anudado o sujeto mediante anillas) y del otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1.8-2.4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo se va guiando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de este momento existen tres opciones: a) bajar la planta descolgando el hilo, lo cual conlleva un costo adicional en mano de obra. Este sistema está empezando a introducirse 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 el máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de la calidad del fruto y un incremento de la producción; b) dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad o c) dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado (Johnson y Rock, 1975).

2.2.3 Poda de formación.

El aporcado contribuye a favorecer la emisión de raíces adventicias en la porción de tallo cubierta de tierra al aporcar. En el cultivo enarenado ésta operación solía sustituirse por la del rehundido, aunque hoy está en desuso por los altos costos de mano de obra. Se realiza entre las primeras y la segunda semanas posteriores al trasplante, recomendándose que los primeros sean ligeros y los siguientes más profundos (Valdez, 1997).

2.2.4 Poda de brotes axilares o destallados.

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano-otoño y cada 10-15 días en invierno) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas. Los cortes deben de ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados del cobre. (Infoagro, 2003).

2.2.5 Poda de hojas o deshojado.

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo. Pérez y Castro (1999) citados por 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.

2.2.6 Poda de brote apical.

Los materiales de crecimiento indeterminado tienen una yema vegetativa en la parte apical del tallo principal que permite el crecimiento continuo de la planta, por lo que el sistema de tutores no permite la conducción de la planta a más de diez racimos. Por tanto es necesario eliminar la yema apical y dejar dos o tres hojas arriba del último racimo floral (Pérez y Castro, 1999, citados por Bautista y Alvarado, 2006).

2.2.7 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos.

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en ramillete, y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad; este trabajo debe realizarse tan pronto como ha amarrado el número de frutos requeridos y antes de que comiencen a engordar (llenar) los frutos indeseables (Howard, 1997).

2.2.8 Polinización.

Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre, pero en invernaderos; el movimiento del aire es insuficiente para que las flores se polinicen por si misma, siendo esencial la vibración de los racimos florales para obtener una buena polinización. Los vibradores se acercan durante breves momentos a las ramas portadoras de los racimos florales, pudiendo observar la salida de las flores de un fino polen amarillo cuando son favorables las condiciones ambientales y estas se encuentran en estado receptivo (García y Jaren, 1992).

El uso de abejorros en la polinización del tomate, incrementa considerablemente el rendimiento y una mayor proporción de frutos grandes comparados con los de polinización a mano o sopladores. Las colmenas deben instalarse al comienzo de la floración del primer ramillete (León, 2001).

La polinización deberá efectuarse mientras que las flores están en estado receptivo, lo cual se conoce porque los pétalos se doblan hacia abajo. Las plantas deberán polinizarse al menos cada dos días, puesto que las flores permanecen receptivas unas 48 horas, efectuando esta operación entre las 11:00 AM y las 3:00 PM en días soleados, para obtener los mejores resultados. (Resh, 1997).

2.3 Índice de cosecha y calidad

2.3.1 Generalidades

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

Trevor y Cantwell (2002) mencionan lo siguiente sobre las normas para cosechar tomates: la mínima madurez para cosechar es verde maduro 2, (Mature green 2) y se define en términos de la estructura interna del fruto: las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto; el material gelatinoso está presente en al menos un lóbulo y se está formando en otros. La maduración del tomate comprende una serie de cambios físicos y químicos que ocurren en el fruto fisiológicamente maduro dando lugar a un producto atractivo por su apariencia externa, aroma y sabor. Dentro del proceso madurativo, también se destaca la degradación del almidón y el aumento de los azúcares reductores, mientras que los ácidos orgánicos disminuyen (Wills *et al.* 1989). Además, el tomate como típico fruto climatérico, la producción de etileno se incrementa con el avance de la maduración (Murray y Yommi, 1995).

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*.

2.3.2 Calidad del fruto

La calidad de fruto está principalmente relacionado con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte (Castilla, 2001).

La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño no es un factor del grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial (Trevor y Cantwell, 2002); además, mencionan lo siguiente:

- **Forma.**- Bien formado (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado)
- **Color.**- Color uniforme (de naranja-rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que no estén verdes.
- **Apariencia.**- Lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Ausencia de grietas de 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 No. 2 de U.S.

Los grados de calidad en los Estados Unidos son: U.S. No. 1, Combinación No. 2, y No. 3. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa, firmeza e incidencia de magulladuras. Los tomates de invernadero se clasifican solamente como U.S. No. 1 o No. 2.

2.3.3 Sólidos solubles (°Brix)

Se le llama grados brix, a las sustancias solubles en agua, que reflejan la cantidad de sólidos totales que contienen los frutos en porcentaje. A mayor es más deseable; un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, se ha

encontrado una relación directa entre sólidos solubles y firmeza de tacto; a mayor concentración de sólidos, mayor la firmeza al tacto (Osuna, 1983).

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 los valores 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 ($3-6 \text{ ds.m}^{-1}$) para mejorar la calidad de los frutos que se van a procesar como pasta y sirve para fijar precio de compraventa en el mercado.

2.4 Sustratos

2.4.1 Generalidades

Castellanos (2003) menciona 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.

Abad (1993) señala 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 enrizamiento, anclaje y de igual manera

éste puede desempeñar un papel importante en la suministro de nutrimentos 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 nutrimentos minerales para que la planta se desarrolle (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). Para el caso de los inertes se pueden mencionar, la arena y la perlita.

Según Muñoz (2003) las características de la arena son las siguientes: 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 también de carbonato de 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 – 2 mm). La densidad de la arena es superior a 1.5 g.cm^{-3} . Su pH puede variar entre 4 y 8. Capacidad de intercambio cationico es nula o baja. La arena es el sustrato más utilizado, llegando a presentar un 60% de la superficie total bajo condiciones e hidroponía.

Por otro lado, actualmente los aspectos relacionados con la conservación del ambiente, han quedado enmarcados en los conceptos de sustrato. Los ecologistas han hecho hincapié en este tema, ya que muchos sustratos provienen de yacimientos naturales, afectando el número de mantos protegidos como reservas

naturales, por lo que se están tomando medidas para regular el uso de este tipo de sustratos. Aspectos como este han sido motivado para buscar alternativas rentables sin dañar al medio ambiente, siendo una de ellas, la utilización de lombrices como material biológico para producir vermicompost (Zaidan, 1997).

2.4.2 Tipos de sustratos

Castellanos (2003), menciona 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

2.4.3 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).

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).

2.5 Fertilización y fertirrigación

La acción de aplicar fertilizante conocida como fertilización comúnmente se transforma en fertirrigación al momento de realizar agricultura bajo invernadero. El aporte adecuado de agua y fertilizante es uno de los aspectos fundamentales para mejorar la producción y la calidad del cultivo en invernadero (Rodríguez, *et al.* 2003).

Los fertilizantes son productos químicos naturales o industrializados que se administran a las plantas con la intención de optimizar su crecimiento y desarrollo de su perfil ó potencial genético; se aplican generalmente al suelo para que se diluyan en la solución y puedan ser ingresados al sistema vegetal vía raíces; pero también pueden aplicarse de forma líquida vía foliar para ser absorbidos a través de los estomas. Aportan los tres principales nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas en diversas proporciones como nitrógeno, fósforo y potasio, además de nutrimentos secundarios como calcio, azufre y magnesio así como microelementos entre los cuales están el boro, manganeso, hierro, zinc, cobre y molibdeno.

Cabe señalar que existen básicamente dos maneras de fertilizar, orgánica e inorgánicamente, las cuales se diferencian por la naturaleza de los mismos; sin embargo, las plantas no diferencian la fuente del fertilizante. Cabe indicar que con la aparición de la agricultura intensiva se ha incrementado la aplicación de fertilizantes sintéticos y naturales con el fin de aumentar el rendimiento de las cosechas, lo que ha producido la contaminación del suelo (Anónimo, 2005).

De acuerdo a Uvalle-Bueno (2000) la planta de tomate absorbe diariamente diferentes cantidades de nutrimentos según etapa fonológica. En el Cuadro 2.2 se presenta la absorción diaria por hectárea de tomate.

Uvalle-Bueno (2000) determinó los coeficientes de extracción de nutrimentos del tomate en invernadero como sigue: por cada 100 toneladas extraen 350 de N kg ha⁻¹, 125 kg ha⁻¹ de P y 550 kg ha⁻¹ de K.

Cuadro 2.2 Absorción diaria de nutrimento en tomate para cada etapa fenológica en kg ha⁻¹. UAAAN-UL. 2007.

Descripción	N	P	K	Ca	Mg
Plántula	0.40	0.25	0.40	0.52	0.17
Estabilización	0.80	0.31	0.80	0.63	0.21
Desarrollo vegetativo	1.20	0.40	1.20	1.44	0.48
Inicio de floración	1.60	0.53	1.60	2.42	0.80
Floración y fructificación	2.10	0.75	2.00	3.44	1.14
Crecimiento de fruto	2.70	0.63	3.00	1.50	0.84
Maduración	3.30	0.50	3.00	2.78	0.92
Cosecha 1	2.90	0.38	4.50	2.44	0.81
Cosecha 2	2.50	0.25	5.00	1.60	0.53
Cosecha 3	2.10	0.20	3.00	2.22	0.73
Cosecha 4	1.50	0.20	3.00	2.22	0.73
Cosecha 5	1.00	0.15	2.00	1.66	0.55
Cosecha 6	1.00	0.15	2.00	1.66	0.55

Fuente: Uvalle-Bueno (2000).

2.6 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 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 efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas (Rodríguez, 2002).

2.6.1 Importancia de los fertilizantes orgánicos

Ruiz (1996) establece que los materiales orgánicos pueden mejorar la fertilidad de los suelos de diferentes maneras:

- a) proporcionando a las plantas elementos nutritivos,
- b) modificando las condiciones físicas del suelo,
- c) aumentando la actividad microbiológica para un mayor aporte de energía
- d) protegiendo a los cultivos de un exceso temporal de sales minerales o de sustancias tóxicas, gracias a su fuerte capacidad de absorción.

