

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Análisis de crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero
con Fertilización Inorgánica contra Fertilización con Lixiviado de Vermicompost**

POR:

LUCILA HERNÁNDEZ MEJÍA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón Coahuila México

Diciembre del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Análisis de crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero con
Fertilización Inorgánica contra Fertilización con Lixiviado de Vermicompost

POR

LUCILA HERNÁNDEZ MEJÍA

TESIS

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial, para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

ASESOR PRINCIPAL

DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ

ASESOR

Dr. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL

ASESOR

DR. ALEJANDRO MORENO RESENDÉZ

ASESOR

MC. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Torreón Coahuila México

Diciembre 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Análisis de crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero con
Fertilización Inorgánica contra Fertilización con Lixiviado de Vermicompost

POR

LUCILA HERNÁNDEZ MEJÍA

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial, para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESIDENTE

DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ

VOCAL

Dr. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL

VOCAL

MC. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

VOCAL

MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Torreón Coahuila México

Diciembre 2007

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Metas	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del tomate	4
2.2 Origen.....	4
2.3 Clasificación taxonómica del tomate	5
2.4 Características morfológicas del tomate.....	5
2.4.1 Semilla.....	6
2.4.2 Raíz	6
2.4.3 Tallo.....	7
2.4.4 Hoja	8
2.4.5 Flor	8
2.4.6 Fruto	9
2.4.7 Valor nutritivo.....	10
2.5 Generalidades del invernadero	10
2.5.1 Ventajas de la producción en invernadero	11
2.5.2 Desventajas de la producción en invernadero	11
2.6 Exigencias de clima.....	12
2.6.1 Temperatura.....	12
2.6.2 Humedad.....	13
2.6.3 Luminosidad.....	14

2.6.4	Contenido de CO ₂ en el aire.....	16
2.7	Labores culturales	17
2.7.1	Producción de plántula	17
2.7.2	Trasplante	18
2.7.3	Poda de formación.....	18
2.7.4	Aporcado y rehundido.....	19
2.7.5	Tutorado	19
2.7.6	Desbrotado o destallado	20
2.7.7	Deshojado.....	20
2.7.8	Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos.....	20
2.7.9	Bajado de plantas	21
2.7.10	Arreglo topológico	22
2.8	Requerimientos nutricionales del cultivo del tomate.....	23
2.8.1	Nitrógeno	23
2.8.2	Fósforo.....	24
2.8.3	Potasio	24
2.9	Fertirrigación	25
2.10	Agricultura Orgánica.....	28
2.10.1	La agricultura orgánica el en mundo.....	29
2.10.2	La agricultura orgánica en México	30
2.10.3	Fertilización orgánica	30
2.10.4	Importancia de los fertilizantes orgánicos	31
2.11	El vermicompost.....	31
2.12	Polinización	33
2.13	Índice de cosecha y calidad	34
2.13.1	Calidad del fruto.....	34
2.13.2	Sólidos Solubles	35
2.14	Sustrato	36
2.15	Producción de materia seca	38
2.16	Análisis de crecimiento.....	39

2.17 Antecedentes de análisis de crecimiento en tomate bajo condiciones de invernadero	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1 Localización y tipo de invernadero.....	41
3.2 Clima.....	41
3.3 Siembra	42
3.4 Diseño experimental	42
3.5 Manejo del cultivo	43
3.6 Poda	43
3.7 Polinización.....	43
3.8 Riegos.....	43
3.9 Fertilización.....	44
3.10 Control de plagas y enfermedades	45
3.11 Cosecha.....	45
3.12 Variables evaluadas.....	46
3.13 Análisis estadístico	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1 Índice de área foliar	49
4.2 Tasa de crecimiento del cultivo	51
4.3 Tasa de asimilación neta.....	52
4.4 Relación de área foliar	54
4.5 Área foliar específica	55
4.6 Relación de peso foliar	57
4.7 Índice de cosecha	58
4.8 Rendimiento en kg.m ²	60
V. CONCLUSIONES	65
VI. LITERATURA CITADA.....	67

DEDICATORIAS

A Dios: dedico este trabajo a ti Señor, gracias por darme la vida, guiar mi camino, por permitirme tener una profesión y ayudarme a realizar este trabajo. GRACIAS SEÑOR.

