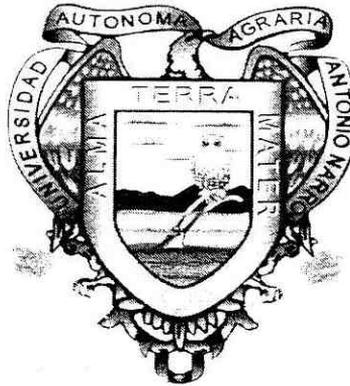


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE COMPOSTAS Y SUSTRATOS INERTES EN
TOMATE BOLA BAJO INVERNADERO**

Por

DE LEÓN ROBLERO WILBER ROBERTO

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE COMPOSTAS Y SUSTRATOS INERTES EN
TOMATE BOLA BAJO INVERNADERO

Por
DE LEÓN ROBLERO WILBER ROBERTO

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Asesor
principal:

DR. PEDRO CANO RÍOS

Asesor :

MC. CANDIDO MARQUEZ HERNANDEZ

Asesor :

MC. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

Asesor:

MC. JAVIER ARAIZA CHAVEZ

ING. JOSE JAIME LOZANO GARCIA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. WILBER ROBERTO DE LEÓN ROBLERO QUE SE SOMETE A
LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE



DR. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL



MC. CANDIDO MARQUEZ HERNADEZ

VOCAL



MC. NORMA RODRIGUES DIMAS

VOCAL SUPLENTE



MC. JAVIER ARAIZA CHAVEZ

ING. JOSE JAIME LOZANO GARCIA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
DICIEMBRE 2004

INDICE DE CONTENIDO.

AGRADECIMIENTO DEDICATORIAS INDICE DE CUADROS INDICE DE FIGURAS

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo	2
1.2. Hipótesis	2
1.3. Metas	2

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del tomate.	3
2.1.1. Origen del tomate, clasificación taxonómica y morfología.	3
2.2. Generalidades del invernadero	8
2.2.1. Definición de invernadero.	9
2.2.2. Principales ventajas que aportan los invernaderos.	9
2.2.3. Principales desventajas que aportan los invernaderos	9
2.3 Exigencias de clima del cultivo de tomate	10
2.4. Elección del genotipo.	14
2.5. Labores culturales.	16
2.5.1. Transplante	16
2.5.2. Poda de formación	17
2.5.3. Aporcado y rehundido	18
2.5.4. Tutorado	18
2.5.5. Deshojado y desyemado	18
2.5.6. Despunte de inflorescencias y aclaréo de frutos	19
2.5.7. Bajado de planta	19
2.6. Arreglo topológico	21
2.7. Fertilización de cobertera (Fertirrigación)	21
2.8. Calidad de agua de riego.	24
2.9. Polinización	25
2.10. Plagas y enfermedades.	26
2.10.1. Plagas	26
2.10.2. Enfermedades	37
2.10.3 Otras alteraciones.	40
2.11. Índices de cosecha	41
2.12. Sustratos	42
2.12.1. Generalidades de los sustratos.	42
2.12.2. Características de los sustratos	44
2.12.3. Clasificación de los sustratos	44
2.12.4. Sustratos orgánicos.	45
2.13. Biofertilizantes	49

2.14. Composta	51
2.14.1. Desechos orgánicos.	52
2.14.2. Compostaje	55
2.14.3. Elaboración de composta.	57
2.14.4. Factores que intervienen en el compostaje	57
2.14.5. Otros materiales posibles y su importancia.	61
2.14.6. Materiales que no se deben utilizar	65
2.14.7. Cuidados de la composta	66
2.15. La agricultura orgánica.	68
2.16. Producción de tomate orgánico.	70
2.17. Antecedentes de rendimientos de tomate en invernadero.	73
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	75
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.	75
3.2. Localización del experimento.	75
3.3. Climas de la región Lagunera.	75
3.4. Condiciones de invernadero.	76
3.5. Sustratos.	77
3.6. Diseño experimental.	78
3.7. Manejo del cultivo.	79
3.8. Fertilización y riegos	80
3.9. Control de plagas y enfermedades.	80
3.10. Cosecha	81
3.11. Variables evaluadas.	82
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	83
4.1. Rendimiento	83
4.2. Peso de fruto.	84
4.3. Diámetro polar.	86
4.4. Diámetro ecuatorial.	86
4.5. Brix.	87
4.6. Espesor de pulpa.	87
4.7. Número de lóculos.	88
4.8. Altura de planta.	89
4.9. Floración.	89
4.10. Color, forma de fruto y hombros.	91
V. CONCLUSIONES.	93
VI. BIBLIOGRAFÍA.	94
VII. RESUMEN.	102

AGRADECIMIENTOS

A Ti Padre por ser mi fortaleza en el día de la angustia. Por tu gracia soy lo que soy.

A mis padre y hermanos por sus consejos y por sus oraciones.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de ser un buitre mas, y estar al servicio de mi pais y mi gente.

Al Ph. D. Pedro Cano Ríos, por ser antes que mi asesor, un amigo y un maestro, gracias por guiarme en esta tesis, por su tiempo y confianza.

Al M. C. Candido Marquez Hernandez por ser un gran asesor, gracias por tu confianza y por las desveladas que yo creo valieron la pena, gracias por darme tu amistad, eres una gran persona.

A la M. C. Norma Rodríguez Dimas, por asesorarme y por estar alli cuando mas te necesitábamos, gracias por tu confianza y dedicación.

Al M. C. Javier Araiza Chávez gracias por aceptar ser mi asesor, por su disponibilidad, y por brindarme su confianza, y antes que nada su amistad.

A COECyT, por el apoyo brindado a través de esta beca, para la elaboración de este proyecto de investigación, gracias.

A CELALA-INIFAP por realizar las practicas en sus instalaciones y por el apoyo brindado para sacar adelante esta investigación.

Al Ph. D. Salvador Godoy Ávila por ser parte de mi preparación profesional.

A mis profesores por sus aportaciones en las aulas y en el campo.

Al Dr. Jose Luis Puente Manriquez, por brindarme su apoyo desinteresado,

Dios lo bendiga.

A mis compañeros y amigos Uziel Lopez Niño, Bonifacio Francisco V., Julio Cesar Torres Velazquez y José de Jesús Chavez C. por compartirme sus buenos y malos momentos, a Julio, Saul, Elpidio, Esteban, Samuel, Feliciano, Heriberto, Mauricio y Alejandro, gracias por sus confianza.

A mis hermanos en Cristo por sus oraciones y su confianza. A mis grandes hermanos de la Comunidad Cristiana de la UAAAN-UL, que gracias a Dios ya son muchos y no podría mencionarlos a todos. Los amo en el amor del Señor.

A la familia Reza Estrada por hacerme parte de la familia. Gamaliel, Paty y Raquel, gracias por el amor hacia mi, por estar allí incondicionalmente, y a sus padres que también son mis papás. Dios los bendiga.

Y a todas aquellas personas que por razones de espacio y algunas que se me pasaron no están acá pero que fueron de bendición a mi vida, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A Ti por ser el dador de la vida, porque me adoptaste como tu hijo y me amaste aun sin merecerlo, mostrándomelo en aquella cruz. Por que nunca me has desamparado y estoy seguro que no lo harás, que aunque yo ande en valle de sombra y de muerte Tu has permanecido fiel, gracias por ser mi refugio y permitirme morar bajo tu sombra. Por tu gracia soy lo que soy y tu gracia no ha sido en vano. Una vez mas Padre ¡ Gracias ¡.

A unas personas tan especiales y lindas (Sr. Dogavier de León Hernandez y Sra. Angelina Roblero López), que si yo pudiera volver a nacer y escoger, los volvería a elegir una vez más. Gracias Papá, gracias mamá, por guiarme y por amarme. Por que a pesar de todo han estado allí para mí. Gracias por sus oraciones y por ser los mejores padres del mundo, estoy seguro que si fuera necesario dar sus vida por mi, la darían. Por esa gran paciencia, por esa paciencia que Dios ha puesto en sus corazones y perdónenme si en algún momento los hice sufrir. Los amo.

A mi abuelo Feliciano Roblero Matul (+), me hubiera gustado que estuvieras aquí.

A dos personas que ya no estan acá pero que estan en la presencia de Dios, a Omar Antonio Niño y Arceli fuentes Hilerio. Gracias por sus vidas ejemplo en esta tierra.

A vosotros hermanos por estar allí, cuando mas los necesitaba. Noemí, por ser como eres, me has enseñado muchas cosas, a pesar de todo tienes un gran corazón; a Mirna, por ser ejemplo para mi y dar confianza; Edgar por amarme, no

sabes cuanto me inspiras, tiene un corazón grandote como de aquí a la luna, por tu ejemplo, ; Gume por ser ejemplo de perseverancia; Tania, ¿ves que si se puede?, por tu cariño y dedicación; y Miguel, por tu amor, hermanitos, los amo.

A mis hermanos de la Iglesia Piedra Angular, por mostrarme una decima parte del amor de Dios para mi a traves de ustedes, que para mi es demasiado.

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Principales componentes del fruto de tomate.....	7
Cuadro 2.2.	Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm) (Zaidan y Avidan, 1997).....	2
Cuadro 3.1.	Tratamientos evaluados en tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP. 2004.....	78
Cuadro 3.2.	Productos aplicados durante el ciclo del cultivo en la producción de tomate bola. 2004.....	81
Cuadro 4.1.	Media de los rendimientos de genotipos de tomate evaluado bajo condiciones de invernadero.....	84
Cuadro 4.2.	Medias de peso de genotipo de tomates evaluados, bajo condiciones de invernadero.....	85
Cuadro 4.4.	Medias de espesor de pulpa, evaluados en genotipos de tomate, bajo condiciones de invernadero.....	88
Cuadro 4.5.	Ecuaciones de regresión para la variable altura de plantas de tomate bola bajo invernadero. 2004.....	90
Cuadro 4.6.	Ecuaciones de regresión para la floración inicial de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP. 2004.....	91
Cuadro 4.7.	Variables de calidad del fruto: forma de fruto, colores del fruto, interno y externo y hombros de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP 2004.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Tiempo que tarda en degradarse el material si este es volteado con una cierta frecuencia y la temperatura que puede este alcanzar del fruto de tomate.....	60
Figura 2.2.	Relación entre temperaturas y pH con respecto al tiempo de composteo y la actividad microbiana.....	61
Figura 3.1.	Invernadero del INIFAP-CELALA, donde se llevó acabo la presente investigación.	76
Figura 3.2.	Temperaturas máximas y mínimas al interior del invernadero durante la producción de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP. 2004.....	77
Figura 4.	Toma de datos de altura y floración de tomate bola bajo invernadro. CELALA-INIFAP, 2004	82

I. INTRODUCCIÓN

El tomate, dentro de la agricultura comercial mundial es el más extensamente producido bajo invernadero, ya que, debido a necesidades de mercado en cuanto a cantidad, calidad y competencia, los agricultores deben producir tomate fuera de temporada, de acuerdo a las exigencias del consumidor.

El cultivo del tomate, es la especie hortícola más importante en México, porque genera más empleos y divisas, y cuenta con la mejor tecnología de producción, tanto en campo como en invernadero. Por lo cual, esta especie es considerada como uno de los cultivos más rentables y de mayor explotación en nuestro país.

En la producción tradicional del tomate bajo invernadero se está utilizando para su fertilización la técnica de la fertirrigación; los fertilizantes químicos que se utilizan actualmente para su producción, proceden en su mayor parte de recursos no renovables lo cual implica que en el futuro se tendrá un déficit de éstos insumos. Ante esta necesidad de subsistencia, es necesario la creación de nuevas técnicas generadoras de sustratos que sean ricos en elementos esenciales para las plantas a partir de los recursos renovables, tales como la biodegradación del estiércol, con la lombriz de tierra o bien mediante bacterias.

Con lo anterior, se aprovecharía al máximo los nutrientes del estiércol para aportar las necesidades nutrimentales del tomate y mezclarlo con un medio inerte, para así crear un sustrato orgánico, el cual evitaría el tiempo de reconversión que es de tres a cinco años, además de incrementar los rendimientos por producir bajo condiciones de invernadero

1.1. Objetivo

Evaluar el efecto de las compostas sobre el desarrollo fenológico, producción y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Evaluar niveles de composta y mezclas con los sustratos inertes

Evaluar híbridos de tomate en los sustratos orgánicos

Desarrollar un paquete tecnológico de producción de tomate orgánico bajo condiciones de invernadero

1.2. Hipótesis

Las compostas tienen efectos positivos en el desarrollo fenológico, producción y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero

Existe al menos una mezcla entre composta y sustrato inerte, que supere los rendimientos obtenidos en campo en producción orgánica

Existen respuestas diferentes entre los genotipos al manejo orgánico

Es posible producir orgánicamente en invernadero en la Comarca Lagunera

1.3. Metas

Obtener la mezcla óptima que permita producir tomate orgánico en invernadero

Determinar el genotipo que más se adapte al sistema presente de cultivo

Contar con un paquete tecnológico para la producción de tomate orgánico bajo condiciones de invernadero

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL TOMATE

2.1.1. 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 (Williams, 1990). 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*), era mucho más apreciado que el tomate (*Lycopersicon esculentum*), consumiéndose éste fundamentalmente como el actual, esto es, asociado al chile en salsas y guisos. 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, 1999).

La opinión sobre el tomate fue muy variada; desde considerarlo venenoso hasta asociarlo con el amor, como lo indica su nombre francés, *pomme d'amour*, o “manzana de amor” (Gordon y Barden, 1992).

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 (Revista de Horticultura, 1998).

Clasificación taxonómica

De acuerdo a Hunziker citado por Esquinas y Nuez (1999) la taxonomía del tomate es la siguiente:

Nombre común: Tomate o Jitomate
Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.
Familia: Solanaceae.
Clase: Dicotyledoneas
Orden: Solanes (personatae)
Familia: Solanáceae
Tribu: Solaneae
Genero: Lycopersicon
Especie: Esculentum

Morfología

Chamarro (1999), 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 3 hojas. El aspecto es el de un tallo principal, que crece en forma continua con inflorescencias internodales cada 3 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).

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 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. El tejido parénquimático 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, 1999).

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, 1995). 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, Chamorro (1999).

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

Fenología de la planta

Fase Inicial

Comienza con la germinación de la semilla y se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca; la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.

Fase Vegetativa

Es la continuación de la fase inicial, pero el aumento en materia seca es más lento, esta etapa termina con la floración, dura entre 25 y 30 días.

Fase Reproductiva

Se inicia a partir de la fructificación dura entre 30 ó 40 días y se caracteriza porque el crecimiento de la planta prácticamente se detiene y los frutos extraen de la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración.(Agronegocios, 2003).

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 medio 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).

2.2.2. 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.

2.2.3. 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, 2002)

2.3. 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 optima 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.

Humedad

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 etapa 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 (López-Galvéz *et al.*, 1991).

Contenido de CO₂ en el aire.

El CO₂ es el factor de producción que más limitaciones imponen 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/m², 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 fotoperíodo, entre 8 y 16 horas, 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 (Winsor, 1979).

Valores de radiación total diaria en torno a $0,85 \text{ MJ/m}^2$ 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 (Kinet, 1977). Los efectos negativos de una baja luminosidad pueden compensarse, en parte, con aumentos del contenido de dióxido de carbono (CO_2) del aire (Cooper y Hurd, 1968).

Es frecuente observar en nuestros 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 podemos 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.*, 1986).

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 (Cookshull, 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.* , 1986). 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).

2.4. Elección del genotipo

Diez (1995), menciona que los principales criterios de elección 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.

Tipos varietales de tomate para consumo en fresco

Principales tipos de tomate comercializados para explotación en invernadero:

Tipo beef. Plantas vigorosas hasta el 6°-7° ramillete, a partir del cual pierde bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes. Frutos de gran tamaño y poca consistencia. Producción precoz y agrupada. Cierre pistilar irregular.

Mercados más importantes: mercado interior, mercado exterior (EEUU).

Tipo marmande. Plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular, que puede variar en función de la época de cultivo.