Lamas (2003) menciona que la fertilización en la agricultura orgánica debe cumplir tres aspectos: Mejorar la fertilidad del suelo, economizar los recursos no renovables y no introducir elementos contaminantes en los agrosistemas; de ahí se desprenden los siguientes principios: evitar la perdida 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 luchar contra la degradación física, química y biológica del suelo.

La fertilización orgánica, mediante el uso de residuos de cosechas, composts, estiércoles, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales, tiene como

objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrientes a favor de la actividad biológica y la estructura del suelo. Las técnicas más apropiadas de fertilización son: fijación natural de nutrientes 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).

Quintero (1999) destaca que de ser posible todo el material de origen animal (estiércol, gallinaza, orines y subproductos) deben provenir de animales criados orgánicamente. Si no fuese así, es obligatorio su composteo completo. Toda unidad de producción debe intentar el autoabastecimiento de nitrógeno y de otros nutrientes necesarios para su producción agropecuaria. En la certificación se verifica tanto el origen de los materiales exógenos aplicados para la fertilización, como los esfuerzos para llegar a la autosuficiencia de nutrientes en la unidad de producción. Los estiércoles exógenos a la unidad de producción solo podrán aplicarse habiendo sido previamente composteados y después de haberse realizado un análisis sobre residuo de pesticidas y antibióticos en caso de sospechar su presencia. Queda prohibido el uso de purines y estiércoles en estado fresco.

2.6.2 Propiedades de los fertilizantes orgánicos

(Figueroa *et al.*, 2007) indica, que los fertilizantes orgánicos o abonos orgánicos tienen propiedades, que ejercen determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúa en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

2.6.2.1 Propiedades físicas

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- Mejoran la permeabilidad del suelo.
- Disminuyen la erosión del suelo.
- Aumenta la retención del agua.

2.6.2.2 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.

2.6.2.3 Propiedades biológicas

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

2.6.3 Productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo

Ruiz (1995) señala 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 nutrientes 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:

- Estiércoles y deyecciones de animales (Ej.: vacuno, ovino, cunícola, porcino, murciélagos, avícola y caprino).
- Residuos agrícolas (maíz, trigo, avena, cebada, frijol, café, etc.).
- Residuos de la industria azucarera (cachaza, bagazo de caña).
- Turba.
- Compost de desecho en el cultivo de hongos comestibles y lombrices.
- Compost de desechos orgánicos domésticos y residuos vegetales.
- 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).
- Subproductos orgánicos de la industria alimentaria y de la textil.
- Algas y productos de algas.
- Residuos forestales (corteza de árboles, viruta de madera, aserrín y cenizas).
- Abonos verdes.
- Biofertilizantes (Micorrizas y *Rhizobium*).
- Residuos de pastos y jardines.
- Mulches.
- Roca fosfórica natural.

- Sulfato de magnesio.
- Azufre.
- Sulfato de potasio.
- Yeso.

2.7 Formas de fertilizar orgánicamente

2.7.1 Compost

De acuerdo con Mustin (1987) el composteo es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias humitas.

Para favorecer el compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura. En el lombricomposteo para evitar este calentamiento que causa daño a las lombrices, se trabaja con camas de poca altura (Siles 1998, Bollo 1999). Una de las formas de transformar los residuos orgánicos en material fertilizante, es someterlos a un proceso de descomposición (aeróbico o anaeróbico) hasta un compuesto estable llamado humus.

Figuroa y Cueto (2002) mencionan que la elaboración de compost, ya sea bacteriana o mediante lombrices, tiene varias ventajas:

- Reduce los olores del estiércol.
- No atrae moscas.
- Minimiza la concentración de patógenos.
- Reduce la diseminación de malezas.

- Adición de compuestos orgánicos estabilizados que mejoran la estructura del suelo.
- Mientras que como desventaja, añade es el costo que implica su elaboración.

En la producción orgánica, los composts son aceptados dentro del proceso de producción, únicamente deben de cumplir ciertos requisitos como es el de voltearlo por lo menos cinco veces, manteniendo la temperatura entre 131 y 170°C por tres días y que la relación de C: N sea entre 25:1 y 40:1 (NOP, 2004).

El compost es el abono orgánico por excelencia y es lo más cercano en que la naturaleza fertiliza los bosques y los campos. Las ventajas del compost son muchas, pero las principales que se derivan de su uso continuo son: retiene nutrientes evitando que se pierda a través del perfil del suelo; mejora la estructura del suelo; retiene la humedad; limita la erosión; contiene micro y macroelementos; estabiliza el pH del suelo y neutraliza las toxinas; sus ácidos disuelven los minerales del suelo haciéndolos disponibles; propicia, alimenta y sostiene la vida microbiana, y no contamina el suelo, el agua, el aire, ni los cultivos (FIRA, 2003). Este proceso es favorecido por un aporte apropiado de aire, humedad y temperatura. Básicamente el proceso se puede dividir en tres fases:

- 1) Fase inicial de uno o cinco días durante los cuales se descomponen los componentes rápidamente degradables (azúcares, aminoácidos, lípidos);
- 2) Fase termofílica durante la cual se degradan gran cantidad de celulosa (hemicelulosa y lignina), y
- 3) Estabilización, periodo en que declina la temperatura, decrece la velocidad de descomposición y los microorganismos mesofílicos recolonizan el compost (formación de sustancias húmicas).

La condensación de los fenoles junto con el amonio durante el proceso de humificación, es quizá la fase más importante del proceso de composteo (Paul y Clark, 1996). La forma más sencilla de para determinar si durante el proceso de composteo se ha logrado la formación de ácidos húmicos es por una disminución de temperatura, siendo todas las condiciones de alimentación, humedad y oxígeno óptimas para la actividad microbiana. De esta forma si la temperatura disminuye es por que todo el sustrato balanceado a sido transformado (Soto y Muñoz, 2002).

Existen cuatro aspectos a considerar en la hechura de composts: el tipo de residuos disponibles, el volumen de material a transformar, los costos en relación a la mano de obra, equipo y espacio y el uso que se debe dar a el compost.

En resumen, los materiales para ser compostados deben de cumplir dos condiciones básicas: Ser biodegradables y No estar contaminados.

2.7.1.1 Condiciones ideales del composteo

Dado que el composteo es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben de crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada (cuadro 2.6). Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza), y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula (Rynk, 1992).

2.7.2 El vermicompost

Luévano y Velásquez (2001) citan que la lombriz de tierra es un integrante natural que se encuentra en los suelos contribuyendo de manera decisiva a su fertilidad, ya que desarrolla una actividad esencial en la aireación y estructuración de los suelos. Se ha encontrado que este organismo es capaz de transformar residuos orgánicos en compuestos fácilmente asimilables por la planta además, de favorecer la mineralización del suelo; acelera la formación de composts y el ciclo de los nutrimentos; mejora el drenaje y favorece la propagación de bacterias nitrificantes; ayuda al intercambio de capas del suelo evitando el encostramiento, y coadyuva a la recuperación de los suelos erosionados.

Magnano y Gómez (1999) señalan que las lombrices de tierra son indispensables en la agricultura orgánica, ya que ayudan al establecimiento de composts de origen urbano, industrial o agrícola. La actividad de las lombrices puede generar compost de calidad, el cual se obtiene después de que la materia orgánica ha sido degradada por los hongos, bacterias y protozoarios, organismos que son los que en realidad sirven de alimento a las lombrices y que son ingeridos junto con el sustrato en que se encuentran; toda esta mezcla al salir como excremento junto con el suelo, forman un producto ideal como mejorador del suelo.

Rynk (1992) alude que a dicho producto, que es el abono producido por la lombriz, se le conoce como lombri-abono, lombri-compost o vermi-compost, el cual contiene los materiales y nutrimentos óptimos para los cultivos agrícolas. La lombriz que se utiliza para el procedimiento de desechos orgánicos es la *Eisenia fetida*, también considerada como lombriz roja Californiana. El lombri-composteo es un

método biológico de tratamiento de materia orgánica para transformarla a un estado estable (humus) mediante la acción de la lombriz de tierra. Se pueden diferenciar tres aspectos: un sustrato base (materia orgánica fresca), el agente de transformación (lombriz) y un producto final (lombri-compost).

Nogueroles y Sicilia (2004) señalan que el humus de lombriz es un fertilizante bioorgánico de estructura coloidal, producto de la digestión, que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro. Es un producto terminado, imputrescible y no fermentable.

Contiene una carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que éstos sean elevados por el agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo (Luévano y Velásquez, 2001). Se considera como uno de los abonos orgánicos de fácil manejo y producción rápida en las plantas de composteo; tiene buenas características físicas, químicas, microbiológicas y nutritivas (Kulkarni *et al.*, 1996).

2.8 Mineralización

Rodríguez (1997) prueba que la mineralización es la descomposición rápida de los residuos orgánicos, convirtiéndose en compuestos minerales que poseen una formación química más simple como son: bióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), amoníaco (NH_3), fosfatos (PO_4^-), sulfatos (SO_4^-), compuestos potásicos, etc.

Las condiciones que determinan la descomposición o mineralización son: temperatura, aireación del suelo, humedad del suelo y los tipos de residuos.

Gross y Domínguez (1992) indican que en la mineralización se distinguen dos etapas:

- 1) La amonización, que es la transformación de nitrógeno orgánico en amoniacal
- 2) La nitrificación o transformación del nitrógeno amoniacal en nítrico

2.9 Abonos orgánicos

2.9.1 Justificación de uso

El uso de abonos orgánicos se justifica partiendo de que según la FAO (2000), menciona que 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 substratos orgánicos, ya que con esto se elimina el riesgo de contaminación por uso racional. 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) menciona 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, redundara en un ahorro sustancial para el productor.

2.9.2 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 nutrimentos como: N, P, K, Ca, etc. Los substratos orgánicos están libres de patógenos, son inodoros y diferente material original y se obtienen por procesos aerobios y anaerobios o bien, por vermicomposteo (Melgarejo y Ballesteros, 1997).