A mis padres:

ALEJANDRO HERNÁNDEZ LUIS

Y

PAULA MEJÍA GÓMEZ

Gracias padres por darme la vida, por su amor, por el apoyo económico que me han dado para poder llegar a tener una profesión, por todos los momentos felices, por los consejos tan oportunos, gracias por confiar en mi, los quiero mucho.

A mis Hermanos:

Atala
Ernestina
Valentina
Idolina
Ericelda
Alejandra
Emmanuel

Por su cariño y por su apoyo que me han brindado día a día, por sus palabras de aliento y por su ayuda incondicional.

A mis Abuelos.

Delfino Mejía Salinas y María Gómez Salinas. Por su amor y apoyo que me han brindado, gracias por sus palabras que me han fortalecido para salir adelante.

A mis sobrinos.

Abraham, Ana, Donaldo, Lulis, David, Villy, Marely y Dany
Gracias por su cariño, por los momentos de alegría que me han regalado y por ser parte de mi vida e impulsarme a salir adelante. Los quiero chiquillos.

A mis Cuñados.

Ausencio Velasco López, Aarón Toledano Escobedo y Jesús Hernández Delgado
Por sus consejos y por su apoyo que me brindaron en el transcurso de mis estudios.

A mi madrina la Sra. Paulina Hernández Luis (+) por su cariño y amor, pero sobre todo a su gran apoyo que me brindó en mis estudios, gracias madrina siempre te recordaré.

A mis Tíos.

Al Sr. Daniel Mejía Gómez y Esposa Rosalía Hernández . Gracias por el apoyo que me brindaron en el transcurso de mis estudios por sus consejos y por su cariño.

Al Sr. Fidel Mejía Gómez y Familia. Por sus consejos amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi Guía y mi fuerza para salir adelante, gracias Señor por estar conmigo en todos los momentos de mi vida.

A mi “ALMA TERRA MATER” que siempre llevaré su nombre en alto donde quiera que me encuentre, por haberme permitido formarme como profesionalista al culminar satisfactoriamente mis estudios en esta Universidad.

Al Dr. José Luis Puente Manríquez. Por su orientación, apoyo y conocimientos aportados en la realización de este trabajo.

Al Dr. Jorge Arnaldo Orozco Vidal. Por su colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

Al Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa. Por compartir sus conocimientos, y por su valiosa participación en este trabajo.

Al Dr. Alejandro Moreno Resendéz. Por su participación y apoyo para realizar este trabajo.

Al M.C. Víctor Martínez Cueto. Por su amistad, consejos y apoyo incondicional.

Al Dr. Salvador Godoy Ávila por su participación en la realización de este trabajo

Al Verano de la Ciencia, por la beca que me otorgaron para realizar este trabajo

A todos y cada uno de los maestros por compartir sus conocimientos para formarme como profesionalista.

A Rufino por su amistad, consejos, buenos deseos y apoyo incondicional.

A mi amiga Nery Janeth por su amistad y cariño, por sus palabras de aliento para salir adelante.

A mis compañeros de grupo, que de alguna manera estuvieron conmigo en el transcurso de la carrera.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	CONTENIDO	PAG.
Cuadro 2.1	Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm) en el cultivo del tomate.....	27
Cuadro 3.1	Fertilización inorgánica semanal en el cultivo del tomate 2007.....	44
Cuadro 3.2	Fertilización orgánica semanal en el cultivo del tomate 2007.....	44
Cuadro 3.3	Control de plagas y enfermedades en el cultivo del tomate 2007.....	45
Cuadro 4.1	Medias de Índice de Área Foliar de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	50
Cuadro 4.2	Medias de Tasa de Crecimiento del Cultivo de los tratamientos fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	51
Cuadro 4.3	Medias de Tasa de Asimilación Neta de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	53
Cuadro 4.4	Medias de Relación de Área Foliar de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	55
Cuadro 4.5	Medias de Área Foliar Especifica de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	56
Cuadro 4.6	Medias de Relación de Peso Foliar de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	58
Cuadro 4.7	Medias de porcentaje de Índice de Cosecha de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	59
Cuadro 4.8	Rendimiento en kg.m ² de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	60
Cuadro 4.9	Coeficientes de correlación entre parámetros de índices de crecimiento para tratamientos de fertilización Inorgánica en tomate híbrido Loreto. 2007.....	60
Cuadro 4.10	Coeficientes de correlación entre parámetros de índices de crecimiento para tratamientos de fertilización Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) en tomate híbrido Loreto. 2007.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