Tipo vemone. Plantas finas y de hoja estrecha, de porte indeterminado y marco de plantación muy denso. Frutos de calibre G que representan un elevado grado de

acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Su recolección se realiza en verde pintón marcando bien los hombros. Son variedades con pocas resistencias a enfermedades.

Tipo moneymaker. Plantas de porte generalmente indeterminado. Frutos de calibres M y MM, lisos, redondos y con buena formación en ramillete.

Tipo cocktail. Plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos con pesos comprendidos entre 30 y 50 g, redondos, generalmente con lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adornos de platos. También existen frutos operados que presentan las características de un tomate de industria debido a su consistencia, contenido en sólidos solubles y acidez, aunque su consumo se realiza principalmente en fresco. Debe suprimirse la aplicación de funguicidas que manchen el fruto para impedir su depreciación comercial.

Tipo cereza (cherry). Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos.

Tipo larga vida. Tipo mayormente cultivado. La introducción de los genes Nor y Rin son los responsables de su larga vida, confiriéndole mayor consistencia y gran conservación de los frutos de cara a su comercialización, en detrimento del sabor. Generalmente se buscan frutos de calibres G, M o MM de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja.

Tipo ramillete. De reciente introducción en los mercados, resulta difícil definir si este tipo de tomate es ideal para ramillete, aunque generalmente se buscan las siguientes características: frutos de calibre M, de color rojo vivo, insertos en ramilletes en forma de raspa de pescado.

2.5. Labores culturales

2.5.1. Transplante

Tradicionalmente el propio agricultor establecía el semillero en cama caliente y con protección térmica utilizando lámina de plástico o carrizo, la siembra era al voleo o chorrillo para transplante a raíz desnuda; hoy en día, el alto costo de la semilla (híbridos) ha generalizado el uso de charolas germinadoras prensados de turba, macetillas de plástico rellenas de sustrato para transplantar con cepellón, que cuentan con instalaciones adecuadas ya sea con cámaras de germinación o invernadero (Castilla, 1999). La germinación de la semilla tiene lugar a temperaturas óptimas de entre 18°C y 24°C. Temperaturas inferiores a 11°C en los semilleros reducen la producción precoz y total (Martínez y García 1993).

Rodríguez *et al.*, (1984) citados por Castilla (1999), mencionan que en cultivo enarenado, el cepellón debe colocarse entre la arena y el suelo evitando que el cuello de la planta quede demasiado enterrado. En algunas regiones, antes de plantar es usual sumergir o mojar el cepellón con algún fungicida.

Belda y Lastre (1999), encontraron que el transplante debe realizarse con plántulas de 10 a 15 cm de altura y de 3 a 5 hojas verdaderas, eliminando aquellas que presenten síntomas de enfermedad o un desarrollo anormal. Recomiendan dar un riego después del transplante y el aporcado de plantas para evitar encharcamiento en la zona del cuello.

Es importante no demorar el transplante cuando la planta está a punto, pues los retrasos afectan negativamente a la futura producción. Tras el transplante, se da un riego a fin de conseguir buena humedad en el entorno radicular y un buen contacto

del cepellón trasplantado con el suelo circundante, que permite un buen desarrollo radical (Castilla, 1999).

2.5.2. Poda de formación

Anderlini (1996) menciona que la poda sirve para equilibrar la vegetación en beneficio de la fructificación de la planta. La poda significa eliminar los pequeños brotes axilares que se desarrollan entre los brotes laterales. Los brotes no deberán tener más de 2-3 cm de longitud, de otro modo la planta no podrá soportarla. Cuando su brote axilar se encuentra excesivamente desarrollado formando tallos secundarios es más benéfico limitarse a su despunte. Howard (1995), agrega que los brotes que no son podados a tiempo consumen gran cantidad de energía de la planta que de alguna manera estaría destinada para un mejor crecimiento.

La poda es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado, que son las comúnmente cultivadas en invernadero. Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo se determinará el número de brazos (tallos) a dejar por planta. Son frecuentes las podas a 1 o 2 brazos, aunque en tomates de tipo Cherry suelen dejarse 3 y hasta 4 tallos (Infoagro, 2002).

Johnson y Rock (1975) recomiendan podar a un solo tallo, donde todos los brotes axilares son removidos y las plantas son sostenidas por amarres a cadenas verticales suspendidas a un cable que cuelga sobre ellas esto permite una alta población de plantas con área foliar suficiente para un adecuado soporte para el desarrollo del fruto y una mínima interferencia con la circulación del aire.

2.5.3. 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 aporcado de plantas lleva como finalidad evitar el encharcamiento en la zona del cuello (Belda y Lastre, 1999).

2.5.4. Tutorado

Es una práctica imprescindible que se realiza para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.), ya que todo ello, repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades (Howard, 1995). La planta se suspende mediante un hilo, sobre el que se va enrollando el tallo principal conforme va creciendo, sino a modo de carrete que permite soltar el hilo, permite, continuar indefinidamente con la parte productiva de la planta erguida en la misma altura (Cánovas, 1999).

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (de 1.8 a 2.4 m sobre el suelo) (infoagro, 2002), mientras que Zaidan y Avidan (1997) indican que esta altura debe ser entre 2.5 y 3 metros.

2.5.5. Deshojado y desyemado

El desyemado 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 (Johnson y Rock, 1975).

Por otro lado, en el deshojado, es recomendable eliminar tanto las hojas senescentes como las hojas enfermas, con el objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, dichas hojas deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así posible fuente de inóculo, las hojas se desprenden arrancándolas bruscamente hacia arriba, a fin de que la cicatriz quede a nivel del tallo. Solo se quitan dos a tres hojas arriba del ramillete maduro a la vez, a fin de no afectar la planta y proteger el fruto del sol lo más posible y tener un buen crecimiento vegetativo y producción de fruto. (Howard, 1995).

2.5.6. 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, 1995).

2.5.7. Bajado de planta

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

1. Bajar la planta descolgando el hilo, lo cual conlleva un costo adicional en mano de obra. Este sistema está empezando a 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.
2. Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad
3. Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado

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

Pilatti y Bouso (2000), realizaron un experimento para medir efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. Mencionan que el bajado debe realizarse cuando las plantas alcanzan una altura que ya no permite un adecuado manejo del cultivo, sin embargo, este descenso de las plantas puede afectar la interceptación de radiación solar por el dosel y consecuentemente al rendimiento del cultivo. Los tratamientos consistieron en el bajado de plantas según el siguiente criterio: 1) 25 cm por semana, 2) 50 cm

cada 14 días, 3) 75 cm cada 21 días y 4) 100 cm cada 28 días. Las plantas que sufrieron un menor y más frecuente bajado (25 cm por semana) interceptaron más luz que el resto de los tratamientos, sin embargo, ninguno de los tratamientos estudiados modificó la producción de frutos comerciales.

2.6. Arreglo Topológico.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1.5 metros entre líneas y 0.5 metros entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a dos plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m x 0.5 m. Cuando se tutoran las plantas con perchas las líneas deben ser "pareadas" para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando pasillos amplios para la bajada de perchas (aproximadamente de 1,3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm (Zaidan y Avidan, 1997).

Existen métodos de hilera sencilla o doble, con un espaciamiento entre plantas que oscila entre 25-30 cm en hileras sencillas y 40-50 cm en hileras dobles. En términos generales, la densidad normalmente oscila entre 2.0 a 2.5 plantas por m² (Howard, 1995).

2.7. Fertilización de cobertera (fertirrigación)

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, microaspersores), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo

riego por goteo sólo el 20% del suelo es humedecido por los goteros, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego (Burt *et al.*, 1998).

Cadahía (1999), indica que las principales ventajas del sistema de fertirrigación son las siguientes:

- Dosificación racional de los fertilizantes.
- Un considerable ahorro de agua.
- Utilización de aguas incluso de mala calidad.
- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de los frutos.
- Control de la contaminación.
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes.
- Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas, durante todos y cada uno de los días del ciclo del cultivo.
- Automatización de la fertilización.

En cultivo en suelo y en enarenado el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo (tensión mátrica), que se determinará mediante un manejo adecuado de tensiómetros, siendo conveniente regar antes de alcanzar los 20-30 centibares.
- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

En la práctica se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicarse, con sus respectivas relaciones, por ejemplo, en tomate se consideran cuatro etapas: establecimiento-floración, floración-cuajado de frutos, maduración-1^{ra} cosecha y 1^{ra} cosecha-fin. En cada etapa, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K va disminuyendo, ya que el potasio es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo (Zaidan y Avidan, 1997).

Cuadro 2.2 Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan y Avidan, 1997).

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

2.8. Calidad de agua de riego

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

González (1991) encontró que el tomate necesita de alta cantidad de agua disponible en la fase de floración y fructificación y señala que los mejores rendimientos se obtienen cuando la planta recibe la cantidad de agua necesaria, 15 litros/kg de fruto aproximadamente, durante estas etapas provocando además un aumento en la calidad del fruto.

Magán (2002) mencionó que para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que debe aportar de forma óptima los siguientes elementos:

- Aireación
- Agua
- Solutos
- Temperatura

Cualquier sistema de cultivo sin suelo adoptado funcionará tanto mejor cuanto más óptimamente proporcione los elementos antes mencionados, así, los sistemas con sustrato dependerán muy directamente del manejo del riego para conseguir un adecuado equilibrio aire / agua, mientras que en los hidropónicos es la aireación el principal problema, al contrario de lo que sucede en los aeropónicos, en los que la dificultad estriba en mantener humedecida toda la raíz (Magán, 2002).

2.9. Polinización

Debido a que se requiere uniformidad en la inflorescencia, es importante el uso de abejorros (*Bombus vosnesenskii* Radoszkowsk) *Bombus terrestris* para asegurar la polinización, para la obtención de un fruto regular y uniforme en la inflorescencia. Es necesario tomar en cuenta el régimen de aplicaciones contra plagas en el invernadero, para que no se dañen los abejorros (*Bombus vosnesenskii*) (Zaidan y Avidan 1997).

Lacasa y Contreras (1999) en un estudio realizado midieron el efecto sobre abejorros polinizadores (*Bombus terrestris*) en la aplicación de Confidor (imidacloprid) y Namacur (fenamifos) en el agua de riego en tomate en invernadero, los tratamientos fueron: 1° el testigo sin tratar, 2° Confidor a la dosis de 0.75 lt/ha aplicados al suelo y el 3° Namacur a la dosis 20 lt/ha aplicados al suelo. El análisis de la actividad polinizadora no mostró diferencias significativas en ninguno de los conteos realizados entre el testigo y los diferentes tratamientos

Pressman *et al.* (1999) en un estudio comparando la eficacia de la polinización con abejorros (*Bombus vosnesenskii* Radoszkowsk) y el uso del vibrador

eléctrico señala que para eficientar la polinización mediante el uso de una abeja eléctrica es necesario realizar la práctica diariamente para semejar al uso de abejorros.

Dogterom y Plowright (1998) en un estudio realizado para medir el efecto de la polinización de tomate en invernadero por medio del abejorro (*Bombus vosnesenskii* Radoszkowsk) fue determinado en la medición del tamaño de fruto y su contenido de semilla., la polinización del abejorro fue comparada en los tratamientos: Sin polinización, polinización manual y polinización manual más abejorro. Los resultados encontrados indicaron que las flores polinizadas con abejorros, produjeron frutos más grandes que las flores que no fueron polinizadas con abejorros y que la forma del fruto no fue afectada por la polinización con abejorros. Los resultados muestran que el *Bombus vosnesenskii* es un efectivo polinizador dentro del invernadero.

2.10. Plagas y Enfermedades

2.10.1. Plagas

MOSCA BLANCA

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

Trialeurodes vaporariorum (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius.). Los adultos colonizan las partes jóvenes de las plantas, realizando las puestas en el envés de las hojas, de éstas emergen las primeras larvas, que son móviles. Tras

fijarse en la planta pasan por tres estadios larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie. Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Ambos tipos de daños se convierten en importantes cuando los niveles de población son altos (Mejía *et al.*, 1999).

Otro daño indirecto se producen por la transmisión de virus. *Trialeurodes vaporariorum* es transmisora del virus del amarillamiento de las Cucurbitáceas. *Bemisia tabaci* es potencialmente transmisora de un mayor número de virus en cultivos hortícolas y en la actualidad actúa como transmisora del virus del "rizado amarillo de tomate" (TYLCV), conocido como "virus de la cuchara". Estas enfermedades han provocado pérdidas considerables en la cantidad y calidad de las cosechas, lo que a su vez a provocado disminución de la superficie sembrada (Ortega, 1999).

Ohnesorge y Rapp (1988) indican que el adulto de la mosquita blanca es atraído por el color amarillo, el uso de trampas adhesivas es una de las principales herramientas en el muestreo de las poblaciones de adultos. Sharaf (1982) observó que durante la primavera y verano, las trampas colocadas horizontalmente capturan más mosquitas que las que se colocan verticalmente. Mientras que en el invierno las trampas verticales parecen ser más efectivas. Con relación a la altura de las trampas, las más altas capturas fueron obtenidas de aquellas colocadas sobre el suelo. Se obtuvieron también un mayor número de adultos en las capturas realizadas

durante las primeras horas del día (entre las 6 y 9 am.). Alpi y Tognoni (1999), mencionan lo siguiente:

Métodos preventivos y técnicas culturales

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

Control biológico mediante enemigos naturales

Principales parásitos de larvas de mosca blanca

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

Control químico

Belda y Lastre (1999), mencionan que para éstos homópteros son necesarios tratamientos con ésteres fosfóricos como metidatió n o con piretroides como Bioresmetrina y Permetrina: alfa-cipermetrina, *Beauveria bassiana*, , cipermetrina, malation, deltametrina. mencionan el uso de Buprofezin, Teflubenzuron imidacloprid,

Metomilo lambda cihalotrin, metil-pirimifos, metomilo + piridafention, piridaben, piridafention, tralometrino.

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

PULGÓN

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

Métodos preventivos y técnicas culturales

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

Control biológico mediante enemigos naturales

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

Control químico

Belda y Lastre (1999) y Lacasa y Contreras (1999) indican un control eficiente en invernadero a: Imidacloprid etiofencarb, acefato, cipermetrina, cipermetrina + azufre, metomilo, malation, deltametrina, endosulfan, endosulfan + metomilo.

MINADOR DE LA HOJA

Liriomyza spp (DIPTERA: AGROMYZIDAE). Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente, aunque no siempre distinguible, entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente a los adultos (Lacasa y Contreras, 1999; Alpi y Tognoni, 1999; Alvarado y Trumble, 1999). Alpi y Tognoni (1999), mencionan lo siguiente:

Métodos preventivos y técnicas culturales

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

Control biológico mediante enemigos naturales

- Especies parasitoides autóctonas: *Diglyphus isaea*, *Diglyphus minoews*, *Diglyphus crassinervis*, *Chrysonotomyia formosa*, *Hemiptarsenus zihalisebessi*.

- *Opius dimidiatus* (ashmead), *Chrysocharis parksi*(Crawford), *Ganaspidiatus utilis*(Beardsley) y *Dyrosigma pacifica* (Yoshimoto).
- Especies parasitoides empleadas en sueltas: *Diglyphus isaea*.

Control químico

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

GUSANO ALFILER

Keiferia lycopersicella (Walshingham) este insecto es la plaga más importante en Sinaloa. Su daño en los frutos puede alcanzar hasta un 80%; a pesar de las aplicaciones continuas de insecticidas (Alvarado y Trumble, 1999).

En estado adulto es una palomilla pequeña de color blanco grisáceo, con flecos abundantes escamas. La coloración larval varía de verde-pálido a rosado posteriormente adquiere un color grisáceo. La oviposición se realiza individualmente sobre las hojas inmediatamente superiores a las inflorescencias. En altas infestaciones son colocadas hasta en tallos y frutos. Las larvas de 1° y 2° instar al emerger inmediatamente se introducen en el parénquima foliar formando una empanada, que le sirve de protección dificultando con esto la acción del insecticida. Cuando hay presencia de frutos en el 3° y 4° instar los barrenan por el pedúnculo para alimentarse de su interior (Alvarado y Trumble, 1999). Alpi y Tognoni (1999), mencionan lo siguiente:

Control Legal

Destrucción oportuna de las socas y de los lotes abandonados. Estableciendo un periodo libre del cultivo durante el verano y mantener libre de maleza los canales de riego.