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 de formas orgánicas a formas inorgánicas, es decir, la mineralización, traduciendo lo anterior en altos rendimientos, que muchas veces no se logra con los fertilizantes químicos (Toyes, 1992).

El substrato 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 (2001) se generan aproximadamente 45, 773 toneladas mensuales Márquez Hernández *et al.* (2006) mencionan que una alternativa sería utilizar dichas cantidades, como parte de un sustrato orgánico, mezclando el estiércol, previo composteo, con algún medio inerte.

2.9.3 Compost

El compost, es un abono orgánico que aporta nutrimentos y mejora la estructura del suelo. Para elaborar 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" (Anónimo, 2004).

El estiércol se ha venido utilizando, con fines agrícolas, prácticamente desde que existe ganado; sin embargo, su manejo ha sido deficiente, ya que generalmente se amontona en lugares adyacentes a los establos o donde el ganado pasa la noche, con la consiguiente pérdida de nutrimentos y deterioro del material al estar sujeto a la acción del sol, la lluvia y el viento; propiciando condiciones de anaerobiosis que provoca la producción de gas metano que contamina el ambiente con olores fétidos. Por tales descuidos en el manejo de este subproducto, se favorece también la proliferación de insectos transmisores de enfermedades, además, la recolección, transporte y aplicación se dificulta al estar el material disperso (Quintero, 2004).

El estiércol contiene valiosos nutrientes que devienen accesiblemente a las plantas cuando se entierra en el suelo. Pero cuando la fermentación se produce al aire libre, gran parte del valor nutritivo se pierde por evaporación y lavado. Muchos nutrientes gaseosos producto de la primera descomposición, como el CO_2 , NH_3 y H_2S , se escapan al aire, otros subproductos de la descomposición, como el nitrógeno, la potasa, algo de fósforo y demás micronutrientes, se pierden fácilmente por lavado (Quintero, 2004).

2.9.4 Nutrientes en el compost

N, P, y K son los símbolos de los tres principales nutrientes 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 y como fuente de alimento en los montones de composta; 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 nutrientes necesarios para las plantas, que sólo en condiciones ideales se encuentran originalmente entre los minerales del suelo. La naturaleza requiere un abastecimiento completo de nutrientes 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).

2.9.5 Relación Compost – Tomate

Existen trabajos que mencionan que los nutrimentos del compost cubre los requerimientos del tomate, parcial o totalmente (Márquez y Cano, 2004; Raviv *et al.*, 2004; Raviv *et al.*, 2005). Aunque hay trabajos de investigación que indican lo contrario (Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000)

Rincón (2002) determinó los coeficientes de extracción de nutrientes del tomate en invernadero en kilogramos por tonelada registrada como sigue: 3.0, 1.0, 5.0, 2.5 y 1.0 de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente.

Hashemimajd *et al.* (2004) mencionan 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) menciona que los tomates fertilizados con abonos orgánicos tienen mejor sabor que los que únicamente reciben fertilizantes de origen inorgánico.

2.10 Tipos de producciones

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

➤ 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.

➤ Producción Convencional

Sistema de producción desarrollado a partir de la revolución verde, basado en manejos que priorizan la utilización de agroquímicos.

➤ **Producción Integrada**

Sistema que promueve el desarrollo de una producción sustentable a través de manejos que minimiza el uso de agroquímicos dando prioridad a la utilización de mecanismos naturales de regulación.

➤ **Producción Orgánica**

Sistema que promueve el desarrollo de una producción sustentable a través de manejos que excluye totalmente el uso de productos de origen químico y que es regulada por normas específicas.

2.11 Sustentabilidad

Greenbook (2001) dice 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 elección en tres o cuatro años.

2.12 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 medio ambiente y la biodiversidad. El objetivo principal de reducir el uso excesivo de plaguicidas se ha demostrado en numerosos sistemas.

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.

Es conveniente señalar que en el presente trabajo, si bien no se llevo un completo manejo integrado de plagas, no fue requerido, ya que únicamente se aplicó productos orgánicos certificados para el control de insectos (Lacasa y Contreras, 1999).

2.13 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 (Diez, 2001).

Por tal razón es de gran importancia la evaluación de genotipos que año con año liberan las casas comerciales de semillas, con el fin de recomendarlas a los productores los que presenten mejores características en cuanto a rendimiento, calidad, precocidad, resistencia o tolerancia a plagas y/o enfermedades, bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

2.14 Antecedentes de rendimiento de tomate en condiciones de invernadero

Fonseca (2001) señala que para que la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos 15 Kg. m⁻². De acuerdo a Cotter y Gómez (1981) para que una producción se considere exitosa se deben producir bajo invernadero al menos 200 t.ha⁻¹.año⁻¹

A continuación se describen varios estudios realizados en la Comarca Lagunera por diversos autores: Rodríguez (2002) en un 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, éste fluctuó entre 100.1 y 87.6 ton.ha⁻¹. Aguilar (2002) evaluando tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero plástico, sin calefacción ni sistema control de temperatura reporta rendimiento de 173.7 ton.ha⁻¹. 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 ton.ha⁻¹ y una media de 264.4 cm, respectivamente.

En invernaderos no automatizados productores de la región del Bajío, Guanajuato y en el municipio de Texcoco estado de México, con este tipo de estructura reportan que se pueden lograr rendimientos de 15 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 kg.m^{-2} con un ciclo de cultivo de once meses (Hoyos y Duque, 2002).

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de 10 t.ha^{-1} (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio-costo. Producir en invernadero, se obtienen cinco veces más a lo obtenido en campo, es una opción. Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89.64 t.ha^{-1} , en compost mas arena sin fertilizar, donde superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo en 8.96 veces

Tuzel y Yagmar (2003) mencionan que se obtienen rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a 90 t.ha^{-1} en otoño, mientras que en primavera se obtuvieron desde 126 a 162 t ha^{-1} .

El principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la fertilización. Dodson *et al.* (2002) mencionan que de no efectuarse un efectivo control de plagas y patógenos, éstos puede llevar al exterminio total al cultivo, 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, los cuales son monitoreados minuciosamente al pretender ser exportados con la consecuencia

del rechazo del producto; cabe señalar que la fertirrigación no es admitida en el manejo orgánico, debido a la aplicación de fertilizantes químicos (FAO, 2001; NOM.037 FITO, 1995; 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, mencionando Castellanos (2003) una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses.

Rodríguez *et al.* (2007) evaluaron sustratos orgánicos y encontraron que el tratamiento convencional produce más que los orgánicos pero que éstos producen mayor contenido de sólidos solubles que los fertilizantes inorgánicos, reportan una media de 210 t.ha⁻¹.

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 nutrientes contenidos en el compost.

Márquez y Cano citado por Uriel *et al.*, 2007. Evaluaron sustratos orgánicos con adición de fuentes de fertilización reportan mayor rendimiento 11 % mas en testigo que en los fertilizantes orgánicos con 145 y 135 t.ha⁻¹ respectivamente con el genotipo Big Beef.

Té de composta como fertilizante orgánico.

El té de compost es una solución resultante de la fermentación aeróbica de compost en agua, a la cual se agregan sustancias estimulantes de la actividad microbiana, como melaza, y ácidos fúlvicos o humitos. El té de compost se ha utilizado para prevenir enfermedades (Ingham *et al.*, 2002; Scheuerell y Mahaffee,

2004), para inocular vida microbiana al suelo (Salter, 2006). No se encontraron referencias del té de composta como fertilizante pero, sin embargo, si se han encontrado aplicaciones de extracto de vermicompost y extracto de estiércol con esta finalidad. (Rodríguez *et al.*, 2007; Capullin *et al.*, 2001).

Pino (2004) realizó un estudio con utilización de biofertilizantes en invernadero No encontró diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a rendimiento total (122,6 a 139,3 t.ha) siendo superior el tratamiento extracto líquido de compost + purín de ortiga. En la evaluación sensorial hubo diferencias significativas obteniendo el tratamiento mezclado con extracto líquido de compost + purín de alga la mejor evaluación en cuanto a parámetros externos, internos y ranking.

Ochoa (2007) evaluó tomate en invernadero y encontró que el mayor rendimiento lo presentó en plantas regadas con solución nutritiva superando con 20% más y reporta el contenido de nutrientes en el té de composta y composta (cuadro 2.3)

Cuadro 2.3 Concentración de nutrientes en la composta y té de composta (Ochoa, 2007)

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
(%)									
Composta (mg L ⁻¹)	1.34	0.49	1.24	4.15	0.84	0.86	0.034	0.019	0.005
Té de composta	219	18.2	230	520	1.32	0.49	0.08	0.19	0.13

Borrallas (2006) evaluando tomate bola con los genotipos Romina y Granitio no encontró diferencias significativas en los tratamientos orgánico a base de té de compost y mezcla de sustrato arena compost, con té de compost con respecto al tratamiento convencional.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud Oeste, y los paralelos 25° 05' y 26° y 54' de latitud Norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es en promedio de 1,139 m. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8° C., una mínima de 11.68° C y una temperatura media de 19.98° C (CNA, 2002).

3.2 Localización del experimento

El trabajo experimental se realizó en invernadero, en el ciclo 2006-2007, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), situada en 103° 22' 30.91" longitud oeste y 25° 33' 26.71 " de latitud Norte, a una altura de 1,122 msnm, en Torreón, Coahuila. Se inicio en el mes de septiembre y concluyó en el mes de mayo.

3.3 Forma del Invernadero

La forma del invernadero es semicircular, con estructura completamente metálica, cubierto con una película plástica transparente, el piso es de piedra granulada de color blanco, el sistema de enfriamiento consta de una pared húmeda y un par de extractoras de aire caliente, ambos sistemas están sincronizados para

accionarse por los sensores, las macetas cuentan con un sistema de riego esta programado para dar dos riegos por día, la superficie del invernadero es de 2.7 m².

3.4 Material compost

El compost se obtuvo a partir de estiércol bovino, el cual estuvo durante un periodo de aproximadamente 3 meses. Este tipo de estiércol se obtuvo del ganado vacuno que se encuentra en la pequeña propiedad de "Ampuero" cuyos animales están estabulados y que reciben una dieta de forraje verde (alfalfa) y sales minerales para el metabolismo del mismo.