CUADROS	CONTENIDO	PAG.
Figura 4.1	Comportamiento del Índice de Área Foliar de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	50
Figura 4.2	Comportamiento de la Tasa de Crecimiento del Cultivo de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	52
Figura 4.3	Comparación de la Tasa de Asimilación Neta de tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	54
Figura 4.4	Medias de Relación de Área Foliar de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	55
Figura 4.5	Comparación del Área Foliar Especifica de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	57
Figura 4.6	Comparación de la Relación de Peso Foliar de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	58
Cuadro 4.7	Medias de porcentaje de Índice de Cosecha de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.....	60

RESUMEN

El tomate es el cultivo más explotado en condiciones de invernadero en el mundo, debido a su alto consumo y a su capacidad de producción, en la Comarca Lagunera se siembran alrededor de 900 ha en cielo abierto con una producción de 19 ton.ha⁻¹. Por lo anterior, es necesario desarrollar un paquete tecnológico para obtener altos rendimientos y buena calidad en condiciones de invernadero para toda temporada.

La producción de tomate en invernadero con riego por goteo y sustrato de perlita permite que las plantas se desarrollen con mayor vigor incrementando su cantidad de materia seca (biomasa). Durante el periodo de primavera - verano del 2007 se estableció un experimento de tomate en invernadero de tipo dos aguas y riego por goteo, mediante la técnica de análisis de crecimiento se evaluaron dos tratamientos para conocer su eficiencia en la producción de materia seca y su asignación de estructuras vegetativas y reproductivas, a partir de muestreos efectuados a los 60, 80 y 100 días después del trasplante (ddt). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En cada muestreo se colectaron dos plantas por repetición para determinar área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y reproductivos. Con los datos de peso seco y área foliar se estimó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), y relación de peso foliar (RPF). Los valores de materia seca y su asignación, así como todas las variables evaluadas indicaron que la fertilización inorgánica (T1), muestran niveles de productividad mas altos que la fertilización orgánica (T2).

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes del mundo y su popularidad aumenta constantemente debido a su gran valor nutritivo e importancia económica. El tomate en fresco se puede encontrar hoy en los grandes mercados consumidores en todas las épocas del año; sin embargo, su condición de cultivo de verano hace que se presenten oscilaciones de la calidad y sobre todo del precio, por que fuera de temporada debe ser producido bajo condiciones de abrigo o bajo invernadero.

La tendencia actual de producción de tomate, es realizarla bajo invernadero, dichas estructuras pretenden mejorar las condiciones ambientales para incrementar la productividad, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales, además se obtienen cosechas todo el año.

La producción de tomate utilizando sustratos en invernadero ha demostrado tener la ventaja de ser mas seguro desde el punto de vista de la sanidad de la raíz, puesto que prácticamente cada planta esta aislada del resto, sin embargo las cantidades de elementos nutritivos usados en condiciones de sustratos para la producción de tomate en invernadero es sumamente alta.

Conociendo los efectos de la contaminación por agroquímicos, la tendencia actual de los consumidores, es conocer, el origen de los productos, así como del contenido nutricional enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos. Lo anterior, implica buscar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a lo no-aplicación de agroquímicos, uno de esos sistemas es la agricultura orgánica, basada en el uso de productos naturales, no contaminantes, como el lixiviado de vermicomposta.