Control Biológico

El único parásito de huevecillo del gusano alfiler es la avispa (*Trichogramma pretiosum* Riley) y para larvas la avispa de los endoparásitos (*Apanteles scutellaris* Muesebeck) y del hectoparásito (*Parahormius* prob. *Pallidipes* Ashmead) (Infoagro, 2003).

Uso de feromonas como Control

Las feromonas sintéticas se usan como un método de confusión en el apareamiento de gusano, son efectivas, deben colocarse cuando aparezcan en las trampas un promedio no mayor de 2 a 5 palomillas / trampa/ noche (Alvarado y Trumble, 1999).

Medina *et al.* (2001) indican que la feromona interfiere en la fecundación de la palomilla hembra por el macho, inhibiendo con esto la reproducción del gusano alfiler del tomate. En un estudio realizado muestran que la feromona CheckMate TPW-F a la dosis de 25 g.i.a./ha proporciona un control positivo del gusano al igual que Nomate en la dosis de 25 y 40 g.i.a./ha.

Control Químico

Este insecto ha desarrollado resistencia prácticamente a todos los insecticidas. Su combate es difícil. El insecticida selectivo a base de Avermectina B1 es efectivo para larvas del gusano en la dosis de 20 g.i.a./ha, cuando el umbral económico este de 0.25 larvas/planta (Lacasa y Contreras, 1999).

ORUGAS

Spodoptera exigua (Hübner) *Spodoptera litoralis* (Boisduval), *Heliothis armigera* (Hübner), *Heliothis peltigera* (Dennis y Schiff), *Chrysodeixis chalcites* (Esper), *Autographa gamma* (L.). La principal diferencia entre especies en el estado larvario se aprecia en el número de falsa patas abdominales (5 en *Spodoptera* y *Heliothis* y 2 en *Autographa* y *Chrysodeixis*), o en la forma de desplazarse en *Autographa* y *Chrysodeixis* arqueando el cuerpo (orugas camello). La presencia de sedas ("pelos" largos) en la superficie del cuerpo de la larva de *Heliothis*, o la coloración marrón oscuro, sobre todo de patas y cabeza, en las orugas de *Spodoptera litoralis*, también las diferencia del resto de las especies (Lacasa y Contreras, 1999).

La biología de estas especies es bastante similar, pasando por estados de huevo, 5-6 estadios larvarios y pupa. Los huevos son depositados en las hojas, preferentemente en el envés, en plastones con un número elevado de especies del género *Spodoptera*, mientras que las demás lo hacen de forma aislada. Los daños son causados por las larvas al alimentarse. En *Spodoptera* y *Heliothis* la pupa se realiza en el suelo y en *Chrysodeixis chalcites* y *Autographa gamma*, en las hojas. Los adultos son polillas de hábitos nocturnos y crepusculares.

Los daños pueden clasificarse de la siguiente forma: daños ocasionados a la vegetación (*Spodoptera*, *Chrysodeixis*), daños ocasionados a los frutos (*Heliothis*, *Spodoptera* y *Plusia* en tomate, y *Spodoptera* y *Heliothis* en pimiento) y daños ocasionados en los tallos (*Heliothis* y *Ostrinia*) que pueden llegar a cegar las plantas (Belda y Lastre, 1999).

Métodos preventivos y técnicas culturales

- Colocación de mallas en las bandas del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- En fuertes ataques, eliminar y destruir las hojas bajas de la planta.
- Colocación de trampas de feromonas y trampas de luz.
- Vigilar los primeros estados de desarrollo de los cultivos, en los que se pueden producir daños irreversibles.

Control biológico mediante enemigos naturales

- Parásitos autóctonos: *Apanteles plutellae*.
- Patógenos autóctonos: Virus de la poliedrosis nuclear de *S. exigua*.
- Productos biológicos: *Bacillus thuringiensis*.

Control químico

Materias activas: Flufenoxuron, teflubenzuron. acefato, clorpirifos metomilo, piretroides triclofon y teflubenzurón (Lacasa y Contreras, 1999; Belda y Lastre, 1999).

ARAÑA ROJA

Alpi y Tongnoni (1999) indican que hay tres especies de araña que afectan al cultivo de tomate son: *Tetranychus urticae* (Koch), *T. turkestanii* (Ugarov & Nikolski) y *T. ludeni* (Tacher), como la biología, ecología y daños causados son similares, se abordan las tres especies de manera conjunta.

Mencionan que los primeros síntomas de su daño se desarrollan en el envés de las hojas más jóvenes donde se nutre con los estiletes bucales haciendo que se

vacien el contenido celular causando decoloraciones, la aparición de puntuaciones cloróticas o manchas amarillentas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga.

Métodos preventivos y técnicas culturales

- Desinfección de estructuras y suelo previa a la plantación en invernaderos con historial de araña roja.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- Evitar los excesos de nitrógeno.
- Vigilancia de los cultivos durante las primeras fases del desarrollo.

Control biológico mediante enemigos naturales

Principales especies depredadoras de huevos, larvas y adultos de araña roja: *Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis* (especies autóctonas y empleadas en sueltas), *Feltiella acarisuga* (especie autóctona) (Alpi y Tongnoni, 1999.)

Control químico

En invernadero usualmente se emplean: dicofol, tetradifon, clorfenson, propargil, azufre, empleados también mezclados entre sí.

ÁCARO DEL BRONCEADO

Aculops lycopersici (Masse) es una plaga exclusiva del tomate. Síntomas: Bronceado o herrumbre primero en el tallo y posteriormente en las hojas e incluso frutos. Evoluciona de forma ascendente desde la parte basal de la planta. Aparece

por focos y se dispersa de forma mecánica favorecida por las altas temperaturas y baja humedad ambiental. Para alimentarse, con su estilete inyecta saliva y absorbe el contenido de la célula (Lacasa y Contreras, 1999).

Al principio los órganos afectados toman un aspecto verde aceitoso, luego las células vacías, llenan de aire, proporcionan tonos plateados que adquieren tonos bronceados antes de acartonarse y desecarse, los frutos afectados precozmente ven reducido su desarrollo y la superficie se cubre de una especie de roña de color marrón resquebrajándose el tejido epidérmico suberificado. Cuando las plantas infestadas se tocan entre sí el ácaro pasa de una a otra. Planta (Lacasa y Contreras, 1999).

Gispert (1987) realizó un estudio para ver la influencia del riego en las fluctuaciones de la población del ácaro (*Aculops lycopersici* Masse) en tomate bajo condiciones de invernadero e indica que con la aplicación de riego abundante se mantiene reducida la densidad de *A. Lycopersici* en plantas de tomate, mientras que en las desarrolladas bajo niveles menores de riego se favorece el aumento notable de la población de ácaros y el daño ocasionado a estas plantas fue más severo.

Métodos preventivos y técnicas culturales

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

Control químico

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

2.10.2. Enfermedades

DAMPING OFF O SECADERA DE PLÁNTULAS

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

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

En caso del *Pythium*, las lesiones son oscuras y acuosas que se inician en las raíces y avanzan por el tallo hasta arriba del nivel del sustrato; en el caso de la *Rhizoctonia*, las lesiones son de café rojizo a oscuras, y pueden afectar las raíces y el cuello de las plántulas. Después de un mes de edad, o después del trasplante, las plantas normalmente son muy tolerantes y las zonas se restringen a la zona cortical (Sánchez, 2001) .

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

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

TIZÓN TARDÍO

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

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

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

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

TIZÓN TEMPRANO

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

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

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

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

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

2.10.3. OTRAS ALTERACIONES

Golpe de sol

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

Rajado de frutos

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

Jaspeado del fruto

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

2.11. ÍNDICES DE COSECHA

Según Trevor *et al.*, (2002) las normas para cosechar tomates son: la mínima madurez (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 lóculo y se está formando en otros.

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*.

Índices de Calidad

La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial (Trevor *et al.*, 2002).

Forma. Bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo).

Color. Color uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro). Sin hombros verdes.

Apariencia. Lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo pequeñas. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato (catfacing), sutura (zippering), quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico o magulladuras.

Firmeza. Firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobre madurez.

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.

2.12. SUSTRATOS.

2.12.1 Generalidades de los sustratos.

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 podemos mencionar, la arena y la perlita, siendo las siguientes las características respectivas para cada material, según Muñoz (2003)

ARENA. La arena es un material de naturaleza silicea con una concentración mayor del 50% de SiO_2 y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. La arena deberá de estar exenta de limo y arcilla también de carbonato de calcio. 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 – 2mm). La densidad de la arena es superior a 1.5 g/cm³. 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

PERLITA: Es un material silicio de origen volcánico y tiene la capacidad de absorber de 3 a 4 veces su peso en agua, carece de capacidad de tampón y de intercambio cationico, no obstante es útil para incrementar aireación además tiene una estructura rígida y se comercializa en diferente granulometría (García 1999), la perlita con diámetros de partículas de 0 a 1.5 mm y densidad de 80 a 90 kg/m, es la que se utiliza en semillero y también puede ser empleada para tapar la semilla. Por las características mencionadas se utilizara estos materiales como sustrato en la producción de las plántulas

Por otro lado, actualmente los aspectos relacionados con la conservación del medio 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 vermicomposta (Zaidan, 1997 citado por Zárate, 2002).

2.12.2. Características de los sustratos

Algunos puntos importantes a considerar en la composición de sustratos, son los siguientes:

A). Características físicas.

- Composición y estructura.
- Isotropía e isometría
- Granulometría y distribución
- Porosidad
- Densidad y peso
- Conductividad térmica

B). Propiedades químicas.

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Capacidad buffer
- Elementos Tóxicos

C). Propiedades biológicas

- Contenido de materia orgánica
- Relación Carbón-Nitrógeno

2.12.3. 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; Buras, 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).

2.12.4. Substratos orgánicos

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. El substrato orgánico a base de estiércol bovino, es una materia prima que en la Comarca Lagunera existe de sobra, ya que según la SAGARPA (2001) se generan aproximadamente 45, 773 toneladas mensuales, provenientes de 239, 099 cabezas de ganado vacuno (Figueroa y Cueto, 2002).

La característica principal de los abonos orgánicos: es su alto contenido de materia orgánica, la cual contiene una serie de microorganismos benéficos a la planta, además de una cantidad elevada de nutrientes como: N, P, K, Ca, etc. Los substratos orgánicos están libres de patógenos, son inodoros y diferente material original y se obtienen por procesos aerobios y anaerobios. El proceso aerobio requiere oxígeno, lo cual se proporciona por aireación y/o mezclado ya que los microorganismos presentes de este tipo de procesos son aerobios o anaerobios facultativos; mientras que en el proceso anaeróbico, sus poblaciones son anaerobias o anaerobias facultativas (Melgarejo *et al.*, 1997).

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura y presentan ciertas ventajas:

-Mayor efecto residual, por su lenta liberación.

-Aumento en la capacidad de retención de humedad: a través de su estructura granular, la porosidad y la densidad aparente.

-Formación de complejos orgánicos, con nutrientes que se mantienen en forma aprovechable para las plantas.

-Menor formación de costras y terrones.

Los abonos orgánicos tienen por objeto nutrir indirectamente a las plantas a través de los seres vivos del suelo, particularmente de los microorganismos. Estos seres vivos son los que realizan la producción del humus y nutrición de las plantas. Los efectos benéficos generales de la adición de abonos orgánicos al suelo, se traducen en altos rendimientos, que muchas veces no se logra con los fertilizantes químicos (Toyes,1992).

Quintero (2004), menciona que las ventajas que los agricultores experimentan en la fabricación de los abonos orgánicos.

- Materiales baratos y fáciles de conseguir (independencia)
- Fáciles de hacer y guardar (apropiación tecnológica por los agricultores)
- Costos bajos, cuando comparados con los precios de los abonos de los abonos químicos (relación aproximada a 1:10 Centroamericana).
- Su fabricación exige poco tiempo y puede ser escalonada de acuerdo a las necesidades de los cultivos.
- Eliminan factores de riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas.
- Le obtienen resultados a corto plazo y su dinámica permite crear nuevas formas alternativas de fabricarlos.
- No contaminan el medio ambiente
- Respetan la fauna y la flora

- Los abonos son más completos, al incorporar a los suelos macro y micronutrientes necesarios al crecimiento de las plantas.

Dicho autor, menciona que las ventajas que los agricultores experimentan con el uso de los abonos orgánicos son:

- Fáciles de usar.
- Eliminan factores de riesgo para la salud de los trabajadores y consumidores.
- Protegen el medio ambiente, la fauna, la flora y la biodiversidad.
- Mejorar gradualmente la fertilidad de los suelos asociada a su macro y microbiología.
- Estimula el ciclo vegetativo de las plantas (en hortalizas se observan ciclos vegetativos menores).
- Mayor rendimiento de número de plantas por hectárea.
- Son una fuente constante de materia orgánica.
- Los suelos conservan la humedad y amortiguan los cambios de temperatura.
- Reducen el escurrimiento superficial del agua.
- Mejora la permeabilidad de los suelos y su bioestructura.
- Favorecen la colonización del suelo por la macro y micro vida.
- Proveen al suelo de una alta tasa de humus microbiológico.
- Constituyen al logro de cosechas más seguras y eficientes.
- Mayor rentabilidad económica por área cultivada.
- Permite a los agricultores tener mayores opciones económicas y bajar los costos de producción.
- Los cultivos orgánicos, en los aspectos nutricionales (cantidad y calidad)) superan cualquier otro sistema de producción.

La restitución de la materia orgánica en el suelo es quizá la práctica más antigua que existe. Existen tratados de agricultura que datan aproximadamente del 400 a. C. al 300 d. C. Que ya mencionan la aportación del estiércol en los cultivos,

como única alternativa desechada en este tiempo. El proceso de formación de los suelos se inicia cuando cultivamos repetidamente un suelo, con el tiempo la materia orgánica de este suelo se va mineralizando y pierde sus propiedades, en mayor medida cuando los cultivos son del tipo hortícola, como en el caso de la lechuga, cuya producción se retira completamente del campo, con lo que no se restituye prácticamente ningún tipo de materia orgánica al suelo. Con el tiempo, la materia orgánica del suelo se mineraliza por la acción de los microorganismos, devolviendo al suelo los elementos nutritivos (H, C, O, N, P, K, etc.). Al reducirse la materia orgánica del suelo, la capacidad de humus, con lo cual la fertilidad disminuye. Además, como ya vimos, la materia orgánica contribuye a la capacidad de retención de agua de un suelo, a su porosidad (aireación) etc. Las zonas de cultivo deben ir aproximándose al máximo de su autosuficiencia: reciclando nutrientes, utilizando los recursos propios del lugar, encaminándose a una disminución de la energía consumida en la mecanización y al uso de energías renovables. Es necesaria una restitución de la materia orgánica para que el suelo no pierda su capacidad de retención de agua (estructura), nutrientes (C.I.C.) y aire (porosidad). Además con su mineralización, la materia orgánica libera los nutrientes que podrán ser aprovechados por las plantas. En el suelo se puede aportar cualquier tipo de residuos orgánicos. Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes, y es el agricultor quien tiene que decidirse por unos u otros, en función de sus ventajas, precio, facilidades de aplicación, durabilidad etc. (Quintero, 2004)

Cabe señalar que actualmente hay una controversia en el caso de la fertilización orgánica, ya que se menciona que los nutrientes, en todas sus formas, ya sea orgánicos o inorgánicos, son absorbidos en forma iónica (Resh, 2002)

2.13. Biofertilizantes

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 o bien aprovechar los desechos orgánicos, ya que las fuentes naturales se agotarán en un plazo no muy lejano

Quintero (2004), menciona lo siguiente sobre este tema:

Los biofertilizantes son todos aquellos organismos vivos capaces de brindar algún beneficio a las plantas, especialmente a aquellas de interés económico.