El compost con yeso se obtuvo del rancho Ana.

Composición nutrimental de las diferentes proporciones de Compost (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Composición del análisis químico del compost, UAAAN.UL, 2007

Variable	Muestra de compost
Densidad Aparente g/cm ³	0.746
Textura	Franco – Arenosa
Arena (%)	74.56
Arcilla (%)	19.44
Limo (%)	6.0
Materia Orgánica (%)	24.13
Cap. Inter. Cationico meq.100g	11.0
Nitrógeno (NO ₃) (%)	2.36
Fósforo total (P) ppm	917.11
Potasio (K) meq/100g	11.34
Manganeso (Mn) ppm	152
Magnesio (MC) meq.Lts ⁻¹ .	167
Calcio Meq.Lts ⁻¹ .	167
CE en extracto	51.5
PH en extracto (%)	8.12
Sodio (Na) meq.Lts ⁻¹ .	125.21
Cobre (Cu) ppm	13.68
Fierro (Fe) ppm	100
Zinc (Zn) ppm	120
RAS	14
PSI	16

3.5 Genotipos

Los híbridos de tomate evaluados para este proyecto fueron: Marissa y Romina, con una parcela experimental de 20 macetas por tratamiento, en una superficie de 2.7 m².

3.6 Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos con un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, identificando los tratamientos de sustratos como factor A y genotipos como factor B: Marissa y Romina. Los tratamientos de sustratos evaluados fueron: 1).- testigo 100% de arena más fertilizante convencional. 2).- mezcla 50% de arena más 50% de compost más la fertilización con té de compost diluido (relación 1:3; v:v, té de compost: agua de la llave). 3).- mezcla de arena más compost (50%:50%) con yeso más fertilización orgánica diluido con la concentración de 5 litros de té compost al 100% en 20 litros de agua es decir relación 1:3; v:v, fertilizante orgánico: agua de la llave.

3.7 Siembra, trasplante y fertirriego

La siembra se realizó el 28 agosto del 2006 en charolas germinadoras de 200 celdillas, el sustrato para germinación que se utilizó fue peat Most®, y se trasplantó el día 12 de Octubre del mismo año.

La densidad de población fue de 4 plantas·m⁻², colocando una planta por maceta. Éstas consistieron en bolsas de plástico negro con capacidad de 18 L, llenadas en base al volumen. La arena utilizada en los sustratos fue previamente desinfectada con una solución de agua y cloro al 5 %. El compost se preparó a partir

de estiércol bovino, durante un periodo de tres meses. Las características químicas y composición nutrimental de la mezcla compost + arena, de la arena y del té de compost se presentan en el cuadro 3.1. La composición de la solución nutritiva empleada en el T1 fue la recomendada por Zaidan (1997) a la cual se le agregaron microelementos quelatizados (Maxiquel multi® FeZnMnB 570 EDDHA), hierro, manganeso, zinc y boro suministrados a una dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16. mg·L⁻¹, respectivamente (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Concentración de nutrimentos en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan, 1997). UAAAN- U.L, 2007

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

Fuente: Zaidan y Avidan, 1997.

El riego fue por goteo y se aplicó diariamente; de acuerdo a la etapa fenológica, la cantidad de agua aplicada osciló entre 0.35 y 1.9 litro planta⁻¹ durante el ciclo del cultivo. El agua de riego utilizada fue clasificada como C1S1 (baja en riesgo de salinización y alcalinización) y con una Relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18 (Ayers y Westcot, 1994) (cuadro 3.3). La fertilización utilizada se muestra en el cuadro (3.4).

Cuadro 3.3 Análisis químico del agua para riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. 2007.

	CE (dS.m ¹)	Ph	K	Ca	Mg	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄
	(meq.L ⁻¹)								
Contenido	1.05	8.75	1.4	4.7	0.80	3.63	0.55	2.3	4.1

Cuadro 3.4 Solución nutritiva empleada en la fertirrigación del cultivo de tomate en el sustrato testigo bajo condiciones de invernadero, UAAAN-UL, 2007

Solución	1ª. Fase de plantación y establecimiento (g)	2. Fase de floración y cuajado (g)	3. Fase de inicio de maduración (g)	4. Fase de cosecha (g)
A)Ac. Fosfórico	86	86	169 – 246	281
B)KNO ₃ ⁺	55	385	495	825
Ca(NO ₃) ₂ ⁺	60-120	300-420	405-540	675
Mg(NO ₃) ₂ ⁺	20	140-216	216	360
Zn(EDDHA)	4	14	9	15
Maxiquel multi	2.7	14	18	30
Cu 150 g	0.2	1.5	2.19	2.19
Mo 5 g	0.03	0.05	0.07	0.07

Cada solución se preparó en 20 L de agua.

3.8 Procedimiento para la preparación del té de compost

En la preparación del té de compost se aplicó el método recomendado por Ingham (2003). Con algunas adecuaciones para reducir las sales solubles contenidas en el compost. La bolsa con compost se introdujo en un recipiente de 20 L con 10 L de agua durante cinco minutos, antes de someterse a oxigenación.

Ingredientes

1. Previamente se oxigenan 60 L. de agua con una bomba de aire aereador colocado en la parte baja del tanque; ésta bomba provee un flujo continuo de oxígeno dentro de la solución y crea bastante turbulencia durante dos horas; para eliminar exceso de cloro contenido en el agua.
2. Se pesan 6 kg de compost y se coloca en una bolsa porosa (de red), y se introduce en recipiente de 20 L con 10 L de agua para lavarle el exceso de sales contenidas en el compost durante cinco minutos.
3. A continuación se introduce la bolsa dentro del tanque con agua previamente oxigenada. a la cual se aplicó como sustancias estimulantes de la actividad microbiana 40 g de melaza (piloncillo); y como ácidos húmicos o fúlvicos; 15 mL de Biomix N ® calculados para cumplir con los requerimientos de nitrógeno de la tabla de Zaidan (1997). Además se agregaron 10 mL de Biomix P®, para completar la dosis de fósforo similar a la composición de la solución nutritiva que se utilizó para el T1 de fertilizante inorgánico.
4. Terminado el proceso para la elaboración del té de compost aereado durante 24 h se aplicó diariamente; para el tratamiento T2, el té se diluyó a una proporción de (1:3) utilizando 1 L de té de compost por cada 3 L de agua.

3.9 Manejo del cultivo

3.9.1 Poda

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares cuando éstos tenían de 3 a 5cm para evitar daños a la planta éstos debe realizarse de abajo hacia arriba. La finalidad es evitar competencia con el tallo principal, Poda de hojas senescentes. Ésta labor se realizó para evitar que estas hojas se vuelvan parásitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos. En esta poda se eliminaron las hojas basales 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 de esta manera los primeros cuatro frutos en el primer racimo y así sucesivamente. Poda de yema apical. Ésta se realizó cuando la planta completaba sus ocho racimos, pues de esta manera estaba planteado el experimento; esta actividad varió en tiempo entre tratamientos y entre genotipos, e incluso entre macetas de un mismo genotipo.

3.9.2 Entutorado

Las plantas fueron conducidas mediante hilo de rafia cuando alcanzaron una altura de 30 cm para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos se pongan en contacto con el suelo, Esta labor se llevó a cabo con un amarre de la rafia a la base del tallo evitando el estrangulamiento de éste, para posteriormente y conforme la planta presentó crecimiento se enredaba la rafia a la planta, labor realizada generalmente cada semana. Una vez que las plantas alcanzaron una altura de 1.60 m fueron bajadas a 1.40 m para evitar que la planta se encuentre en la zona de máxima acumulación de calor del invernadero (zona alta) se realizó esta

actividad, bajando todas plantas en una misma dirección por cuestiones de estética, pero sobre todo para tenerlas plenamente identificadas a cada una. Esto con la finalidad de tener un mejor manejo de polinización.

3.9.3 Polinización

Al inicio de la etapa de floración se procedió a la polinización con un vibrador (cepillo dental eléctrico) el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de tres segundos, alrededor de medio. La polinización se llevó a cabo entre las 11.00 y 14.00 h.

3.10 Control de plagas y enfermedades

Se colocaron trampas amarillas con Biotac para identificar las plagas, se realizaron revisiones visuales de la planta y de las trampas cada semana para llevar un control de éstas, desde las charolas hasta la cosecha. La plaga que se presentó fue la mosca blanca, a los 42 días después de la siembra. Las enfermedades presentadas fueron cenicilla, que se presentó a los 95 días después de la siembra, fusarium, que se presentó a los 84 días antes de la siembra y cladosporium que se presentó a los 94 días después de la siembra, ambas enfermedades y plagas fueron controladas con fungicidas y plaguicidas orgánicos como son: Sedric (4-6 L.Ha⁻¹), Abakob (1L.ha⁻¹), Bio F Y B (2L.HA⁻¹), KILL-NEEM (4 a 6 L.ha⁻¹), Nutrí-Germen.(2 L.ha⁻¹), Bioinsect. (4 a 6 L.ha⁻¹), Biocrack (2 L.ha⁻¹).

3.11 Cosecha

La cosecha se realizó dos veces por semana, el criterio de cosecha fue determinado por el cambio de color, cuando el fruto empezaba a tomar un color rosado o rojizo, presentando el fruto un 30% – 60% de esta coloración. Cuando el

fruto presentó un color ya rojo. Es conveniente señalar que al cosechar en rojo se consume una gran cantidad de fotoasimilables que se pueden invertir en otras estructuras de la planta o bien emplearlos en otros frutos. Las temperaturas máximas y mínimas medias dentro del invernadero fueron 33 y 11 °C, respectivamente durante el ciclo del cultivo que duró 243 días.