La vermicomposta se originan a partir de diferentes tipos de estiércol contiene una gran cantidad de materia orgánica, la vermicomposta es un material degradado por la lombriz de tierra (*Eisina fétida*). Este material se le llama también humus de lombriz.

1.1 Objetivos

- a) Evaluar el análisis de crecimiento del tomate con una fertilización inorgánica vs. Fertilización orgánica.
- b) Determinar el mejor análisis de crecimiento en ambas fertilizaciones (orgánica e inorgánica).

1.2 Hipótesis

Ho: El tomate sin suelo en invernadero con fertilización inorgánica se obtiene un análisis de crecimiento similares a los una fertilización orgánica.

Ha: El tomate sin suelo en invernadero con fertilización inorgánica se obtiene un análisis de crecimiento diferentes a los una fertilización orgánica.

1.3 Metas

Encontrar mediante el análisis de crecimiento el mejor tratamiento ya sea la fertilización inorgánica o la fertilización orgánica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate

El tomate es un cultivo de alto valor comercial y una enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en forma muy variada, por su alto valor nutricional, contenido de vitamina C, además se ha demostrado que está inversamente relacionado con el desarrollo de cierto tipo de cánceres. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños de transporte (Casseres, 1984; Berenguer, 2003).

2.2 Origen

El tomate es una planta nativa de América del sur, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú). Donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancias de tipo silvestre. México está considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación de tomate. (Nuez, 2001).

La evidencia histórica del tomate favorece a México como el centro más importante de domesticación de esta hortaliza, ya que la utilización de formas domésticas en el país, tiene bastante antigüedad y sus frutos eran bien conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban en la parte central y sur del país antes de la llegada de los españoles (Fernández et al., 2004).

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

2.3 Clasificación taxonómica del tomate

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

Nombre común: Tomate y Jitomate.

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanes (personatae)

Familia: Solanaceae

Tribu: Solaneae.

Genero: *Lycopersicon*.

Especie: *esculentum*

2.4 Características morfológicas del tomate

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

2.4.1 Semilla

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

2.4.2 Raíz

El sistema radical del tomate esta constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. La raíz tiene las funciones de absorción y el transporte de elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo (Nuez, 2001).

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundaria (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera a dentro se encuentran la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y elementos nutritivos, cortex y cilíndrico central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los elementos nutritivos) (Chamorro, 2001).

2.4.3 Tallo

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis, el porte puede ser de crecimiento determinado (tallos que al alcanzar un determinado número de ramilletes detienen su crecimiento) e indeterminado (tallos que no detienen su crecimiento), (Valadez, 1990).

Los tallos son cilíndricos en las plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras, el tallo del tomate es inicialmente erecto, pero al crecer, y debido a su poca consistencia, queda rastrero, siendo necesario su manejo con tutores cuando se cultiva en invernadero (Valadez, 1990).

En cada axila de las hojas del tallo principal suele brotar un tallo hijo a su vez, en las axilas de las hojas de estos tallos nietos y así sucesivamente hasta que se detiene el desarrollo vegetativo, por tal motivo cuando el cultivo se establece bajo condiciones de invernadero es necesario controlar estas ramificaciones mediante podas. El cuello del tallo tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo o con la arena, característica muy importante y que se aprovecha en las operaciones culturales de laboreo, aporcado y el rehundimiento de los cultivos enarenados e hidropónicos (Serrano, 1979).

2.4.4 Hoja

Las hojas son limbos compuestos por 7 a 9 folíolos y con bordes dentados; el haz es de color verde y el envés de color grisáceo. La disposición de nervaduras en los folíolos es penninervia. En general, la disposición de las hojas en el tallo es alterna (Garza, 1985).

Los folíolos son peciolados lobulosos y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambos sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior es rica en cloroplastos. Las haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Chamorro, 2001).

Las hojas del tomate son pinnadas compuestas. Una hoja típica de la planta cultivada tiene unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran folíolo terminal y hasta 8 grandes folíolos laterales, que pueden a su vez, ser compuestos (Nuez, 2001).