Los biofertilizantes se clasifican, de acuerdo a la acción que realizan en directos o indirectos

- ACCION INDIRECTA: El producto de la biofertilización (nutrimentos solubilizados, mejoramiento de la estructura del suelo, etc.) es aprovechado indirectamente por los cultivos, aunque estos pueden adicionalmente influir sobre los primeros.
- ACCION DIRECTA: Se agrupan microorganismos que total (fijadores de N) o parcialmente (micorrizas) habitan algún componente de los tejidos vegetales, y por ello la acción de la biofertilización se realiza en parte del vegetal y no en su medio circundante.

Otra clasificación es desde el punto de vista de distribución: amplia y restringida

RESTRINGIDA

- Fijadores biológicos de N simbióticos.
- Simbiosis Azolla-Anabaena
- Algunos tipos de endomicorrizas y ectomicorrizas.

AMPLIA

- Fijadores biológicos de N de vida libre.
- Microorganismos solubilizadores de P y K
- Microorganismos estimuladores del crecimiento vegetal
- Lombrices de tierra
- Micorrizas arbusculares

PORQUÉ ESTUDIAR LOS BIOFERTILIZANTES

- Todos, de una u otra forma, contribuyen a mejorar la calidad y productividad de los cultivos, mediante la eliminación total o parcial de los fertilizantes químicos.
- Actualmente, existe la tendencia de desarrollar una Agricultura más sana y de disminuir el uso de agroquímicos.
- Los biofertilizantes pueden ser producidos por los propios productores y reducir la dependencia internacional por los fertilizantes químicos, disminuyendo los costos de producción.
- Agricultura orgánica.

En general, pues añade, que el uso de biofertilizantes representa una alternativa viable para la producción agrícola y que el uso de hongos micorrícicos arbusculares, es recomendado para la producción de plantas en vivero.

Actualmente, existen muchas formulaciones comerciales de biofertilizantes: BuRIZE, Micorriza NES, MICOFERT, ECOMIC, NITRAGIN, AlgaEnzims, Omeobios, Humistar, etc.

2.14. COMPOSTA

La composta, es un abono orgánico que aporta nutrientes y mejora la estructura del suelo. Para elaborar composta 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, 2003).

Figueroa (2004), menciona que la elaboración de composta, ya sea bacteriana o mediante lombrices, tiene varias ventajas:

- 1.- Reduce los olores del estiércol
- 2.- No atrae moscas
- 3.- Minimiza la concentración de patógenos
- 4.- Reduce la diseminación de malezas
- 5.- 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, las compostas son aceptadas dentro del proceso de producción, únicamente deben cumplir ciertos requisitos como es el de voltearla por lo menos cinco veces, manteniendo la temperatura entre 131 y 170 °F. por tres días y que la relación C:N sea entre 25:1 y 40:1 (NOP,2004)

La actual escasez de estiércol en algunas zonas ha promovido el estudio y utilización de otros compuestos orgánicos. Entre ellos, los más conocidos son los residuos de las cosechas, rastrojos, cañas de maíz, residuos de patata, partes vegetales de la remolacha, etc. A menudo se cultivan ciertas plantas solamente para

enterrarlas en verde. Un ejemplo de este tipo de abonado es verde son la mayoría de forrajes de crecimiento rápido. El compost de residuos vegetales fermentado de similar forma que él, estiércol es una práctica habitual en jardinería. Últimamente, se ha estudiado el compost de algas, los orujos y sarmientos de vid triturados, la misma turba o el compost de residuos urbanos (Quintero, 2004)

2.14.1. DESECHOS ORGÁNICOS

Quintero (2004), menciona lo siguiente:

La creciente población requiere, además de los alimentos, de otros artículos; en la producción de ambos se generan residuos como son: el estiércol en la obtención de carne, huevo y leche; bagazo y Basura Orgánica en la obtención de azúcar; pulpa en la obtención de café; aguas negras por el uso del agua potable y basura en general producto del uso de diversos productos, sobre todo en las grandes ciudades que año con año incrementan su población debido a la búsqueda de un mejor nivel de vida, a la centralización de actividades y a la carencia de nuevos polos de desarrollo.

En consecuencia al crecer la población se incrementan las explotaciones agropecuarias, industriales y agroindustriales, lo cual ocasiona el aumento de los residuos mencionados que provoca problemas de contaminación ambiental, si no se manejan adecuadamente, factor que representa un reto para la ingeniería y otras disciplinas en el mundo entero.

Los residuos orgánicos contienen todos los elementos esenciales que requieren las plantas para su desarrollo en formas orgánicas complejas los cuales de ser transformados mediante un procesamiento adecuado, se convierten en formas

aprovechables para las plantas, constituyéndose en valiosos auxiliares de los fertilizantes químicos coadyuvados en la nutrición vegetal o eficientizando el aprovechamiento de los mismos. Por ello, a los desempeños orgánicos debe considerárseles como subproductos de las actividades mencionadas anteriormente al transformar en corto o mediano plazo en mejores de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas de los suelos.

El problema de la degradación y pérdida de los suelos es una gran preocupación para la humanidad, ya que fértiles suelos se transforman en suelos estériles por el mal manejo del hombre, por otro lado las zonas ganaderas y avícolas han contaminado las aguas con los desechos orgánicos, los cuales tienden a acumularse sin ninguna utilidad y si exterminando la vida en los mantos acuíferos, tal como acontece en las ciudades y granjas donde la materia orgánica solo contamina, por esa razón se debe de iniciar un proceso para utilizar con más sabiduría el uso de un ecosistema, buscando resolver los problemas que hacen que éste haga crisis y desaparezcan las especies vivientes que ahí existían entre las que se encuentran, la raza humana.

Se han ensayado diversas opciones para el aprovechamiento de los subproductos orgánicos en varios países, existiendo en la actualidad bastantes procesos para su utilización cuya eficacia debe medirse en función de la velocidad y eficiencia en la transformación, en la retención de los nutrimentos durante el proceso y en su rentabilidad económica

Incorporar abonos orgánicos a los suelos que soportan una vegetación cultivada, para abastecerlos de humus constituye una excelente recomendación con sólidas bases técnicas y científicas.

La utilización de materiales orgánicos naturales deberá de ser la fuente de nutrimentos y no los productos de síntesis química, es decir, los fertilizantes químicos, los cuales solo deberán de ser complementarios ya que de otra manera, solo provocan serios impactos a la naturaleza como se ha venido demostrando con la agricultura moderna, cuyas bases se fincaron en el uso intensivo de los agroquímicos.

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 medio ambiente con malos olores.

Por tales descuidos en el manejo de este subproducto, se favorece también la proliferación de insectos transmisores de enfermedades.

La recolección, transporte y aplicación se dificulta al estar el material disperso.

Las compostas obtenidas a partir de subproductos de ingenieros azucareros, se han preparado y probado en campo a nivel experimental y las observaciones preliminares muestran que puede ser eficaz y trascendente su uso en suelos cañeros sujetos a monocultivos.

Las compostas de basura urbanas se han utilizado en jardinería a un precio elevado y otra parte de menor calidad trata de utilizarse como abono orgánico en cultivos extensivos como maíz, caña de azúcar, etc.; sin embargo, gran parte se

encuentra sin utilizarse en las plantas donde se produce, debido a la falta de promoción y establecimiento de un programa de comercialización adecuado.

Parte de los residuos orgánicos de la industria vitivinícola, enlatadoras, cafetaleras y empacadoras, se han utilizado para preparar compostas en algunos casos y en otros no se utilizan, acumulándose sin ningún control.

Las aguas negras se están utilizando para el riego en terrenos agrícolas, sobre todo en el Distrito de Riego no. 03 de Tula, Hidalgo, el cual recibe las aguas negras de la Ciudad de México.

Hasta hace algunas décadas, los desechos sólidos urbanos se acumulaban en las afueras de las ciudades sin ningún tratamiento; al incrementar su volumen se buscaron o hicieron oquedades donde fueron depositados todo tipo de desechos ya sea domiciliarios, hospitalarios o industriales, generando un "tiradero". Posteriormente el relleno se fue implementando en capas de basura y tierra en forma alterna estableciéndose un "relleno sanitario"; en ambos casos, permanecía inalterados tanto los residuos metálicos como los plásticos y vidrios.

2.14.2 COMPOSTAJE

Quintero (2004), menciona lo siguiente:

El composteo es una forma de manejo de desechos sólidos, en donde los componentes orgánicos de estos productos son biológicamente descompuestos de una manera controlada, hasta convertirlos en un material húmico estable, el cual puede ser almacenado y manejado como abono orgánico sin perjuicios para el ambiente, a esta resultante se le llama composta.

La composta es el abono natural que se hace a partir de materia orgánica (restos de frutas, verduras, estiércol, tierra y agua).

En de gran beneficio porque ayuda a resolver el problema de la basura y sus costos, por otra parte es una forma muy económica de producir abono natural. La composta es un texturizador de suelos, regulador de pH, proveedor de nutrientes, microorganismos benéficos y ambióticos naturales, conservador de humedad, en resumen, es un excelente fertilizante y generador de suelos para la producción de alimentos.

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 CO₂, NH₃ y H₂S, se escapa al aire, otros subproductos de la descomposición, como el nitrógeno, la potasa, algo de fósforo y demás micronutrientes, se pierden fácilmente por lavado.

El objeto de preparar compostas utilizando subproductos orgánicos, es el de obtener de ellos elementos de fácil asimilación por las plantas.

La transformación de compuestos orgánicos a inorgánicos, es realizada por los microorganismos (bacteria) y hongos tanto aerobios como anaerobios. Los compuestos más importantes que van a ser transformados son los carbohidratos y las proteínas; por lo tanto, toda mezcla destinada a producir una buena composta deberá contener proporciones adecuadas de estas dos sustancias.

El método, más generalizado para la producción de compostas, consiste en la acumulación de basura, residuos vegetales, estiércol, hojarasca, y residuos industriales vegetales de origen orgánico (en forma separada o bien mezclados),

formando pilas o montones en lugares dedicados a este propósito; ya sea directamente sobre el suelo o en plataformas especialmente diseñadas para este fin, o bien, en fosas construidas para contener el material depositado hasta que esté listo para su uso.

Existe una infinidad de procesos, tanto los que se pueden considerar como mecanizados, como aquellos que utilizan sustancias inoculante específicas para acelerar el proceso.

2.14.3 Eelaboración de composta

El compostaje es un proceso de transformación biológica de la materia orgánica en un producto final, denominado compost, que presenta, respecto a los materiales de partida, las siguientes ventajas (Quintero, 2004):

- Mayor estabilidad biológica (eliminación de malos olores).
- Mayor contenido en humus.
- Menor relación C/N.
- Menor volumen aparente (compactación).
- Eliminación de los gérmenes patógenos.
- Inhibición del poder germinativo de las semillas.

2.14.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COMPOSTAJE (Quintero, 2004)

Tamaño de la partícula. A menor tamaño de partícula el material orgánico mayor será el área superficial del ataque por los microorganismos. 50 mm es en tamaño apropiado.

Nutrientes. Los microorganismos requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y de nitrógeno para proteínas celulares. Este último es muy importante, es deseable la relación C/N 25 a 35:1 en la mezcla inicial, si es mayor, el proceso se alarga para eliminar carbono en forma de CO₂ . si es menor , el N debe ser eliminado como amoníaco.

Humedad. Todos los organismos requieren agua para vivir, cuando la humedad es de 30% en peso fresco, las reacciones biológicas en una pila de composta se retardaran considerablemente, cuando es demasiado alta 60% los espacios entre partículas se saturan, de agua impidiendo el movimiento de aire dentro de la pila, el contenido óptimo está entre 45 y 60% de humedad.

Aireación. Esta tiene dos finalidades, suministrar oxígeno y extraer el calor producido eliminando el CO₂, la ausencia de aire (condiciones anaeróbicas) condiciona el desarrollo de distintos tipos de microorganismos, la aireación se logra mediante el volteo periódico del material.

Volteo. La aireación natural se da con mayor efectividad en las partes externas de la composta pero no en el centro. Deberá darse 2 o 3 volteos de las pilas de lo contrario encarece la mano de obra.

Aditivos. En agricultura orgánica no se deben agregar suplementos químicos o bacterianos a la pila de composta para aumentar la velocidad de descomposición de los materiales orgánicos.

Relación carbono nitrógeno

Factor de suma importancia pues son estos elementos los que son utilizados por los microorganismos para su desarrollo, degradando, por consiguiente, el sustrato orgánico sobre el cual se desarrollan.

Humedad

- El contenido de humedad va estrechamente ligado a la frecuencia de volteo del material composteado
- Su exceso (100%) tiene que ver con la presencia de malos olores, debido a que se obliteran los poros llevando a una anaerobiosis
- Su falta (entre el 45 % y el 50 %) influye en la disminución de la temperatura. y de un rezago en la realización del proceso, la cantidad de agua considerada optima se encuentra en un rango del 50 al 60 %

Aireación

Factor que tiene que ver con la presencia de oxígeno disuelto entre el material, para lo cual es importante que este material presente mayor área de superficie para que este en contacto con el oxígeno, esto se logra moliendo el material para que tengan un tamaño aprox. de 1" a 2" pero cuidando que no sea tan pequeño que dificulte por sí mismo el paso de aire al interior de la pila. Este mismo proceso de aireación también sirve para controlar tanto a la humedad, como a la temperatura, tampoco existe un parámetro fijo que nos señale cada cuando se deben de airear las pilas, aunque también de manera general se recomienda voltearlas cada semana, si por alguna causa la pila comienza a producir malos olores, este es un indicador de que la pila debe de voltearse de manera más continua (Figura 2.1).

pH

Al igual que la temperatura existen varios rangos de acidez o alcalinidad en los que los organismos operan de manera eficiente, siendo en general de 6.0 a 7.5 para bacterias y de 5.5 a 8.0 para algunos tipos de hongos. A diferencia de la temperatura este factor no se recomienda que sea modificado, pues también es un indicador del trabajo que se realiza en la composta y tiende a estabilizarse por si solo como efecto de la aireación y otros factores al ir finalizando el composteo (Figura 2.2.).

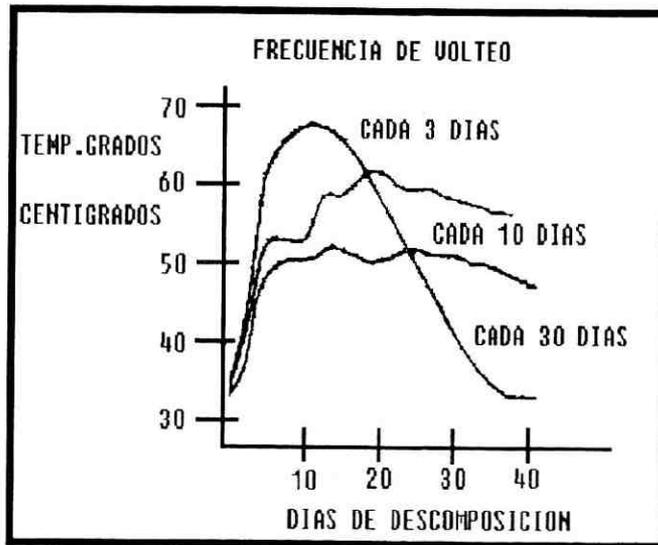


Figura 2.1. Tiempo que tarda en degradarse el material si este es volteado con una cierta frecuencia y la temperatura que puede este alcanzar

Temperatura

Factor que es muy importante cuidar, pues de él depende tanto la velocidad del proceso así como, la presencia o ausencia de los microorganismos biodegradadores, como bacterias y hongos, los cuales por virtud de este factor son clasificados en:

***Mesófilos**, que son aquellos que se desarrollan de manera óptima a temperaturas entre los 25° C y los 45° C.

***Termófilos**, son aquellos que prefieren temperaturas entre los 45 y los 70°C.

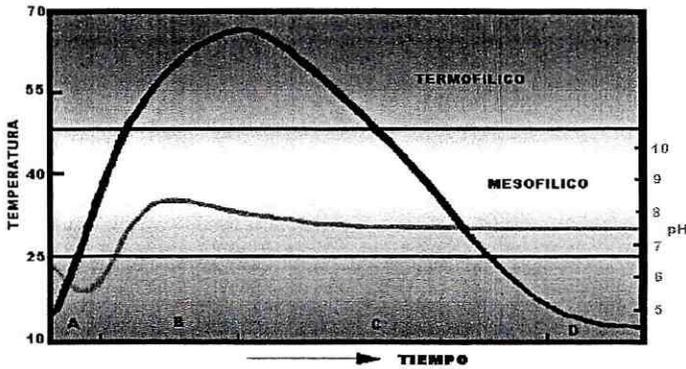


Figura 2.2. Relación entre temperatura y pH con respecto al tiempo de composteo y la actividad microbiana

En la Figura 2.2. se representa la y las letras A, B, C, y D indican fases de actividad microbiana. A= Fase mesofílica B= Fase termofílica C= Fase de enfriamiento D= Fase de maduración

El manejo adecuado de la temperatura permite a su vez eliminar la mayoría de los microorganismos considerados patógenos, así como desactivar algunos tipos de semillas.