3.12 Variables evaluadas en tomate

Las variables evaluadas fueron: altura, floración, precocidad (días a la cosecha), rendimiento total, en calidad de fruto se consideraron frutos < 100 g en peso (peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial de fruto, sólidos solubles, espesor de pulpa, y número de lóculos). Para medir el peso del fruto se utilizó una báscula digital con capacidad de 0.005 a 5000 g. Los diámetros polar y ecuatorial se midieron con vernier, se midieron la distancia entre el pedúnculo y cicatriz floral, y ancho del fruto. El número de lóculos se evaluó contando las cavidades. En espesor de pulpa se midió la parte carnosa del fruto con una regla milimétrica, tomando el dato en centímetros. Los sólidos solubles se midieron colocando jugo del fruto directamente en el refractómetro y tomando la lectura en grados Brix.

Para evaluar rendimiento se pesaron los frutos por planta y por racimo.

3.13 Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza; cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento

El análisis estadístico presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre sustratos y genotipos y altamente significativa ($P \leq 0.01$) para la interacción sustratos por genotipo (cuadro 1A).

El genotipo Marissa, mostró 17.7 % mayor rendimiento con 158 t ha^{-1} que el genotipo Romina (Cuadro 2A) el mejor tratamiento fue el tratamiento testigo con 166.6 t.ha y estadísticamente igual al tratamiento compost con té de compost con 142.1 t.ha^{-1} , superior en 17.3 %, a las mejores combinación, y 28% mayor que el tratamiento de compost con yeso con 129.6 t ha^{-1} (cuadro 4.1).

En el caso de la interacción, los mejores tratamientos, fueron Marissa con fertilización inorgánica (testigo) así como Romina con compost sin yeso con té de compost, presentaron una media de 197.2 y 157.5 t ha^{-1} , respectivamente (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Rendimiento tomate con tres formas de fertilización evaluados bajo invernadero. Ciclo 2007 UAAAN-UL

Tratamiento	Genotipo	Rendimiento (t.ha^{-1})	Número de frutos Por planta
Testigo arena+fertilizante	Marissa	197.2 a	31 a
Compost+ té de compost	Romina	157.5 ab	22 c
Compost c/yeso+ FO	Marissa	150.3 b	23 bc
Testigo arena+fertilizante	Romina	136.2 bc	21
Compost+ té de compost	Marissa	126.7 bc	27 ab
Compost c/yeso+ FO	Romina	108.9 c	19 c
DMS		41.22	5.1
Media		146.1	24
CV (%)		31.4	24.1

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

Dado que el testigo superó a los dos sustratos, de compost con y sin yeso, el sistema de producción de compost sin yeso no cubrió las necesidades nutricionales

del cultivo, coincidiendo con Betiol *et al.* (2004), Márquez y Cano (2004) y Heeb *et al.* (2005) quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas con fertilización inorgánica que en el sistema orgánico.

Respecto a las fuentes de fertilización, la fertilización inorgánica fue mejor, sin embargo, por su naturaleza inorgánica, su uso no es permisible en los sistemas de producción orgánica; no obstante, el compost sin yeso representa una buena alternativa para producciones sustentables con el genotipo Romina.

4.2 Número de frutos

Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en sustratos y altamente significativo ($P \leq 0.01$) entre genotipos. Los mejores tratamientos estadísticamente iguales fueron Testigo y compost + té de compost, con una media de 26 y 24 frutos por planta, el tomate saladette Marissa presentó mayor número de frutos con una media de 27 frutos (cuadro 4.1). Estos resultados difieren a lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2007) quienes evaluando sustratos orgánicos con tomate bola reportan una media de 32 frutos por planta.

4.3 Calidad de fruto

4.3.1 Peso de fruto

El análisis estadístico arrojó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre sustratos y significativas ($P \leq 0.05$) para genotipos, no se encontró diferencias en la interacción tratamiento por genotipos. Presentó una media de 169.0 g fruto⁻¹. Presentaron mayor peso los tratamientos testigo y compost con yeso con 181.4 y 194 g fruto⁻¹. En el caso de genotipos, Romina obtuvo el de mayor peso de fruto con 178.2 g, superior a Marissa en 11.4 % (cuadro 4.2).

Estos resultados difieren en mucho a los obtenidos por Acosta (2003) quien reportó que el tratamiento testigo presentó el mayor peso de fruto con 134.07 g, en este experimento el valor más bajo lo presentó el tratamiento con el genotipo Adela al 50% de vermicompost con 134.7 g.

Y a los obtenidos por Rodríguez (2002) quien encontró un peso promedio de 149.1 g y García (2006) reporta 149.5 g.

Cuadro 4.2 Efecto de tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto en genotipos de tomate en el ciclo 2006-2007 UAAAN-UL Torreón Coah.

Tratamiento	Peso (g)	Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Espesor de Pulpa (cm)
T1	181.4 a	6.6 b	6.6 a	0.81
T2	131.5 b	6.2 b	6.0 b	0.80
T3	194.3 a	7.1 a	6.9 a	0.75
DMS	19.1**	0.51**	0.32**	NS
Genotipo				
Romina	178.2 a	6.0 b	6.9 a	0.75 b
Marissa	159.9 b	7.3 a	6.1 b	0.82 a
DMS	15.6*	0.41**	0.26**	0.054*

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

Estos resultados difieren a lo obtenido por Rosales (2005) quien reporta un peso promedio de fruto de 198.9 g, De León, (2004) reporta un peso medio de fruto de 275.6 g para el genotipo Andre y 238.4 g para Bosky. Los resultados encontrados superan a los obtenidos por Chávez, (2004) quien reporta un peso medio para los dos genotipos de 226.2 g. Además estos resultados superan a los obtenidos por Hernández (2003) quien obtuvo un peso de 254.40 g. Los valores presentados por López (2003) también fueron superados ya que menciona una media de 215.92 g.

4.3.2 Diámetro polar

El análisis estadístico presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en sustratos y genotipos y no significativos la interacción genotipos por sustratos. Se presentó una media de 6.6 cm de diámetro, en el caso de genotipos, Marissa fue el de mayor diámetro polar con 7.3 cm, siendo el menor Romina con 6.0 cm (cuadro 4.6). Estos resultados difieren a lo obtenido por Rosales (2005) quien reporta una media de 6.12 cm y en mucho a lo obtenido por De León (2004) quien reporta una media para el genotipo Andre y Bosky de 5.45 y 5.40 cm, respectivamente. Sin embargo fueron superados por la media reportado por Chávez, (2004) en los genotipos Andre y Bosky con 6.003 cm.

4.3.3 Diámetro ecuatorial

El análisis estadístico presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en sustratos y genotipos, no se encontró diferencias significativas en la interacción genotipos por tratamiento. Presentaron una media de 6.5 cm de diámetro. En el caso de genotipos, Romina presentó el mayor diámetro ecuatorial con 6.9 cm, superando a Marissa con un 13 %.

Cuadro 4.3 Efecto de la interacción en los tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto en genotipos de tomate en el ciclo 2006-2007 UAAAN-UL Torreón Coah.

Tratamiento	Genotipo	Peso (g)	DP (cm)	DE (cm)	Sólidos solubles (°Brix)	Espesor Pulpa (cm)
T1	Romina	189.7	5.82	7.2	5.1	0.73
T1	Marissa	173.1	7.3	6.1	4.5	0.86
T2	Romina	130.8	5.7	6.2	4.7	0.72
T2	Marissa	132.2	6.6	5.8	4.6	0.78
T3	Romina	214.1	6.4	7.5	4.5	0.80
T3	Marissa	174.5	7.8	6.4	4.4	0.82
Media		169.0	6.6	6.5	4.6	0.78

T1= Fertilización testigo, T2= Composta sin yeso y T3= Composta con yeso.

DP= diámetro polar, DE= diámetro ecuatorial.

4.3.4 Sólidos Solubles

El análisis estadístico no presentó diferencias significativas para todas las fuentes de variación: Presentó una media de 4.6 y un coeficiente de variación de 12.3 %. Aunque no hubo diferencias significativas, en este estudio todos los tratamientos presentan fruto de buena calidad (cuadro 4.3), puesto que el tomate para procesado y consumo en fresco deben tener un contenido de sólidos solubles de 4.5 ° Brix (Diez, 2001). Fruto con ese rango de sólidos solubles también fueron obtenidos por Márquez *et al.*, (2005) y Moreno *et al.*, (2005).

4.3.5 Espesor de pulpa

El análisis estadístico presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para genotipos y no significativo entre sustratos ni en la interacción genotipos por sustratos. Presentó una media de 7.8 mm. En el caso de genotipos, Marissa presentó el mayor espesor con 0.82 cm, 9.3 % mas que el genotipo Romina (cuadro 4.3).

4.3.6 Número de lóculos

El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en genotipos y la interacción genotipos por sustratos. No hubo efecto de sustratos en esta variable. Presentó una media de 3 lóculos por fruto y un coeficiente de variación de 20.4 %. En el caso de genotipos, Romina presentó el mayor número de lóculos por fruto (cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Número de lóculos en frutos de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila.

Tratamientos	Genotipo	Número de Lóculos
Testigo arena+fertilizante	Marissa	4.4 a
Compost+ té de compost	Romina	4.1 a
Compost c/yeso+ FO	Marissa	3.3 b
Testigo arena+fertilizante	Romina	3.3 b
Compost+ té de compost	Marissa	3.0 b
Compost c/yeso+ FO	Romina	3.0 b
DMS		0.62**
Media		3
CV %		20.4

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

En la interacción, los mejores tratamientos fueron testigo y compost con yeso con el genotipo Romina los que presentaron mayor número de lóculos presentados en (cuadro 4.4). Estos resultados superan al genotipo Andre con una media de 4 lóculos, pero son superados a lo obtenido por Rosales (2005) y De León (2004) reportan una media de 5 lóculos. Chávez, (2004) presenta una media de 4.93 lóculos y Borrallas (2006) reporta 5 lóculos en el genotipo Romina.