2.14.5 Otros materiales posibles y su importancia (Quintero, 2004)

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.

NITROGENO

Harina de alfalfa.

8.4% de N; 7% de P; 2.25% de K. Libera nitrógeno durante 3 o 4 meses. Se pueden aplicar hasta 2.8 kg en 10 m². Una fuente de nitrógeno (y potasio) de efecto rápido.

Harina de sangre (cocida al vapor).

12.5% de N; 1.3% de P; 0.7% de K. Dura 3 o 4 meses. Aplicación máxima: 2.3 kg en 10 m². Es una fuente de nitrógeno de efecto rápido, apropiada para los montones de composta de lenta descomposición. Puede quemar las plantas si se usan más de 1.4 kg en 10 m², porque en un principio libera rápidamente nitrógeno. Cuando se apliquen cantidades mayores conviene esperar 2 semanas para sembrar.

Harina de pezuña y cuerno.

14 de N; 2% de P; 0% de K. Dosis: hasta 1.8 kg en 10 m². Esta es la más abundante fuente de nitrógeno, pero la liberación del nutriente se realiza con lentitud: durante 4 o 6 semanas no hay resultados visibles.

Harina de pescado.

10.5% de N; 6% de P; 0% de K. Dura 6 u 8 meses. Pueden aplicarse hasta 2.3 kg en 10 m². Es una fuente combinada de nitrógeno y fósforo.

FOSFORO.

Harina de hueso.

3% de N; 20% de P; 0% de K. Libera nutrientes durante 6 meses a un año. Dosis: hasta 2.43 kg en 10 m². Es una excelente fuente de fósforo. Especialmente adecuada para el cultivo de rosas y para abonar alrededor de los bulbos, de los árboles frutales y de las comas de flores.

Roca fosfórica.

33% de P; dura entre 3 y 5 años. Dosis de aplicación]: hasta 4.5 kg en 10 m². Liberación muy lenta del fósforo.

Fosfato coloidal.

18% de P; dura entre 2 y 3 años. Pueden aplicarse hasta 4.5 kg en 10 m². La base de arcilla lo hace más accesible a las plantas que el fósforo de la roca fosfórica, aunque pueden ser intercambiables.

POTASIO.

Ceniza de madera.

1 a 10% de K. Dura 6 meses. Dosis: hasta 7 kg en 10 m². Las cenizas de la madera tienen un alto contenido de potasio y ayudan a repeler los gusanos del suelo. Las cenizas tienen además un efecto alcalinizador sobre el suelo, por lo que hay que usarlas con cautela si el pH del suelo es superior a 6.5.

Granito triturado (molido fino).

3 a 5% de K. Dura hasta 10 años. Dosis: hasta 4.5 kg en 10 m². Libera lentamente el potasio y algunas microorganismos.

Mejoradores del suelo

Cal agrícola (cal dolomítica).

Es una buena fuente de calcio y de magnesio que se emplea cuando hay una deficiencia de tanto de magnesio como de calcio. No debe usarse para reducir la acidez de los montones de composta, ya que ello provoca una pérdida significativa de nitrógeno. Para evitar los olores y alejar a las moscas es mejor echar una capa de tierra.

Cal con alto contenido de calcio (calcita).

Una buena fuente de calcio cuando existe demasiado magnesio para poder aplicar dolomita. Puede ser sustituida por harina de concha de ostión.

Yeso (sulfato de calcio).

Se utiliza para corregir niveles excesivos de sodio intercambiable, aplíquese únicamente si así lo recomienda un análisis profesional del suelo.

Cáscaras de huevo trituradas.

Tienen un alto contenido de calcio. Especialmente apropiadas para los cultivos de la familia de la col. Ayudan a desdoblar las arcillas y liberan los nutrientes bloqueados en suelos alcalinos. Dosis: hasta 1 kg en 10 m².

En casi todos los medios rurales de nuestro país son abundantes los desechos provenientes de la actividad agropecuaria y forestal, por lo que no existen limitaciones para proveerse de materia como la que se cita a continuación:

- estiércoles diversos (de aves, ganado vacuno, bovino, caprino y caballar).
- rastrojos y otros esquilmos provenientes de la agricultura
- desechos forestales aserrines y corteza de pino.
- cenizas de origen vegetal, etc.
- desechos orgánicos de empresas frutícolas urbanas
- desechos orgánicos seleccionados de la zona urbana

2.14.6 Materiales que no se deben utilizar

- Plantas venenosas que dañen la vida del suelo.
- Ramas o madera entera y hojas como las de magnolia, cuya descomposición es muy lenta.
- Plantas que contiene ácidos tóxicos para otras plantas y la vida microbiana como son las hojas de eucalipto, el nogal, el pirul, el enebro, el sabino, las acacias y el ciprés.
- Plástico, vidrio y metales que no llegan a descomponerse y que van con la basura.
- Carne y sobras de cocina muy grasosas.

- Plantas infestadas con alguna enfermedad o que estén plagadas severamente y que puedan contener huevecillos o insectos adultos capaces de sobrevivir a pesar del calor generado por la fermentación.
- Plantas venenosas como la adelfa, la cicuta y el ricino, que son dañinas para la vida del suelo.
- Plantas demasiado ácidas o que sustancias que interfieran en el proceso de fermentación, como las agujas de pino.
- La hiedra y las suculentas, que pueden o no morir o morir en calor del proceso de descomposición y retoñar cuando se ponga la composta en un cama.
- La hierbas perniciosas como la batatilla o dondiego silvestre y el pasto bermuda, que probablemente sobrevivirán al proceso de fermentación y que obstruirán el desarrollo de otras plantas cuando vuelvan a echar brotes una vez incorporada la composta en las camas.
- El excremento de los gatos y los perros, que contienen patógenos dañinos para los niños. El calor que se produce en la composta no siempre logra eliminar estos patógenos (Quintero, 2004)

2.14.7 Cuidados de la composta

Quintero (2004), menciona los cuidados que se deben tener al hacer una composta

- Si la composta se calienta y se hace más pequeña quiere decir que todo está funcionando bien. Al final el volumen se reducirá a la mitad o menos en comparación con su volumen al inicio.

- Si no se reduce el tamaño en la primera semana es por falta de aire, entonces se volteará la composta.
- Para el control de la humedad de la composta se toma un puñado de ésta y se aprieta, si sale agua es que tiene demasiada humedad y no es necesario poner más agua. Si al apretar no sale agua y al soltar el producto deja la mano húmeda y untada de abono, entonces la humedad está bien. Si al agregar el abono la mano no queda húmeda ni untada, debe echársele agua, medir del 50-60% de humedad
- Si no se calienta puede ser porque tiene poca o mucho agua y si huele a amoníaco, es porque hay mucha materia verde.
- Para checar la temperatura se puede meter una pala o un machete derecho en la composta, dejándose unos 10 minutos. Si al sacar el machete se toca y se aguanta el calor está muy caliente y se debe poner agua o voltearla y si está frío es que las cantidades de estiércol no están bien y también hay que voltearla para ponerle más pollinaza o Basura Orgánica o también se puede apisonar.
- Si huele mal necesita aire, hay que voltear el material aireándolo lo más posible.
- Si hay hierba crecida encima, voltear la composta. Puede aprovechar para agregar más pollinaza.
- Si hay hormigas, quiere decir que la composta está seca y hay que voltearla y agregar agua
- Si atrae moscas está más húmeda; hay que voltearla y ponerle más tierra y aserrín.
- Si hay roedores (ratas u otros) lo mejor es que cambie a un tipo de composta con malla de alambre (de gallinero) de orificio chico.

- Los primeros 12 días se deberá airear (voltear), cuando menos cada tercer día.

2.15. La Agricultura Orgánica

En los últimos años la agricultura ecológica se ha incrementado en el mundo y en México impulsada por las preferencias de los consumidores, quienes prefieren cada vez más teniendo un incremento en el mundo del 50% anual, para un comparativo basta citar el ejemplo del estado de Michoacán quien en 1997 contaba con 80has de de superficie orgánica y en el año 2000, tiene 6850has certificadas y registradas a nivel internacional, donde los cultivos de aguacate, cítricos, mango, papaya, zarzamora, sobresalen por sus superficie, los cuales están obligados a utilizar fertilizante orgánico certificado o producirlo ellos mismos, mientras que su uso en los suelos de cultivos convencionales va en aumento mezclado con los insumos químicos, debido a las bondades que tiene la materia orgánica para potencializar los nutrimentos así como el mejoramiento de los suelos, la calidad de la fruta que se obtiene y la sanidad de los árboles frutales, resumiendo los fines esenciales que persigue son:

- Producir alimentos de elevada calidad nutritiva y en suficiente cantidad
- Interactuar constructivamente y potenciando la vida con todos los sistemas y ciclos naturales
- Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrario que comprenden los microorganismos, la flora y fauna del suelo, las plantas y los animales.
- Mantener e incrementar a largo plazo la fertilidad de los suelos

- Emplear, en la manera de lo posible, recursos renovables en sistemas agrarios orgánicos localmente
- Trabajar, en la medida de lo posible, dentro de un sistema cerrado con respecto a la materia orgánica y los nutrientes minerales
- Proporcionar al ganado condiciones de vida que le permitan desarrollar las funciones básicas de su conducta innata
- Minimizar todas las formas de contaminación que puedan ser producidas por las prácticas agrícolas
- Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitat de plantas y animales silvestres
- Permitir que los productores agrarios lleven una vida acorde con los derechos humanos de la ONU, cubran sus necesidades básicas, obtengan unos ingresos adecuados, reciban satisfacción de su trabajo y dispongan de un entorno laboral sano
- Tener en cuenta también el impacto social y ecológico del sistema agrario.

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

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

Para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado por empresas especializadas, en México se encuentran la Quality Assurance Internacional (QAI) y la Oregon Tilth Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente 100 y 25 dólar la hectárea, respectivamente; cabe señalar que la certificación es anual y contempla la revisión del aspecto administrativo como el de producción, incluyendo en algunos casos visitas sorpresa (Gómez *et al.*, 1999).

Por otro lado, Calvin y Barrios (2000), mencionan que la etapa ideal para exportar a Estados Unidos, es en invierno, ya que no reciben tomate de ninguna parte del mundo, mientras que internamente solo Florida lo produce, sin satisfacer, generalmente, la demanda interna.

2.16. PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICA

Navejas menciona que la producción orgánica de tomate en Baja California, ocupa diez veces menos superficie, pero genera divisas diez veces mayor

Estupiñán (2002), menciona que la producción comercial de tomate bola en campo es alrededor de 30 ton/ha

Gómez *et al.* (1999), menciona que básicamente los principales problemas de que enfrenta la agricultura orgánica, en México y en algunos lugares del mundo, son la comercialización, las limitantes ambientales, los costos de producción y la insuficiencia de capacitación e investigación; la comercialización debido a la oferta y demanda, en función del suministro constante de producto; las limitantes ambientales, debido a las aspersiones aéreas de agroquímicos en áreas aledañas a las orgánicas, repercutiendo en la contaminación de éstas, así como el agotamiento

de los suelos; los costos de producción, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y por consiguiente de precio elevado, mientras que la insuficiencia de capacitación e investigación, origina que los productores recurran a técnicos y/o instituciones extranjeras. Aunado a lo anterior las normas establecen un periodo de tres a cinco años para la reconversión de un predio para certificarlo como orgánico, entre otras cosas (NOM.037 FITO, 1995; NOP, 2004; Brentlinger, 2002).

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, 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 éste 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.

Por otro lado, la producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002), pero si bien la cosecha es orgánica, los

rendimientos son bajos, por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimientos mucho más elevados, garantizando obviamente la aplicación de insumos orgánicos para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo, por lo que la obtención de un sustrato orgánico, evitaría los tres años mencionados, lo anterior coincide con lo citado por Castellanos *et al.* (2000).

Hoy en día existen creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar los sistemas naturales a la producción orgánica. Una alternativa en la Comarca Lagunera sería crear dicho sustrato a partir de estiércol composteado, del cual se producen alrededor de 49 mil toneladas de materia seca (Luévano y Velásquez, 2001) en combinación con arena o perlita, materiales presentes en la Región.

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

Tuzel y Yagmar (2003), mencionan que se obtienen rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a 90 ton/ha en otoño, mientras que en primavera se obtuvieron desde 126 a 162 ton/ha

2.17. ANTECEDENTES DE RENDIMIENTOS DE TOMATE EN INVERNADERO

Cotter y Gómez (1981) mencionan que para una producción exitosa bajo invernadero se deben producir 100 ton/acre por año es decir 200 Ton/ha por año. A continuación se dará una reseña de los diferentes rendimientos obtenidos en invernadero.

Rodríguez *et al.*, (1996) evaluando el tomate bajo condiciones de invernadero investigando la influencia de mezclas de hidrogel en el sustrato para el mejoramiento de retención de agua reportó un rendimiento de que varía de 2.2 a 4.4 kilogramos por planta.

En invernaderos no automatizados los productores de la región del bajo y Texcoco, estado de México, obtuvieron rendimientos de 15 kg/m² con un ciclo de producción de 6 a 7 meses. Mientras que en invernaderos de alta tecnología se ha obtenido una producción de 52 kg/m² (Hoyos, 2002).

Según Fonseca (1999), para que la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos 15 kg/m².

Los rendimientos totales son muy variables dependiendo de las condiciones del cultivo. En invernadero sin calefacción con cultivares vigorosos de crecimiento indeterminado, poda a un tallo y ciclo largo (Agosto-Mayo), se están alcanzando en Almería producciones de entre 15 a 18 kg/m², en óptimas condiciones, explotando unos 15 ramilletes de flor por planta. En cifras pueden servir de orientación, en función del número de ramos explotados por tallo en cada ciclo concreto (Castillas, 1999).

Zarate (2002), Acosta (2003), Avalos (2003), son algunos ejemplos de evaluaciones de composta, en forma de vermicomposta a diferentes niveles, los cuales se comparan con los resultados obtenidos en la presente investigación

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de la comarca Lagunera.

La comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26°45' de latitud norte y los meridianos 101°40' y 104°45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel medio del mar de 1, 100 metros. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi-calido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío a frío, mientras que los meses de lluvia son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992).

3.2. Localización del experimento

El experimento se estableció en el campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP), ubicado en el km 17.5 de la carretera Torreón-Matamoros, en el municipio de Matamoros, Coahuila, dentro de la comarca Lagunera.

3.3. Climas de la Región Lagunera

Palacios (1990), define el clima de la región como bWhw (f), es decir seco con lluvias en verano. Los registros de temperatura indican una media anual de 21°C, presentando su valor mas bajo en enero y el mas alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales, situación que limita la practica de una agricultura temporal. Las heladas ocurren de Noviembre a Marzo, teniéndose un periodo libre de heladas de Abril a Octubre. La cantidad de agua para esta región es escasa en todas las estaciones del año, en el mes más lluvioso tiene una acumulación de 36.6 mm. En cuanto al mes más seco solo alcanza 1.5 mm. La humedad varía en el año: En

primavera tiene un valor promedio de 30.1%, en otoño de 49.3% y finalmente en invierno un 43.1% (CENID – RASPA, 2003).

3.4. Condiciones de invernadero

Se realizó bajo un invernadero de 250 m² con estructura totalmente metálica (Figura 3.1), cubierto lateralmente por láminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo; el sistema de enfriamiento consistió en pared húmeda y dos extractores, mientras que la calefacción fue suministrada por un quemador de gas, ambos equipos, programados automáticamente. El sistema de riego fue por goteo. La temperaturas máximas y mínimas se observan en la Figura 3.2.

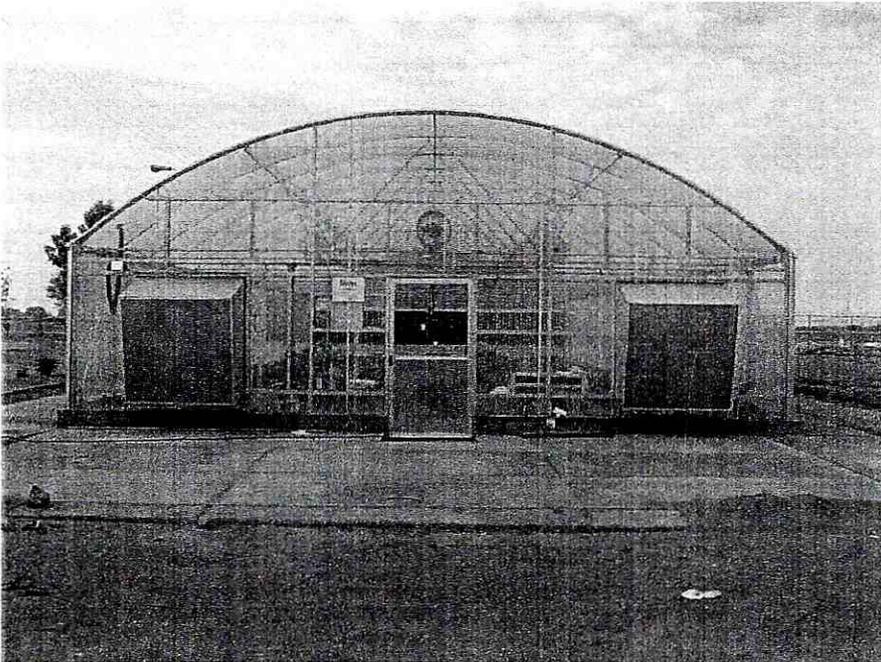


Figura 3.1. Invernadero del INIFAP-CELALA, donde se llevo a cabo la presente investigación. CELALA-INIFAP, 2004

El invernadero consta de cinco camas de concreto, con 1.70 m entre centros de cama, mientras que cada cama mide 75 cm; el largo de la cama es de 23.5 m

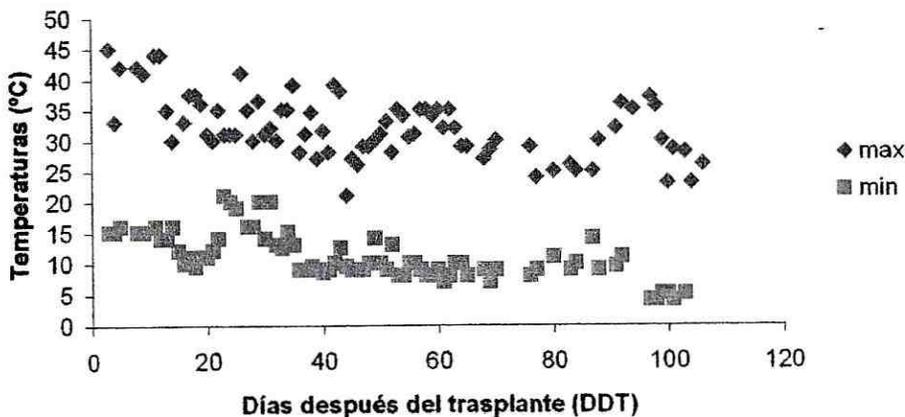


Figura 3.2. Temperaturas máximas y mínimas al interior del invernadero durante la producción de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2004

Genotipos

Se evaluaron dos genotipos de tomate de crecimiento indeterminado y con la característica de larga vida, dichos genotipos fueron Andre y Bosky .

3.5. Sustratos

Para el sustrato se utilizó dos tipos de sustratos inertes que fueron la arena y perlita.

En el caso de compostas se utilizaron de dos tipos los cuales fueron: Vermicomposta, el cual se obtuvo a partir de estiércol bovino, el cual se composteó, con lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*), durante un periodo

aproximado de dos meses, mientras que la otra composta, es un producto comercial, "Biocomposta".

3.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo trifactorial 2x2x4, en donde el factor A, fueron dos compostas (vermicomposta y biocomposta^R), el factor B, los sustratos inertes (arena y perlita) y el factor C, cuatro porcentajes de composta (12.5, 25, 37.5 y 50%), dando lugar a 16 tratamientos mas un testigo, el cual fue producido en arena fertirrigado mediante solución nutritiva propuesta por Zaidan (1997).

Los 17 tratamientos (Cuadro 3.1) fueron evaluados en dos genotipos (Andre y Bosky), los cuales se analizaron por separado. Los datos se analizaron mediante sistema estadístico SAS. La unidad experimental consistió en una maceta; la superficie sembrada fue de aproximadamente 250 m².

Cuadro 3.1. Tratamientos evaluados en tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2004

Compostas	Sustrato Inerte	Porcentaje de composta (%)	Tratamiento
Biocomposta (Bio)	Arena	12.5	1
		25	2
		37.5	3
		50	4
	Perlita	12.5	5
		25	6
		37.5	7
		50	8
Vermicomposta (Vermi)	Arena	12.5	9
		25	10
		37.5	11
		50	12
	Perlita	12.5	13
		25	14
		37.5	15

3.7. Manejo del cultivo

La siembra se realizó el 14 de Agosto del 2003, en charolas de 200 celdas, mientras que el trasplante se efectuó el 11 de septiembre en bolsas de 18 kg, las cuales tenían previamente la mezcla en función del tratamiento correspondiente. El trasplante se llevó a cabo, colocando una planta por maceta a una profundidad de 15 cm, aproximadamente; previamente cada maceta se humedeció completamente y al día siguiente se transplantó

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo eliminando los brotes axilares, se entutoró sosteniendo la planta con rafia cuando alcanzó una altura de 30 cm para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y fruto toquen el suelo. Conforme fue creciendo la planta se fue enredando en el tutor (rafia).

Se realizó durante el ciclo del cultivo la poda de yemas axilares con el objetivo de guiar a la planta a un solo tallo, pueden llegar a compartir con el tallo principal. Se podaron las hojas viejas, conforme avanzó el ciclo del cultivo, ya que estas hojas conforme avanza el cultivo, se vuelven parásitas y no producen fotosintatos. También se hicieron podas de hojas que se encontraban en la parte inferior de la planta después de que maduró el primer racimo para evitar un microclima óptimo para el desarrollo de enfermedades y hongos al mismo tiempo facilitar la aireación.

Se realizó un bajado de plantas que se realizó cuando las plantas tenían una altura que dificultaba el manejo como la polinización y facilitar la toma de datos para altura, también para facilitar el momento de la cosecha. Al hacer esta labor se bajaron todas a una misma dirección para tener un mejor control de ellas y por ende una mejor estética.

Por otro lado la polinización se realizó manualmente con la ayuda de un vibrador, esta se realizaba al medio día, ya que a esa hora existe mucha luminosidad, una temperatura óptima para que esta se realizara y una buena humedad relativa para la viabilidad del polen.

Se llevo acabo un deshoje con el fin de quitar las hojas parásitas y también para evitar un ambiente propicio para enfermedades. Se ralearon los racimos a 5 frutos para el 1^{er} racimo y los demás a 4 frutos.

3.8. Fertilización y riegos

Al inicio del experimento se trataron las macetas, hasta que estas empezaran a drenar, posteriormente se inició con la programación de riegos, en función del porcentaje de composta asumiendo que el 50 % es el que tiene mayor retención de humedad.

Para el caso del testigo se fertilizó según Zaidan (1997) y se realizaron tres lavado de macetas para lixiviar las sales.

3.9. Control de plagas y enfermedades.

Se establecieron trampas amarillas para el control de plagas, además, se realizaron inspecciones para conocer los organismos que estuviesen dañando a la planta.

Los agentes causales de las plagas y enfermedades encontradas se identificaron colocando tejido dañado y mediante observaciones directas en el microscopio compuesto y analizando las características de eso se llegó a dicha conclusión.

Los insectos que mayor problema ocasionaron fueron el acaro del bronceado así como la mosquita blanca. Para el caso de las enfermedades fueron la cenicilla y tizón tardío.

Se realizaron las siguientes aplicaciones (Cuadro 3.2), las cuales fueron todas con productos orgánicos, autorizados por la IFOAM (2003), excepto, el Amistar y la Abamectina, sin embargo, esta ultima, actualmente ya esta autorizado su uso

Cabe señalar, que tanto la cenicilla y el acaro tuvieron un crecimiento exponencial, sin poderlos controlar, por lo que se hizo uso de los productos no autorizados; sin embargo, cabe señalar, que actualmente las normas mencionan que si un organismo se convierte en problema, es decir, que no se puede combatir con productos orgánicamente cultivados, se permite la aplicación de productos sintéticos, siempre y cuando este considerado en el listado No.4 del EPA, DE Estados Unidos (IFOAM, 2004).

Cuadro 3.2. Productos aplicados durante el ciclo del cultivo en la producción de tomate bola. 2004.

Producto	IFOAM*	No. De aplicaciones	Organismo a combatir
Abamectina		2	Acaro del bronceado
Amistar		9	Cenicilla
Azufre elemental	*	6	Acaro del bronceado
Biocrack	*	3	Repelente de insectos
Ecoterrani	*	2	Repelente de insectos
Kilwack	*	6	Mosca blanca
Crispoa	*	1	Mosca blanca

IFOAM, autorizado para la producción orgánica

3.10. Cosecha.

La cosecha se realizó dos veces por semana, cuando el fruto presentó un color rosado o rojo promedio de entre el 30% pero no mas del 60 %.

3.11. Variables evaluadas.

Las variables medidas fueron altura de planta, inicio de floración (Figura 4), calidad del fruto y rendimiento en ton/ha. La altura de planta se estuvo tomando cada semana. La calidad fue cuantificada al medir sus diferentes variables que son: diámetro polar, peso de fruto, grados Brix, espesor de pulpa y número de lóculos por fruto, empleando para ello Vernier, refractómetro, báscula de precisión, regla milimétrica y tabla de colores.



Figura 4. Toma de datos de altura y floración de tomate bola bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2004

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 RENDIMIENTO

Andre

No se presentó diferencia significativa solamente para compostas, en donde se obtuvo una media de 64.6 ton/ha, mientras que el testigo obtuvo un rendimiento de 114.51 ton/ha. Para el caso de la triple interacción se presentaron 9 grupos estadísticos (Cuadro 4.1), entre los cuales, el Testigo superó a los demás con 114.51 ton/ha, mientras que el tratamiento arena + vermicomposta al 12.5% es el que obtuvo el rendimiento mas bajo con 27.11 ton/ha.

Los datos obtenidos difieren con Rodríguez (2002), quien evaluó dicho genotipo en arena + solución nutritiva obteniendo un rendimiento de 91.7 ton/ha.

También difieren de los resultados obtenidos por Àvalos (2003) quien en estudios de mezclas de vermicomposta + arena obtuvo rendimientos de 170 y 131 ton/ha con 37.5 y 25 % de vermicomposta, respectivamente, utilizando este híbrido de tomate (Andre).

Bosky

Diferencia significativa se presentó para todas las fuentes de variación excepto para compostas, donde la media fué de 67.08 ton/ha, mientras que el testigo presento una media de 115.78 ton/ha. Por otro lado en el caso de la triple interacción se presentaron 10 grupos estadísticos (Cuadro 4.1), donde el testigo con una media de 115.78 ton/ha fue el de mayor rendimiento, mientras que el menor fue la combinación arena + vermicomposta al 12.5 % con 31.42 ton/ha.

Cabe señalar que ambos genotipos son porcentualmente iguales.

Subler y Rigle (1998) mencionan que es posible implementar sistemas de producción en invernadero donde se manejen mezclas de vermicomposta + arena que favorezcan el desarrollo de diferentes especies, generando rendimientos y frutos de calidad adecuados.

CUADRO 4.1. Media de los rendimientos de genotipos de tomate evaluados bajo invernadero. 2004.

Composta	Sustrato	Porcentaje	ANDRE	BOSKY
Testigo			114.51 a	115.78 a
V	A	50	93.91 b	89.88 bcd
V	P	25	91.97 b	79.63 cd
B	A	37	89.53 b	80.33 cd
V	P	50	87.93 bc	95.78 b
B	P	37	84.88 bcd	91.16 bc
V	P	37	73.73 cde	88.86 bcd
B	P	50	71.27 def	77.54 de
B	A	25	64.74 ef	55.61 fgh
V	A	37	62.77 ef	49.59 ghi
B	A	12	61.28 ef	62.06 fg
B	P	12	59.29 ef	58.45 fgh
B	P	25	57.39 fg	65.56 ef
V	P	12	44.10 gh	47.65 hi
V	A	25	31.21 hi	40.82 ij
B	A	50	29.61 i	59.06 fgh
V	A	12	27.11 i	31.42 j

V=Vermicomposta B=Biocomposta A=Arena P=Perlita

4.2. PESO DE FRUTO

Andre

Se encontró diferencia significativa en todas las fuentes de variación. Las mejores mezclas fueron vermicomposta + perlita al 25, 50, 37.5 %, con una media de 275.6 g superando aun al testigo lo que manifiesta que las composta mas perlita aumenta el peso del fruto (Cuadro 4.2). Además estos resultados también superan a

los obtenidos por Hernández (2003) ya que obtuvo un peso de 254.40 g. Los valores presentados por López (2002) también fueron superadas ya que menciona una media de 215.92 g.

Bosky

Se puede observar que las mejores combinaciones fueron vermicomposta mas arena al 50 y 37.5%, vermicomposta + perlita al 50 y 37.5% y el testigo con una media de 238.4 g (Cuadro 4.2)

Superando a los resultados obtenidos por Ríos (2002) y López (2003) con medias de 154.09 y 221.52 g respectivamente.

En general, comparando los dos genotipos, Andre y Bosky se puede observar que el de mayor peso es el genotipo Andre superando al Bosky.

CUADRO 4.2. Medias de peso de genotipos de tomates evaluados bajo condiciones de invernadero (INIFAP, 2004).

Composta	Sustrato	Porcentaje	ANDRE	BOSKY
V	P	25	298.250000 a	209.003333 bcd
V	P	50	267.390000 ab	218.310000 abc
V	P	37	261.360000 abc	250.250000 ab
Testigo			243.016667 bcd	224.591667 abc
V	A	50	236.723333 bcde	266.850000 a
V	A	37	235.916667 bcde	232.500000 abc
B	P	25	235.693333 bcde	102.500000 f
B	A	12	225.193333 cdef	99.110000 f
B	A	37	214.686667 defg	166.370000 de
B	P	37	212.266667 defghi	187.643333 cde
B	P	12	205.223333 efghij	91.916667 f
V	A	25	187.556667 fghij	159.110000 de
B	A	25	182.556667 ghij	95.250000 f
V	P	12	177.833333 hij	194.776667 cde
B	A	50	167.500000 ij	156.026667 e
V	A	12	161.583333 j	164.943333 de
B	P	50	154.793333 j	155.876667 e

V=Vermicomposta B=Biocomposta A=Arena P=Perlita

4.3. DIÁMETRO POLAR

Para el caso de Andre se presentó diferencia significativa en cuatro fuentes de variación, excepto para la triple interacción, la cual presentó una media de 5.45 cm, mientras que en Bosky, la media fue de 5.40 cm, sin haber significancia.

Los resultados obtenidos para el genotipo Andre superaron a los evaluados por Hernández (2003) que tuvo una media de 5.16 cm, sin embargo fue menor que los resultados de López (2003) al tener una media 6.10 cm.

En contraste con el genotipo Bosky que fueron superados por los obtenidos por López (2003) y por Ríos (2002), ambos con una media 6.33 cm.

4.4. DIÁMETRO ECUATORIAL

Para el caso del genotipo Andre no se encontró diferencia significativa en la interacción composta-sustrato ni en la triple interacción, presentando una media 6.85 y 6.68 cm respectivamente.