4.3 Altura de planta

Se obtuvieron las ecuaciones de regresión que estiman la dinámica de crecimiento longitudinal de los tratamientos evaluados. En la figura 4.1 se observan las alturas obtenidas a través del experimento, donde se observa que los valores fluctuaron entre 19 y 214.76 cm, siendo los tratamientos fertilización inorgánica y el de compost con yeso, con el genotipo Marissa los que presentan mayor altura con 246.8 y 232.3 cm, respectivamente. Mientras que los tratamientos con menor altura son testigo y compost sin yeso con el genotipo Romina con 145.5 y 130.6 cm, respectivamente en la altura total (cuadro 4.5). Se realizó un análisis de varianza en

la altura total registrada a los 128 ddt. Se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre sustratos y genotipos y significativas en la interacción genotipo por sustratos, mostrando una media de 181.4 cm de altura de planta.

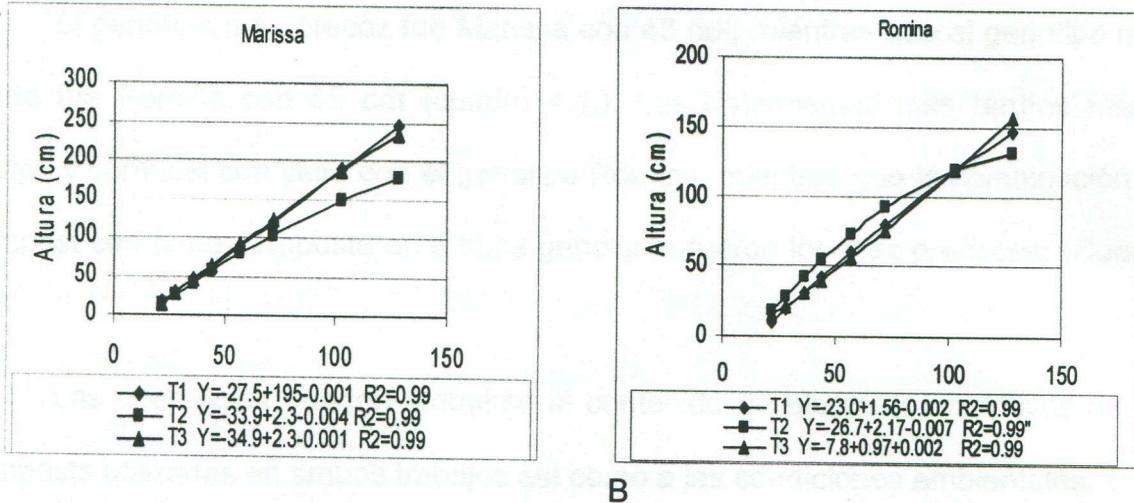


Figura 4.1 Altura de planta A) Marissa B) Romina híbridos de tomate cultivados en tres tratamientos de fertilizante en invernadero. Comarca Lagunera, 2006-2007. T1 = arena + solución nutritiva. T2= Arena +Compost (1:1; v: v) + Té de compost. T3 = Arena: compost con yeso (1:1; v: v) + fertilizante orgánico.

Cuadro 4.5 Altura de planta de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila

Tratamientos	Genotipos	Altura de planta
Testigo arena+fertilizante	Marissa	246.9 a
Compost c/yeso+ FO	Marissa	232.3 a
Compost+ té de composta	Marissa	175.9 b
Compost c/yeso+ FO	Romina	157.3 bc
Testigo arena+fertilizante	Romina	145.5 c
Compost+ té de compost	Romina	130.6 c
DMS		28.2*
Media		181.4
CV %		15.4

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

FO= fertilizante orgánico

4.4 Floración

En el análisis de varianza se detectó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en todas las fuentes de variación (cuadro 1A); presentando una media de 49 ddt y un coeficiente de variación de 15.9 %.

El genotipo más precoz fue Marissa con 43 ddt, mientras que el genotipo más tardío fue Romina con 55 ddt (cuadro 4.1.). Los tratamientos más tardíos fueron testigo y compost con yeso con el genotipo Romina, mientras que la combinación de compost con té de composta en ambos genotipos fueron los más precoces. (Cuadro 4.5).

Las diferencias pueden atribuirse al contenido de elementos nutritivos de los composts utilizadas en ambos trabajos así como a las condiciones ambientales.

Cuadro 4.6 Inicio de floración al primer racimo de planta de tomate con tres formas de fertilización en invernadero en el ciclo 2006-2007. UAAAN-UL. Torreón Coahuila

Tratamiento	Genotipo	Número de Lóculos
Testigo arena+fertilizante	Romina	65 a
Composta c/yeso+ FO	Romina	59 a
Testigo arena+fertilizante	Marissa	44 b
Composta c/yeso+ FO	Marissa	43 b
Composta s/yeso+ té de composta	Marissa	43 b
Composta s/yeso + té de composta	Romina	42 b
DMS		7.07*
Media		49
CV %		16

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

V. CONCLUSIONES

El tratamiento testigo obtuvo el mayor rendimiento con 166.6 y estadísticamente igual al compost sin yeso con 142.1 toneladas. Con estos rendimientos, se puede triplicar el rendimiento regional obtenido en campo.

Para las variables de calidad solo se encontró diferencia significativa en peso promedio del fruto, diámetro ecuatorial y diámetro polar. Y no significativa en sólidos solubles, espesor de pulpa y número de lóculos.

El genotipo Marissa rindió más en el sustrato testigo mientras que Romina rindió más en el sustrato orgánico Arena Compost sin yeso, por lo que se recomienda este genotipo para una producción orgánica. Este sustrato también fue más precoz en ambos genotipos.

VI. RESUMEN

La producción de tomate en invernadero con riego por goteo y sustrato de arena con compost y fertilizantes orgánicos permiten que las plantas se desarrollen con mayor vigor, incrementando su rendimiento y calidad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar sustratos con mezclas de arena compostas, en combinación con té de compost o fertilizantes orgánicos y así determinar la mejor combinación para este tipo de producción, y al mismo tiempo la de evaluar dos genotipos que mejor se adapten a estas condiciones de invernaderos con el manejo orgánico.

El experimento fue conducido en la UAAAN Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, durante el ciclo 2006-2007, Los seis tratamientos fueron distribuidos con un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2 con diez repeticiones, identificando los sustratos como factor A y genotipos como factor B : Marissa y Romina, Los sustratos evaluados fueron: 1) arena 100% del volumen + fertilizantes inorgánicos, 2) mezcla de arena: compost + té de compost diluido (1:3), y tratamiento 3) mezcla de arena: compost con yeso (50: 50%)+ fertilizante orgánico diluido (1:3). la siembra se realizó el 28 de Agosto, en charolas germinadoras de 200 celdillas, el sustrato para germinación se utilizó Peat Most, el trasplante se realizó el 12 de octubre del 2006 en macetas de 18 l, la arena fue previamente desinfectada con agua y cloro al 5 %. Las variables evaluadas fueron: precocidad días a floración, altura de planta, rendimiento y calidad de fruta.

Se obtuvieron rendimientos de $197.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la combinación de Marissa con el testigo. El genotipo Marissa, mostró 17.7 % mayor rendimiento con $158 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ que el genotipo Romina. El mejor tratamiento fue el tratamiento testigo con $166.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y

estadísticamente igual al tratamiento compost con té de compost con 142.1 t ha^{-1} , superior en 17.3 %, a las mejores combinaciones, y 28% mayor que el tratamiento de compost con yeso con 129.6 t.ha^{-1} . En número de frutos por planta el genotipo Marissa en el testigo y el sustrato de compost y té de compost mostraron el mayor número. En peso de fruto presentaron mayor peso los tratamientos testigo y compost con yeso con 181.4 y 194 g.fruto^{-1} respectivamente. En el caso de genotipos, Romina obtuvo el de mayor peso de fruto con 178.2 g , superior a Marissa en 11.4 %. Mientras que Marissa presentó el mayor espesor de pulpa con 0.82 cm , 9.3 % mas que el genotipo Romina. En la variable solidó soluble no presentaron efecto los tratamientos ni genotipos. El genotipo Marissa rindió más en el testigo mientras que Romina rinde más en el sustrato orgánico Arena. Compost sin yeso.

VII. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. Curso Superior de Especialización Sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp. 47-79.
- Acosta B. B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.
- Aguilar, C. P. 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México p.46.
- Alrøe, H. F.; and Kristensen, E. S. 2004. Basic principles for organic agriculture: Why and what kind of principles?. *Ecology & Farming* 26: 27-30.
- Alviter, D. 2000. Construcción y manejo de invernaderos en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) alternativa prometedora para el valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura. U.A. Chapingo. Chapingo, México. pp. 1-8.
- Anónimo, 2004. La composta. Consultado el día 1 de diciembre en www.coedehgo.gob.mx/Servicios/educa/composta.htm
- Anónimo. 2005. Fertilizante. Consultado el día 20 de junio en <http://es.wikipedia.org/wiki/Fertilizante>
- Ansorena, M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. pp 107- 109.
- Atiyeh R., M., Subler, S., Edwards C., A., Bachman, G. and Metzger J., D. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología (Germany)* 44: 579-590.
- Ayers RS, DW Westcot. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. FAO. Rome.
- Bastida, A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. U.A. Chapingo. México. pp. 13-18; 143-166 y 185-190.
- Bastida, T. A. y Ramírez A. J. A. 2002. Invernaderos en México. Serie de publicación. Agribot. UACh. Chapingo. México. Pp. 163.

- Bautista, N. y Alvarado, J. 2006. Producción de jitomate en Invernadero. Colegio de Postgraduados. Texcoco Edo. de México. pp. 3-16, 103-233.
- Belda, J. E. y Lastre, J. 1999. Reglamento Especifico de Producción Integrada de Tomate Bajo Abrigo: resumen de aspectos importantes. Laboratorio y Departamento de Sanidad Vegetal de Almería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Pp1-9.
- Bettiol W, R., Ghini, J.A. G Haddad, and R.S. Cássio. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. *Science Agriculture*. 61(3):253-259.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Ecuador Soboc. p.149.
- Borrallas V. L. 2006. Te de composta en la Producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma agraria Antonio Narro Unidad Laguna.
- Brandt, K., Luck, L., Wyss, G., Velimirou, A. y Torjusen, H. 2006. Producción de Tomate, control de calidad y seguridad en las cadenas de producción orgánica. Publicado por FiBL. (En línea). http://organichaccp.org/Upload/OrganicHACCP/Leaflet/ES/12-Tomatoes_ES.pdf (Consulta: 28-08-07)
- 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 1^{er} Simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Buso, G. 2000. Tecnología de invernaderos para la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Memoria de experiencia Profesional para licenciatura. U. A. Chapingo. Chapingo México. pp.1-8; 51-73.
- Calvert, A. 1973. Environmental responses. In: "Kingham, H. G. (Ed). The U.K. tomato manual. Grower books, London": 23-24.
- Capullín G.J., Nuñez R.E., Etchervers B. J.D. y Baca C.G.A. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo en la nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia*, vol. 35 Número 3.