Por otro lado, en Bosky no se encontró diferencia significativa para la triple interacción, con una media de 6.62 cm. solamente composta y porcentaje presentaron diferencia altamente significativa, para composta se observó que las mezclas con vermicomposta presentaron los mayores diámetros de 7.18 cm, mientras que para el caso de porcentaje los de mayores diámetros fueron las mezclas de composta al 37 % y al 50 % con valores de 7.23cm y 7.09 cm respectivamente.

Los resultados de Andre en comparación con los valores obtenidos por Hernández (2003) fueron superiores ya que la media de este fue de 5.72 cm, no así con los resultados presentados por López (2003) con un valor de 6.9 cm.

A diferencia de Bosky que fue superado por los diámetros obtenidos por Ríos (2002) y López (2003), al tener ambos una media de 7.0 cm.

4.5. BRIX

Para ambos genotipos no se encontró diferencias significativa en la triple interacción. Para el genotipo Andre se tiene una media de 4.01° Brix, mientras que en Bosky se tiene una media de 4.04° Brix.

Los resultados obtenidos por Ríos (2002), superan al genotipo Bosky con una media de 5.64° Brix, pero superando a los obtenidos por López (2003) con una media de 3.5 ° Brix. Mientras que los resultados presentados por Hernandez (2003) y López (2003) son superados por Andre, ambas con una media de 3.8 ° Brix.

4.6. ESPESOR DE PULPA

Se encontraron diferencias altamente significativas para las variables incluyendo la interacción entre los tres factores en estudio, en donde para el genotipo Andre, se presentaron 6 grupos estadísticos, de los cuales encontramos que la combinación vermicomposta + perlita al 25% y 37.5% tienen los valores altos de espesor de pulpa que es de 0.86 cm. (Cuadro 4).

En el caso de Bosky, 8 tratamientos fueron los de mayor espesor de pulpa con medias de 0.84 cm (Cuadro 4.4).

Para el genotipo Andre encontramos que supera a los resultados obtenidos por Hernández (2003) y por López (2003), con medias de 0.71 y 0.82 cm respectivamente. No así para Bosky que solo supera al obtenido por López (2003) con una media de 0.82 cm, pero esta por debajo de los valores presentados por Ríos (2002) con una media de 0.94 cm.

Cuadro 4.4. Medias de Espesor de Pulpa evaluados en genotipos de tomate, bajo condiciones de invernadero (2004).

Composta	Sustrato	Porcentaje	ANDRE	BOSKY
V	P	25	0.86 a	0.79 bcd
V	P	37	0.86 a	0.87 ab
V	P	50	0.84 ab	0.82 abc
B	A	12	0.83 ab	0.70 d
V	A	37	0.83 ab	0.89 a
V	A	50	0.82 abc	0.88 a
B	P	25	0.80 abc	0.70 d
B	P	50	0.79 abcd	0.77 cd
B	P	37	0.79 abcde	0.82 abc
B	A	25	0.77 abcdef	0.80 abc
Testigo			0.76 bcdef	0.87 ab
B	P	12	0.74 bcdef	0.75 cd
B	A	37	0.73 cdef	0.74 cd
V	A	12	0.72 cdef	0.76 cd
V	A	25	0.70 def	0.82 abc
V	P	12	0.69 ef	0.75 cd
B	A	50	0.55 f	0.73 cd

V=Vermicomposta B=Biocomposta A=Arena P=Perlita

4.7. NUMERO DE LÓCULOS

No se encontró diferencia significativa en la triple interacción para ambos genotipos, es decir, Andre y Bosky. Valores medios de 5 y 4 lóculos, respectivamente, lo que significa que el genotipo Andre supero al Bosky en cuanto a número de lóculos, sin embargo, ésta característica comúnmente está dada por la constitución genética de los materiales, la cual es difícil de modificar.

4.8. ALTURA DE PLANTAS

Se determinaron las ecuaciones de regresión para cada uno de los tratamientos así como para los genotipos (Cuadro 4.5), en donde se observa que 30 DDT, la mayor altura se presenta el tratamiento de Biocomposta con perlita al 37.5% en el genotipo Bosky, mientras que el de menor altura fue Vermicomposta con arena al 12.5% también para Bosky. La estimación en función de la regresión para los 80 DDT, presentó con mayor y menor altura respectivamente a biocomposta en perlita al 37.5% para Bosky y vermicomposta en arena al 12.5% para Andre

Ríos (2002), menciona que Bosky alcanza altura de 233.1 cm en solución nutritiva. Zarate (2002), menciona que la altura no varía con el porcentaje de composta, presentando valores de 100 y 96 cm, para 25% y 100% de composta

4.9. Floración

Para esta variable se determinaron las ecuaciones de regresión para estimar el comportamiento de los genotipos en función de los tratamientos evaluados (Cuadro 4.6). Al estimar la aparición del segundo y quinto racimo, mediante el modelo obtenido, se observó que para el primer caso, el primero en florear lo hará a los 24.1 DDT, mientras que el que más demorará la aparición será a los 31.9 DDT, es decir, prácticamente siete días después, que florea el primer tratamiento, siendo los tratamientos, respectivamente, vermicomposta con arena al 50% para Andre y biocomposta con arena al 25% en Bosky; en el caso del quinto racimo, el modelo arrojó que vermicomposta con perlita al 37% y con arena al 25%, ambos en Bosky, eran los tratamientos que habrían primero y último el quinto racimo con valores de 51.14 y 69.6 DDT.

Cuadro 4.5. Ecuaciones de regresión para la variable altura de plantas de tomate bola en invernadero. 2004

Genotipo	Composta	Sustrato	Porcentaje	Ecuación de regresión	r ²	DDT	
						30	80
Andre		Testigo		y = 32.404 + 13.23 x	0.9655	42.9304	109.0804
Andre	V	P	12	y = 41.548 + 6.8135	0.9206	245.953	58.6628
Andre	V	A	12	y = 39.286 + 5.9921	0.937	219.049	51.8654
Andre	B	P	12	y = 34.214 + 9.716	0.8915	325.694	81.1494
Andre	B	A	12	y = 54.042 + 9.5833	0.8962	341.541	82.0706
Andre	B	A	25	y = 40.708 + 10.125	0.8632	344.458	85.0708
Andre	B	P	25	y = 38.613 + 10.817	0.8815	363.123	90.3973
Andre	V	A	25	y = 40.08 + 8.8813	0.9422	306.519	75.0584
Andre	V	P	25	y = 56.56 + 9.5099	0.8594	341.857	81.7352
Andre	V	P	37	y = 51.387 + 10.794	0.8521	375.207	91.4907
Andre	V	A	37	y = 54.405 + 10.248	0.9433	361.845	87.4245
Andre	B	P	37	y = 34.857 + 15.49	0.9384	499.557	127.4057
Andre	B	A	37	y = 34.31 + 14.302	0.9137	463.37	117.847
Andre	B	A	50	y = 45.845 + 8.9603	0.8749	314.654	76.2669
Andre	B	P	50	y = 31.78 + 12.651	0.9825	411.31	104.386
Andre	V	A	50	y = 58.518 + 8.9266	0.8754	326.316	77.2646
Andre	V	P	50	y = 64.482 + 10.351	0.8196	375.012	89.2562
Bosky		Testigo		y = 22.632 + 13.749	0.9736	435.102	112.2552
Bosky	V	A	12	y = 35.952 + 6.9504	0.8502	244.464	59.1984
Bosky	B	P	12	y = 28.94 + 11.504	0.9097	374.06	94.926
Bosky	B	A	12	y = 51.768 + 7.5516	0.8556	278.316	65.5896
Bosky	B	A	25	y = 31.345 + 11.585	0.8983	378.895	95.8145
Bosky	B	P	25	y = 30.887 + 12.016	0.8866	391.367	99.2167
Bosky	V	A	25	y = 49.357 + 7.7679	0.8938	282.394	67.0789
Bosky	V	P	25	y = 54.446 + 10.72	0.8343	376.046	91.2046
Bosky	V	P	37	y = 48.613 + 9.5119	0.862	333.97	80.9565
Bosky	V	A	37	y = 55.173 + 7.2302	0.8138	272.079	63.3589
Bosky	B	P	37	y = 15.268 + 16.802	0.9457	519.328	135.9428
Bosky	B	A	37	y = 31.119 + 14.631	0.9013	470.049	120.1599
Bosky	B	A	50	y = 24.696 + 13.984	0.9487	444.216	114.3416
Bosky	B	P	50	y = 29.935 + 12.385	0.8945	401.485	102.0735
Bosky	V	A	50	y = 45.161 + 9.5615	0.8582	332.006	81.0081
Bosky	V	P	50	y = 44.583 + 12.028	0.885	405.423	100.6823

V=Vermicomposta B=Biocomposta A=Arena P=Perlita

Cuadro 4.6. Ecuaciones de regresión para la floración inicial de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2004

Genotipo	Composta	Sustrato	Porcentaje	Ecuación de regresión	r^2	Racimo	
						2	5
Andre		Testigo		$y = 6.82 + 10.21x$	0,994	27.2487	57.8817
Andre	V	P	12	$y = 3.95 + 11.219x$	0.9357	26.3936	60.0506
Andre	V	A	12	$y = 6.66 + 12.067x$	0.9828	30.8	67.001
Andre	B	P	12	$Y = 9.33 + 9.33x$	0.9945	29.1999	58.9998
Andre	B	A	12	$y = 7.13 + 8.53x$	0.9824	24.1999	49.7998
Andre	B	A	25	$y = 11.3 + 8.53$	0.9	28.3666	53.9665
Andre	B	P	25	$y = 11.5 + 8.03$	0.9927	27.5666	51.6665
Andre	V	A	25	$y = 9.16 + 9.76$	0.992	28.7001	58.0002
Andre	V	P	25	$y = 5.8 + 9.2$	0.98	24.2	51.8
Andre	V	P	37	$y = 2.77 + 11.33$	0.952	25.437	59.427
Andre	V	A	37	$y = 7.44 + 8.73$	0.985	24.9202	51.1345
Andre	B	P	37	$y = 9.91 + 8.81$	0.962	27.549	54.006
Andre	B	A	37	$y = 6.57 + 10.01$	0.98	26.597	56.627
Andre	B	A	50	$y = 8.56 + 10.1$	0.999	28.7667	59.0667
Andre	B	P	50	$y = 6.42 + 10.46$	0.986	27.356	58.757
Andre	V	A	50	$y = 4.31 + 9.89$	0.921	24.101	53.786
Andre	V	P	50	$y = 7.55 + 8.78$	0.937	25.125	51.48
Bosky		Testigo		$y = 4.06 + 12.2$	0.997	28.466	65.066
Bosky	V	P	12	$y = 5.91 + 11.75$	0.937	29.416	64.666
Bosky	V	A	12	$y = 5.66 + 11.43$	0.978	28.532	62.831
Bosky	B	P	12	$y = 5.53 + 12.4$	0.997	30.333	67.533
Bosky	B	A	12	$y = 5.6 + 10$	0.991	25.6	55.6
Bosky	B	A	25	$y = 9.03 + 11.46$	0.995	31.967	66.368
Bosky	B	P	25	$y = 10.7 + 12.53$	0.991	27.766	65.365
Bosky	V	A	25	$y = 2.08 + 13.51$	0.998	29.117	69.668
Bosky	V	P	25	$y = 4.9 + 9.46$	0.984	23.832	52.23
Bosky	V	P	37	$y = 8.24 + 8.58$	0.989	25.406	51.149
Bosky	V	A	37	$y = 5.16 + 10.3$	0.966	25.766	56.666
Bosky	B	P	37	$y = 5.16 + 10.3$	0.966	25.766	56.666
Bosky	B	A	37	$y = 8.75 + 9.84$	0.979	28.449	57.99
Bosky	B	A	50	$y = 7.17 + 11.69$	0.998	30.567	65.652
Bosky	B	P	50	$y = 6.51 + 12.24$	0.994	30.997	67.726
Bosky	V	A	50	$y = 7.08 + 9.78$	0.972	26.649	55.998
Bosky	V	P	50	$y = 9.64 + 8.51$	0.987	26.672	52.214

V=Vermicomposta B=Biocomposta A=Arena P=Perlita An=Andre Bo=Bosky

4.10. COLOR, FORMA DE FRUTO Y HOMBROS

El color de fruto al momento de la cosecha presentó variación que va desde el color naranja hasta diferentes tonalidades de rojo, es decir el color externo. Por otro lado, el color interior prácticamente fue similar en todos los tratamientos (Cuadro 4.7)

Para la forma del fruto se utilizó el formato técnico de la comercializadora de semillas Hazera (1999). Los híbridos evaluados presentaron una forma globosa y globosa profunda (Cuadro 7). Para el caso de los hombros, en su mayoría presentaron una maduración uniforme (Cuadro 7)

Cuadro 4.7. Variables de calidad del fruto: forma del fruto, colores del fruto, interno y externo y hombros de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP, 2003.

TRATAMIENTO			FORMA DEL FRUTO	COLOR INTERIOR	COLOR EXTERNO	HOMBROS	
Testigo		An	2	34a	40a	U	
Testigo		Bo	2	44c	44a	U	
V	P	12	An	2,5	43c	44a	U
V	P	12	Bo	2	42b,44c	44a	U
V	A	12	An	3	34c	34a	G
V	A	12	Bo	2	34c	34a	U
B	P	12	Bo	2	34b	34a	U
B	P	12	An	5	42b	42a, 34a	U
B	A	12	Bo	2	44b	45a	U
B	A	12	An	5	44b	44a	U
B	A	25	Bo	2	42b,45b	45a	U
B	A	25	An	5	43b	44a	U
B	P	25	Bo	2	45b	45a	U
B	P	25	An	5	43c	45a	U
V	A	25	An	5	34d	34a	U
V	A	25	Bo	1,2,3	34c	34a	U
V	P	25	An	5	44c	44a	U
V	P	25	Bo	2	34d,42b	42a	U
V	P	37	Bo	2,5	34c,34d,42c	34a	U
V	P	37	An	3,5	34c	42a	U
V	A	37	Bo	4	44c	34a, 42a,44a	U
V	A	37	An	5	43c	44a,43b	U
B	P	37	An	2,3	44c	44a	U
B	P	37	Bo	3	34d	34b	U
B	A	37	An	2	44c	44a	U
B	A	37	Bo	2	45c	44a	U
B	A	50	An	5	44c	42a,44a	U
B	A	50	Bo	2	34d	42a	U
B	P	50	An	2	45a	34a	U
B	P	50	Bo	2	42b	44a	U
V	A	50	Bo	5	43c	44a	U
V	A	50	An	5	42b,42c,44c	34a	U
V	P	50	Bo	2	43c	34 ^a	U
V	P	50	An	5	42b		U

U = Maduración Uniforme; G = Hombros Verdes; LG = Hombros Verdes Claro (Vg.); An = Andre; Bo = Bosky

V. CONCLUSIONES

Se concluye que efectivamente se cumplieron los objetivos planteados al inicio del proyecto.

En el caso del factor composta, ambas tuvieron buenos rendimientos, sobresaliendo un poco la vermicomposta.

Para el caso de los sustratos inertes, la perlita sobresalió de la arena, sin embargo, esta tiene un costo más elevado por lo que para la región se recomienda la arena de río.

En cuanto a porcentaje se refiere, se esperaba una relación de que a mayor porcentaje de composta, mayor sería los rendimientos, sin embargo en el caso del 50 % de composta, los nutrientes de la biocomposta se lixiviaron, sin embargo se mantuvo la tendencia anteriormente.

En la mayoría de las fuentes de variación se observó significancia, es decir que se presentó un efecto conjunto entre los factores.

Los rendimientos obtenidos en campo, actualmente se vieron superados fácilmente por los sustratos más sobresalientes.

Para el caso de los genotipos, ambos manifestaron el mismo comportamiento para cada una de las variables evaluadas.