- 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; *In*: El Cultivo del Tomate. (Ed.) F. Nuez. Editorial Mundi-Prensa México. pp.: 191-211.
- Castilla, P. N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In*: El cultivo del tomate. (Ed.) F. Nuez. Ediciones Mundi-Prensa. México. pp. 191-225
- Castillo, E. A.; Quarín, H. S.; Iglesias, C. M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, *In*: El Cultivo del Tomate. (Ed.) F. Nuez Editorial Mundi-Prensa México. pp. 43-87.
- 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. p.36.
- Chávez C. J. de 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 UAAANUL. Torreón Coahuila México.
- (CNA). 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. pp.113- 123.
- Cotter, D. J. y R. E. Gómez, 1981. Cooperative extension service. 400 H11 pp. 4. U. New México, U.S.A.
- Cruz, R.V., de Almeida T., V.C., de Andrade, I.F., Neto, A.I., do Nascimento, R.,V., y Villa, A., F. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras. 27: 1409-1418.
- Cuartero, J., y Báugena, M. 1999. Híbridos de tomate para cultivo en fresco. *In*: El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa México. pp. 196-211.

- De León, R. W. R. 2004. Evaluación de compostas y sustratos inertes en tomate bola bajo invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL.
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. *In: El Cultivo del Tomate*. F. Nuez (Ed.) Editorial Mundi-Prensa México. p. 95-129.
- Dodson, M., Bachmann J. & Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA.
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez 1999. Situación Taxonómica, Domesticación y Difusión del Tomate, pp. 13-23. *In: El Cultivo del Tomate*. (ed.) F. Nuez. Editorial Mundi-Prensa México. Reimpresión.
- FAO. 2000. [http:// WWW. Fao.org](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.
- FAO. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230 p.
- 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>.
- Figueroa VG. U.; P. Cano R.; C. Márquez H.; E. Ochoa M., N. Rodríguez D. y A. Moreno R. 2007. Uso de Compostas como sustrato orgánico en la producción de tomate en invernadero.. *In: Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad*. (Ed.) E. Salazar S.; H. I. Trejo E., I. Oruna C.; C. Vázquez V. Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo-CONACYT. Pp 274-291
- Figueroa, V. U. 2003. Uso sustentable del suelo. *In: Abonos Orgánicos y Plásticultura*. Gómez Palacio, Durango México. FAZ UJED. SMCS y COCYTED. pp 1-22.
- Figueroa, V. U. y Cueto W. J. A. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Ponencia presentada como parte del curso: "Abonos Orgánicos", Impartido dentro del XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 15 de Octubre de 2002. Torreón, Coah.
- (FIRA), 2003. Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. México, DF

- Fonseca, E. 2001. Costos de la producción hidropónica de tomate. *In*: Castellanos, J. Z.; Guerra, O. F.; Guzmán, P. M. (Eds.) Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C. México. Guadalajara, Jalisco. México. pp. 399-408.
- Fonseca, A. E. 2006. Producción de tomate en invernadero. En: Olivares SE (ed.) Cuarto simposio internacional de producción de cultivos en invernadero. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L. México. Pp.1-8.
- Francescangeli, N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión. Estación Experimental Agropecuario, San Pedro Buenos, Aires, Argentina.
- 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.
- García, P. E. y Jaren, C. C. 1992. Cultivos hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Edición. Mundi-Prensa, Madrid. Pp. 317-318.
- García, V. G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coah. Méx.
- Greenbook 2001 • energy and sustainable agriculture program • minnesota department of agriculture. Disponible [In: http://www.mda.state.mn.us/esap/greenbook2001/gb2001.html](http://www.mda.state.mn.us/esap/greenbook2001/gb2001.html) consultado el 2 de octubre del 2006.
- Gross, A. y Domínguez V. A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. Madrid, España. 8ª edición en español. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 106-112, 225, 238.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts potting media for growth of tomatoes. *Journal of plant nutrition (USA)* 27 (6): 1107-1123.

- 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.
- Hernández S., I.A. 2003. Evaluación de rendimiento y calidad de 18 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Pp. 15-18.
- Horward, W. 1997. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. (2vi) Wener. Hazera LTD. 1166 Pp. Brurin Israel. Pp. 163-171
- Hoyos, P. y A. Duque, 2002. E.U.I.T. Agrícola, Univ. Politécnica Madrid. Dpto. Producción Vegetal: Fitotecnia. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.
<http://organichaccp.org/Upload/OrganicHACCP/Leaflet/ES/12-Tomatoes ES.pdf> (Consulta: 28-08-07).
- Infoagro, 2003. El cultivo de tomate. Disponible en
<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp> (1 de noviembre de 2005).
- Ingham, R. E. 2003. *The Compost Tea Brewing Manual. Lastes Recipes, Methods and Research*. Cuarta Edición. Corvallis, Oregón. Pp.67.
- Johnson, H. Jr. y C. R Rock. 1975. Extensión Vegetable Specialist, University of California, Riverside. greenhouse tomatoes production. Division of Agricultural Sciences printed December 1975.
- Kulkarni, B. S., U. G. Nalawadi and R. S. Giraddi. 1996. Effect of vermicompost and vermiculture on growth and yield on china aster (*Callistephus chinensis* Nees.) cv. Ostrich Plume mixed. *South Indian Horticulture*. 44: 33-35 (Abstr).
- 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.
- León, G. H. 2001. Manual para cultivos de tomate en invernadero. Gobierno del estado de chihuahua. Pp.53.

- López E., J. I. 2003. Producción de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en otoño invierno del 2001-2002 en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coah. Méx.
- 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.
- Magnano, J. C. y Gómez O. 1999. Curso de lombricultura. Vita-Fértil.
- 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., y Cano, R. P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura 5: 219-224*
- Márquez-Hernández C., P. Cano-Ríos; Y. I. Chew-Madinaveitia; A. Moreno-Reséndez; N. Rodríguez-Dimas. 2006. Sustratos en la producción de tomate orgánico bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura 12 (2): 183-189.*
- 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.*
- Moreno R. A., Valdés P. M. T. y Zarate L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile) 65:26-34.*
- Muñoz, J. J. 2003. "La producción de plántula en invernadero". En J. J. Muñoz y J. Z. Castellanos *Manual de producción hortícola en invernadero.* INCAPA. México. pp. 187-225.
- Murray, R. y Yommi, A. 1995. Momento oportuno de cosecha de tomates larga vida y normales. *In: Memorias del XVIII Congreso Argentino de Horticultura.* ASAHO - Las Termas de Río Hondo.

- Mustin, M. 1987. Le Compost, Gestion de la Materie organique. Editions Francois DUBUSC, p.954.
- Namesny, A. 2004, Tomates producción y comercio, Ediciones de Horticultura Barcelona España, pp. 11-157.
- Nelson, V. R. 1994. Intensificación y conducción del cultivo de tomate. *In*: 2º Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Nayarit, México. pp. 155-159.
- Nogueroles, C. y Sicilia, A. 2004. Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería. Imag Impressions, S.I., Benifaió, agrícolas orgánicos. México, DF.
- NOP, 2004. The national organic program. USDA-USA.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-037-FITO, 1995. Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D.F.
- Nuez V., F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp 626-669. *En*: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del tomate, Editorial Mundi-Prensa, México.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate, Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona España, pp. 15-766.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del jitomate. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España.
- Ochoa M. E. 2007. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción del cultivo de tomate en invernadero. Tesis de maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón Coah.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para uso industrial en el Edo. De Morelos, 1980- 1982., SarH. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Paul, EA., y Clark, F.E. 1996. Soil microbiology and Biochemistry. 2 ed. Academia Press. p. 340.
- Pérez, M. y Castro, B. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Boletín de divulgación 3. Departamento de Fitotecnia, U. A. Chapingo. Chapingo, México.
- Pérez, M.D. 2002. Evaluación de micronutrientes aplicada en la solución nutritiva y folia mente para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo

- condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México Pp. 51.
- Pino R., S. J. 2004. Empleo de biofertilizantes en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo manejo orgánico en invernadero. Universidad de Talca.
- Quintero A. 2004. La composta. Curso sobre agricultura orgánica. Guadalajara, Jal. INCAPA.
- Quintero, S. R. 1999. El cultivo del aguacate orgánico (*Persea americana* Mill). *In*: Memoria del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Agraria Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Raviv, M O, S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12(1):6-10.
- 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. 1997. Cultivos hidropónicos. 4ª edición. Editorial Mundi-Prensa. España. Pp 275, 279, 425-471.
- Rincón S. L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *In*: 12º Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. *PYTOMA (España)* 135: 34-46.
- Rodríguez R. R., Tabares R. J. y J. Medina S. 1997. Cultivo Moderno del tomate. Segunda Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. Pp. 65-81.
- Rodríguez, R del. A. 2001. Manejo del Cultivo Extensivo para Industria, p. 255-309. *In*: El cultivo del Tomate (Ed.). F. Nuez. 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.

- Rodríguez, D. N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño invierno la Comarca Lagunera. Tesis. Maestría. UAAAN-UL, Torreón; Coahuila. México. 81 p.
- Rodríguez, L.; García J. L.; Benavente, R. M. 2003. Fertirrigación de invernaderos. Consultado el 2 de mayo en <http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/91invernaderos.htm>.
- Rodríguez D. N.; P. Cano R. y E. Favela C. 2007. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Memorias del Simposio Internacional de Agricultura Sustentable. Saltillo, Coahuila México 24 al 26 de octubre de 2007.
- Rodríguez-Dimas N., Cano-Ríos P., Favela-Chávez E., Figueroa-Viramontes U., V de P. Álvarez-reyna; A. Palomo-Gil, Márquez Hernández C. y moreno-Reséndez A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción orgánica en invernadero. Revista Chapingo serie Horticultura 13(2)185-192.
- Rosales, V. J.C. 2005. Evaluación de cinco híbridos de tomate bajo sistema orgánico en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN- UL. Torreón, Coah. Méx.
- Rosen J., C and Bierman M., P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. USA. 12p.
- 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. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones Generales. Rejovot, Israel. p.143.
- Sade, A. 2001. "Invernaderos para diversos climas, estructuras utilizadas para programar y proteger de los elementos a los cultivos de alto valor". Revista Agricultura de las Américas. Limburgerhof, Alemania. Año 50, No 1. Febrero.
- 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. 2001. Resumen Agrícola Región Lagunera. Delegación en la Región Lagunera, Sub-delegación de Planeación y Desarrollo Rural. Torreón, Coahuila.
- **C.E.C. Agraria. Consejería de Agricultura. Junta de Castilla-La Mancha. Marchámalo (Guadalajara) Sevilla Es.
<http://www.adevag.com/pdf/EI%20Tomate.pdf>. Consultado. 20/11/04.
- Salazar S. E. 2003. Abonos orgánicos y plasticultura. Gómez, Palacio México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Pag 27.
- Salter, C. 2004. Compost Tea – Rebuilding Soil & Plant Biological Health. New Mexico Recycling Coalition Conference.
- Scheuerell, S.J., Mahaffee, W.F. 2004. Compost tea as a container media drench for supressing seedling damping-off caused by pythium ultimum. Phytopathology. 94 (11) 1156-1163.
- Sánchez, H., J. J. 2003. Evaluación de tomate Bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera verano 2002 en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN – UL.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México, D. F.
Internet:<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>

- Serrano, Z. 2002. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda edición. Barcelona, España. pp. 31-39.
- Siles, J. 1998. El manejo de desecho de broza con lombrices californianas. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 93.
- Soto, G. y Muñoz C. 2002. Manejo Integrados de Plagas y Agroecología. Costa Rica. p.124.
- Statistical Analysis System. (1998). SAS Institute inc V.6.12 Edition Cary N:C: U.S. A.
- Subler, S., Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle (USA)* 39: 63-66.
- 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. 145 p.
- Trevor, V. S. y Cantwell, M. 2002. Recomendaciones para mantener calidad poscosecha. *In* Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero: (Eds.). Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. J. J. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 375-378.
- Tuzel, Y. y Yagmar G. B. 2003. Organic tomato produced under greenhouse conditions. (En línea). http://www.actahort.org/books/614/614_114.htm
Consulta: 2 de marzo del 2004.
- Urrestarazu, M., Salas, C. M., Padilla, I. M., Moreno, J., Elorrieta, A.M., Carrasco, G.A. 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soils cropping. *Acta Hort.* 549:147-152.
- Uvalle- Bueno J. X. 2000. Nutrición Vegetal y Fertirrigación de Hortalizas en Ambiente Semicontrolado. *In*: Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. (Eds) J. Z. Castellanos, M. Guzmán P. y F. Guerra OHart. INCAPA. S. C. Guadalajara Jal. Méx. Pp.148-157.
- Valdez, L. A. 1999. Producción de hortalizas. Editorial, Limusa, México D. F., pp. 197- 211.

- 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: 581-623.)
- Van Maanen, J.M., Pachen D.M, Dallinga J.W, and Kleinjans, J.C. 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.
- Vida, J.B., Zambolim, L., Tessmann, D.J., Brandão-FILHO, J.U.T., Verzignassi, J.R., and Caixeta, M.P. 2004. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. *Fitopatología Bras.* 29(4): 355-372.
- Wills, R., W. MacGlasson, D. Graham, T. Lee, and G. Hall. 1989. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. South China Printing Company Limited, Hong Kong, 174 p.
- Yurjevic, A. 2004. Agroecología y Producción Orgánica: Evolución durante la década de los 90's. Febrero. Numero 14. Consultada en www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm. [Consulta: 24/06/2004].
- Zaidan O. 1997. El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. *In: Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Diferentes Condiciones Ambientales. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate.* Zidan O, R Natan MASHAV (eds). Ministerio de Relaciones Exteriores Centro de Cooperación Internacional. CINDACO. Shefayim, Israel. 18 p.
- Zaidan, O. y A. Avidan, 1997. CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel.

Quadro A.1. Estatísticas descritivas para as variáveis obtidas em el cultivo de banana em diferentes condições de manejo, durante os períodos 2005-2007, na fazenda Lagoinha, IAC/AP/01

CV	GL	SC	CM	F	P>F
Variação	2	10023,3	10023,3	17,2	0,0001
Resíduo	1	58496,0	58496,0	0,0001	
Suavizar Análise	2	58496,0	58496,0	0,04	0,0001
Total	54	118729,3	118729,3		
Total	58	118729,3			

CV = coeficiente de variação; GL = graus de liberdade; SC = soma dos quadrados; CM = coeficiente de regressão; F = estatística F; P>F = probabilidade de erro.

Quadro A.2. Equações de regressão para a produção de frutos em função da duração do cultivo em fazenda Lagoinha, IAC/AP/01

Condição	Tempo (dias)	R ²	Equação de regressão	F
Manejo 1	11	0,88	$y = 23,1 + 1,06x + 0,002x^2$	0,88
Manejo 2	17	0,90	$y = 25,7 + 1,07x + 0,007x^2$	0,90
Manejo 3	18	0,89	$y = 7,8 + 0,97x + 0,002x^2$	0,89

R² = coeficiente de determinação; F = estatística F; y = produção de frutos; x = duração do cultivo.

VIII. APÉNDICE

Quadro A.3. Estatísticas descritivas para as variáveis obtidas em el cultivo de banana em diferentes condições de manejo, durante os períodos 2005-2007, na fazenda Lagoinha, IAC/AP/01

CV	GL	SC	CM	F	P>F
Variação	2	1438,2	1438,2	11,96	0,0001
Resíduo	1	2148,0	2148,0	34,53	0,0001
Suavizar Análise	2	1254,8	1254,8	10,05	0,0001
Total	54	3653,1	3653,1		
Total	58	3653,1			

CV = coeficiente de variação; GL = graus de liberdade; SC = soma dos quadrados; CM = coeficiente de regressão; F = estatística F; P>F = probabilidade de erro.

Cuadro A 1 Análisis de varianza para la variable altura en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, durante el periodo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Sustrato	2	19029.0	9514.5	12.2	0.0001**
Genotipo	1	65490.2	65490.2	83.9	0.0001**
Sustrato*Genotipo	2	6307.6	3153.8	4.04	0.0248*
Error	54	32762.6	780.1		
Total	59	123589.5			
CV	15.4				

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.

Cuadro A2 Ecuaciones de regresión para altura e inicio de floración de plantas de tomate. CELALA-INIFAP, 2000

Genotipo	Tratamiento	C.V.	Altura	
			Ecuación de regresión	r ²
Marissa	T1	5.6	$y = -27.5 + 1.95x + 0.001x^2$	0.99
Marissa	T2	6.0	$y = -33.7 + 2.25x - 0.004x^2$	0.99
Marissa	T3	4.4	$y = -34.9 + 2.29x - 0.001x^2$	0.99
Romina	T1	6.8	$y = -23.1 + 1.56x - 0.002x^2$	0.99
Romina	T2	5.0	$y = -26.7 + 2.17x - 0.007x^2$	0.99
Romina	T3	4.9	$y = -7.8 + 0.97x + 0.002x^2$	0.99

T1= Fertilización testigo, T2= Composta sin yeso y T3= Composta con yeso.

CV= coeficiente de variación

Cuadro A 3 Análisis de varianza para la variable Inicio de floración en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Sustrato	2	1488.2	744.1	11.96	0.0001**
Genotipo	1	2148.0	2148.0	34.53	0.0001**
Sustrato*Genotipo	2	1254.6	627.3	10.08	0.0002**
Error	54	3359.3	62.2		
Total	59	8250.2			
CV	12.75				

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.

Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Sustrato	2	14238.0	7119.0	3.37	0.0418*
Genotipo	1	8530.5	8530.5	4.04	0.0496*
SustratoXGenotipo	2	23388.1	11694.0	5.53	0.0065**
Error	54	114139.6	2113.7		
Total	59	160296.1			
CV	31.4				

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.

Cuadro A5. Número de frutos por planta en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Sustrato	2	310.8	155.4	4.73	0.0128*
Genotipo	1	660.0	660.0	20.1	0.0001**
SustratoXGenotipo	2	93.7	46.9	1.43	0.2492NS
Error	54	1774.7	32.9		
Total	59	2839.3			
CV	24.1				

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.

Cuadro 6.A Cuadrados medios en la calidad de fruto en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro Ecuatorial
Sustrato	2	22003.8**	4.39 **	4.85 **
Genotipo	1	5003.24*	25.02 **	10.02 **
		2120.3		
SustratoXgenotipo	2	NS	0.61 NS	0.61 NS
Error	54	908.7	0.65	0.25
C.V. %		17.8	12.2	7.7

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.

Cuadro 4.B Calidad de fruto en el cultivo de tomate, en sustratos diferentes bajo invernadero, en el ciclo (2006 – 2007) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

FV	GL	Grado Brix	Espesor de Pulpa	Numero de Lóculos
Sustrato	2	0.57 NS	0.018 NS	0428 NS
Genotipo	1	0.77 NS	0.078 *	15.20 **
Sustrato X genotipo	2	0.56 NS	0.016 NS	4.024 **
Error	54	0.32	0.011	0.490
CV		12.3	13.5	20.4

** altamente significativo al 1%, * significativo al 5% y NS no significativo.