Un caso muy notorio se presentó en los grados Brix donde el testigo fue el de menor concentración de sólidos solubles, inferior a todos los tratamientos que contenían composta, asumiendo lo anterior al exceso de riegos lixiviados que conlleva a no acumular azúcares.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Alpi, A. y Tognoni F. 1999. Cultivo en invernadero. 3ª ed. ediciones Mundi, prensa Madrid., México pp. 76-77.
- Alvarado R., B y Trumble T., J. 1999. Manejo integrado de plagas en el cultivo del Tomate en Sinaloa. pp. 435-456. *En:* Anaya R. Y Romero N. (Ed.) Hortalizas, Plagas y Enfermedades. Editorial trillas México. D.F.
- Anderlini R. 1996. El cultivo de Tomate. 3a ed. Ediciones Mundi-Prensa.
- Anónimo. 2003. Composta. <http://www.coedehgo.gob.mx/cursos/composta.htm>
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 11-15
- Atherton, J. G. y J. Rudich 1986. Flowering, pp. 167-200. *In:* Atherton J.G. y J. Rudich (ed. The tomato crop. University Press, Cambridge.
- Ávalos G., L. C. 2003. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill), en vermicomposta bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. pp. 47.
- Avila, J. 1989. Evaluación de nueve tratamientos con insecticidas para control de Bemisia tabaci en Chile. XXIV Congreso Nacional de Entomología. Oaxtepec, Morelos, Méx. Pág. 351.
- 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.
- Blancard, D. 1996. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar. Versión Española de A. Peña I. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Brentlinger D. 2002. Certified organic tomato production. <http://www.cropking.com/organic.shtml>. (Consultado 12/05/02)
- Buras S. 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnicas. Madrid, España. pp. 265-274.

- Burt, C., K. O'Connor and T. Ruehr. 1998. Fertigation. The Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA.
- Cadahia, L., C. 1999. Fertilización. Pp.169-186. *En:* F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.
- Calvert, A.1973. Environmental responses. In: "Kingham, H. G. (Ed) The U. K. tomato manual. Grower books, London: 23-24.
- Calvin L y Barrios V. 2000. Comercialización de las hortalizas de invierno de México. p 135-167. *En:* Schwentesius R.R y Gómez C.M.A. (Eds) Internacionalización de la horticultura. Editorial Mundiprensa. México.
- Canovas F. 1999. Manejo del cultivo sin suelo. pp. 229- 235. *En:* F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.
- Castellanos J.Z. 2003. Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. p.321-332. *En:* J.J.Muñoz-Ramos y J.Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INACAPA. México
- Castellanos J.Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. INCAPA. México
- Castilla, P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; Pp: 191-211. *En:* F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.
- Chamarro L., J. 1999. Anatomía y fisiología de la planta. El cultivo del tomate. Ed. Mundiprensa. México. pp. 43-87.
- Cockshull, K. E. 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate *Acta Hort.* 229. pp. 113- 123.
- Cooper, A.J., Hurd, R.G. (1968). The influence of cultural factors arrested development of the first inflorescence of glasshouse tomatoes. *J. Hort.Sci.* 43: 243-248.
- Cotter, D.J., and Gomez, R.E. 1981. Cooperative extension service. 400 H11 pp. 4. U. New México, USA.
- Cotter y Gómez, 1981; Papadopoulus y Pararafasingham, 1998; Baytorun *et al.*,1999; Davidson R., H. 1998. Plagas de insectos agricolas y del jardin. Editorial Limusa. México. Pp 352.

- Cruz, A. M. 1997. " La Producción Distal del fruto de Tomate" Tierra Adentro HORTALIZAS. 1997 pp 22-25 INIA Quilamapu.
- Diez N. J. 1995. Tipos varietales. *In*: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. México. Pp. 95-127.
- Dodson M., Bachmann J. & Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA
- Dogterom, M.H. , J. A. Matteoni, and R. Plowright, C. 1998. Pollination of greenhouse tomato by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. Vol. 97.issue 1. pp. 71-75.
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez 1999. Situación Taxonómica, Domesticación y difusión del tomate, pp: 13-23. *En*: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate . Editorial Mundi-Prensa México.
- Estupiñán L.C. 2002. El cultivo de tomate orgánico. PRONATTA-Fundación Mencoldes
- FAO. 2000. <http://www.fao.org>
- FAO. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia.
- FAO, 2000. Fertilizer requirements in 2015 and 2030. Roma Italia.
- Ferreira C. C. 2002. El CO₂ elemento indispensable para la producción de vegetales. Asociación interregional de investigación y Experimentación Hortícola. <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/flores/co2.html>.
- Figueroa V. O. 2004. El potencial del estiércol como fertilizante. *Revista de la Unión Ganadeera*. Año 8, Volumen 50, Julio-Agosto p. 10.
- Figueroa V., U. y J. A. Cueto W. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. *In*: Memoria del XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 15 Octubre. Torreón, Coahuila, México. pp. 2-20
- Fonseca, E. 1999. Costos de la producción hidropónica de tomate. Pp. 399-408. *En*: 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.
- Francescangeli N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión. Estación Experimental Agropecuario San Pedro Buenos, Aires, Argentina.

- García G., E. J. 2001. Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica en y Para Latinoamérica. *In: Revista. Acta Académica de la Universidad de Centro América.* San José, Costa Rica. p. 1-31
- Gispert, G. M. del C. 1987. Influencia Del Riego en la Fluctuación Poblacional del Acaro del Tomate (*Aculops lycopersici* Masse). Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo Méx.
- Gomez T.L., Gómez C.M.A. y Schwentesius R.R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. p 121-158. En: C de Grammont H., Gómez C.M.A., González H. y Schwentesius R.R (Eds) Agricultura de exportación en tiempo de globalización. El caso de las hortalizas, frutas y flores. CIESTAAM/UACH.
- González, R. A. 1991. Efectos de diferentes sistemas de podas, sobre rendimiento y calidad del fruto del tomate. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Gordon R. H. y J. A. Barden. 1992. Horticultura. AGT Editor S.A. México. Pp 528-532.
- Hernandez S., I. A. 2003. Evaluación y calidad de 18 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Torreón Coahuila, México.
- Hazera Quality Seeds L. td (HAZERA) 1999. Quality Seeds tomate. Ficha técnica. Israel 2p.
- Hoyos, P. y A. Duque, 2002 E.U.I.T. Agrícola, Univ. Politécnica Madrid. Dpto. Producción Vegetal: Fitotecnia. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. **C.E.C. Agraria. Consejería de Agricultura. Junta de Castilla-La Mancha. Marchámalo (Guadalajara) Sevilla Es.
- Howard, W. 1995. Tomate de invernadero en producción de pimiento en malla sombra en Israel. pp. 163, 171. (2 vi) wener. Hazera L. T. D. III 6 6pp. Burín Israel.
- IFOAM, 2003. Normas básicas de IFOAM para producción y procesamiento orgánico,
- Infoagro. 2002. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp>, 2002).
- Infoagro. 2002. HYPERLINK "<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp>. del cultivo de tomate de primavera en invernadero. Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental "Las Palmerillas". Caja Rural de Almería.

Infoagro. 2003. (<http://www.infoagro.com/Plagas>).

Johnson H., Jr. Y C. Rock R. 1975. Extension Vegetable Specialist, University of California, Riverside. Greenhouse tomatoes production. Division of Agricultural Sciences December.

Kinet, J. M. 1977. Efect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato Sci. Hort. 6: 15-26.

Lacasa A. Y j. Contreras. 1999. Las plagas. , Pp: 401-409. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.

López E., J. I. 2003. Producción de 7 híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno 2001-2002. En la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. México.

López-Gálvez, J., López Hernández, J.C. 1991. El clima se genera en el interior de los invernaderos. Edt FIAPA.

Luévano G. A. y N. E. Velásquez G. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Agronegocios, Vol.:9 (2) 306-318.

Macilwain C. (2004). Organic: is it the future of farming?. Nature 428: 792-793

Magán C., J.J. 2002. Sistemas de cultivo en sustrato: a solución perdida y con recirculación del lixiviado. Cultivos sin Suelo II. Curso Superior de Especialización. Estación Experimental las Palmerillas- Caja Rural de Almería pp. 173 - 205.

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.

Medina, M. R., C. Reyes R., C. Ceceña D. y D. Legasti F. 2001. Efectividad biológica de la feromona Checkmate TPW-F en el control de gusano alfiler del tomate. *Keiferia licopersicella*, Costa de Ensenada, Baja California, pp.E-112. XXXVI Congreso Nacional de Entomología ITEMS Qro. Méx.

Mejía G.,H. S. Anaya R. y J. Romero N. 1999. Diagnósis Comparativa De la Mosquita Blanca Bemisia tabaci Gen y B. Argentifolli B. Y P. (Homoptera:Aleyrodidae). En: Anaya R. S. (ed). Hortalizas Plagas y Enfermedades 1ed. Ed. Trillas. Méx. D. F. pp.132-146.

- Melgarejo R., M. y I. Ballesteros M. 1997. Evaluación de algunos parámetros físicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y compost. Derivados de diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombiana de Química. 26(2): 3-7
- Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable Técnica No. 5
- Nelson V. R. 1994. Intensificación y conducción del cultivo del tomate. Segundo congreso Internacional de nuevas tecnologías agrícolas. Nayarit, México. 155-159.
- NOM.037 FITO, 1995. Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D.F.
- NOP,2004. The national organic program. USDA-USA
- Nuez V., F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp 626-669. *En:* F. Nuez (Ed.) El Cultivo del tomate, Editorial Mundi-Prensa, México.
- Ohnesorge, G. and G. Rapp 1988. Monitoring *Bemisia tabaci* : a review. *En:* Agriculture, ecosystems and environment, vol. 17, pp. 21-27.
- Ortega A. L. D. 1999. "Mosquita blanca Vectores de Virus en Hortalizas. Pp. 149-150. *En:* Anaya R. S. (ed). Hortalizas Plagas y Enfermedades Ed. Trillas. México. D. F.
- Palacios G. M. de la L. 1990. Efecto del regulador Biozime en tomate en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Torreón Coahuila.
- Pilatti, R.A. y Bouso C.A. 2000. Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 15 (1-2).
- Pressman, E.; Shacked, R.; Rosenfeld, K.; Hefetz, A. 1999. A comparative study of the efficiency of bumblebees and an electric bee in pollinating unheated greenhouse tomatoes. Journal of Horticultural Science Biotechnology. 74(1). Pp. 101-104.
- Quintero S.R. 2004. Nutrición vegetal orgánica. Curso taller sobre producción organica. INCAPA. Guadalajara, Jal

- Resh M. H. 1997. Cultivos hidroponicos. 4ª edición. Editorial Mundi-Prensa. España. Pp 275,279,425-471.
- Resh M. H. 1997. ¿Es la Hidroponia orgánico o inorgánico? En: pag. (Consultado 30 de Noviembre 2002) Revista Horticultura. 1998. Numero, 29, Vol. XVII, junio, Pp. 25-28.
- Rios C., J. A. 2002. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. México.
- Rodríguez D., N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) bajo condiciones de invernadero en otoño- invierno en la Comarca Lagunera. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila.
- Rodríguez G., R. C. Jasso, D. y Martínez D. 1996. Efecto de Dosis de Hidrogel en el rendimiento de tomate bajo riego. Pp. 85-97. Agraria. 12 (2): 85- 97.
- Rodríguez M. R. y Jiménez D. F. 2002. Manejo de invernaderos. *En: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Venecia, Durango. Pp. 58-65.
- 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.
- Sade, A. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones Generales. Rejovot, Israel. p.143.
- SAGARPA, 2001. Resumen agrícola, Región Lagunera, Subdelagación d planeación y desarrollo rural. Torreón Coahuila. México.
- Sánchez C. M. 2001. Manejo De enfermedades del tomate. *In: Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa"*. Guadalajara, Jalisco, México. Pp 22-39.
- Santibáñez, E. 1992. La comarca Lagunera, ensayo monográfico. 1ª edición. Tipográfica Reza. S. A. Torreón, Coahuila, México. Pp. 14.
- Schlermeler Q. 2004. Organic world view. Nature 428:794-795
- Sharaf . 1982. Determination of the proper height, direction Position and distance of a Yellow sticky trap for monitoring adults sweet potato whitefly population *Bemisia tabaci gen Homoptera: Aleyrodidae*). Dirisat 9: 169-182.

- Subler S., Edwards C. And Metzger J. 1998. Comparing vermicomposta and compost. *Biocycle*. 63-66.
- Tello, M., J. y Del Moran de la V. J. 1999. Enfermedades no viricas del tomate. Pp525-567. *En*: F. Nuez (Ed.) *El Cultivo del Tomate*. Editorial Mundi-Prensa México.
- Trevor V., Suslow y M. Cantwell. 2002. Recomendaciones para Mantener la Calidad Poscosecha. Pp. 2- 4 Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616.
- 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. pp. 17-43.
- Tozel Y., Yagmar G. B. 2003. Organic tomato producted under greenhouse conditions. En página http://www.actahort.org/books/614/614_114.htm Consultado el 2 de marzo del 2004.
- Van de Vooren, J. G.; Welles, W. H.; Hayman G. 1986. Glasshouse crop production. *En*: Atherthon J. G. Rudich, J. (Ed. *The Tomato crop* Chapman and hall. London: 581-623).
- Williams D., E. 1990. A review of sources for the study of nahuatl plant clasification. *Adv. Econ. Bot.* 8. pp. 249-270.
- Zaidan, O. y Avidan. 1997. CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel.
- Zárate, L. T. 2002. Respuesta fisiológica edl tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en cuatro sustratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Maestría. UAAAN. Torreón, Coahuila. México.

VII. RESUMEN

Palabras claves: Tomate, alimento orgánico, invernadero, composta, sustrato, mezcla, alternativa, genotipos, calidad, rendimiento.

El tomate en la agricultura mundial es la hortaliza mas producida en invernadero siendo un cultivo altamente redituable. Debido principalmente a la competencia, los productores deben abastecer fuera de temporada también satisfaciendo a las exigencias del consumidor, esta exigencias son mas asentadas en las exportaciones hacia EE.UU., que es el mercado donde se dirige la mayoría de la producción de tomate.

El tomate convencional producido bajo un ambiente de invernadero, requiere demasiados insumos químicos como son los fertilizante, para obtener grandes rendimientos, lo que implica un déficit de estos insumos, aunado a esto la exigencia de los consumidores de consumir alimento orgánico por la ausencia de insumos químicos, lo que da como resultado buscar nuevas alternativas y satisfacer exigencias. Una de estas alternativas es el uso de compostas con mezclas de sustratos inertes. La primera para satisfacer las necesidades nutrimentales del cultivo y retención de humedad y el segundo proveer las características físicas para desarrollo del cultivo y lixiviación del agua.

El presente proyecto tiene como meta encontrar la mejor mezcla de composta con un sustrato inerte, para poder llegar a una recomendación y contar con un paquete tecnológico. Este se realizó en invernadero, ubicada en el CELALA-INIFAP. Para los diferentes tratamientos se hicieron mezclas de compostas las cuales son:

vermicomposta y composta; con sustratos inertes: perlita y arena con diferentes porcentajes de composta en la mezcla las cuales se usaron: al 12.5, 25, 37.5 y 50 % de compostas, dando como resultado 16 combinaciones, mas el testigo que dan un total de 17 mezclas, evaluándose 2 genotipos los cuales fueron: Andre y Bosky, dando un total de 34 tratamientos. El manejo de los testigos fue semejante con las demás, a diferencia que solo en esta se aplicó fertilizante en el agua de riego, mientras que para las mezclas solo se estuvo aplicando agua, evaluándose las variables de: Rendimiento, peso, diámetro polar y ecuatorial, grados Brix, espesor de pulpa, numero de lóculos, altura e inicio de floración.

Para rendimiento, fué el testigo quien supera a las demás en los dos genotipos, mientras que en las demás variables evaluadas esta por debajo de las mezclas de compostas. En cuanto a grados Brix, el testigo obtuvo el último lugar.

Queda de manifiesto que el tomate orgánico puede ser una alternativa para la agricultura actual y del futuro, compitiendo con los productos convencionales, en cuanto a calidad y rendimiento, tomando en cuenta que estos productos tienen un sobreprecio pero buscando siempre la certificación orgánica para saltar al mercado mundial y obtener verdaderas ganancias.