2.4.5 Flor

Las flores nacen en racimos en el tallo principal y en las ramas laterales. El número de racimos varía de 4 a 100 o más, dependiendo del tipo y la variedad. Las

flores individuales tienen un cáliz verde, una corola amarillo azufrado, cinco o mas estambres y un solo pistilo. En su mayor parte son autopolinizadas (Edmond, 1981).

La flor es perfecta, regular e hipogina y consta de cinco o más sépalos, de igual numero de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual numero de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o pluricelular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso, generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre m y g (Chamorro, 2001).

2.4.6 Fruto

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

El fruto del jitomate pertenece a los frutos simples, carnosos, indehiscentes y polispermos, y es por lo tanto una verdadera baya, su forma y tamaño es variable, su superficie es lisa y está formada por un epicarpio delgado pero algo resistente y

brillante al exterior antes de la maduración. El olor es aromático, característico, y el sabor agridulce (Tiscornia, 1989).

2.4.7 Valor nutritivo

El tomate es un cultivo de alto valor comercial y una enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en forma muy variada, además de sus excelentes cualidades organolépticas, su alto valor nutricional, contenido de vitamina C y licopeno, se ha demostrado que está inversamente relacionado con el desarrollo de cierto tipo de cánceres (Casseres, 1984; Berenguer, 2003).

2.5 Generalidades del invernadero

Un invernadero se define como una construcción cubierta artificialmente, con materiales transparentes, con el objeto de promover un ambiente climático favorable durante todo el año para el desarrollo de los cultivos. Un cultivo forzado o protegido se define como aquel 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).

2.5.1 Ventajas de la producción en invernaderos

Según Sánchez y Favela (2000) entre las ventajas y desventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero se destacan las siguientes:

- Programación de las cosechas de acuerdo a las demandas y precio del producto.
- Precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible el logro de hasta tres cosechas por año.
- Aumento del rendimiento respecto a los cultivos desarrollados a la intemperie.
- Mayor calidad de frutos, ya que estos son mas uniformes, sanos y de mejor calidad.
- Ahorro de agua
- Mejor control de plagas y enfermedades

2.5.2 Desventajas de la producción en invernadero

Por otro lado, las desventajas que presentan los investigadores (Sánchez y Favela, 200) son:

- Se requiere una alta especialización y técnica de las personas que se dedican a esta actividad.
- Alto costo de los insumos.
- Las instalaciones y su estructura representan una elevada inversión.

- Un mal manejo de invernadero o de cultivo implica fuertes pérdidas económicas.
- Es necesaria la automatización del invernadero para el control del ambiente.

2.6 Exigencias de clima

El manejo racional de los factores climáticos en forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos éstos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de ellos incide sobre el resto (Castilla, 2001). Los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes (Sade, 1998).

2.6.1 Temperatura

Los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los factores climáticos. Las temperaturas asociadas con la falta de humedad, determinan los siguientes fenómenos: se intensifica la transpiración, perdiendo la plántula su turgencia; comienza por marchitarse el ápice de crecimiento y las hojas jóvenes. Los frutos de las plantas maduran de forma anormal y forzada, sin alcanzar la forma, color, tamaño, peso, etc., convenientes, y disminuye la producción (Sade, 1998).

A temperaturas excesivas, más de 35 °C, las plantas detienen su crecimiento y su floración, mientras que a temperaturas inferiores, entre 10 °C y 15 °C, originan

problemas en el desarrollo y germinación. A temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está influenciada por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, valores cercanos a 10 °C y superiores a 30 °C originan tonalidades amarillentas (Sade 1998)

Por su parte la temperatura del sustrato interviene en el crecimiento y absorción de las raíces, temperaturas inferiores a 14 °C el crecimiento se inhibe y entre 18 y 12 °C la absorción de fósforo disminuye en un 50%. La temperatura tiene acción directa sobre el rendimiento final y el calibre del fruto (Chamorro, 2001).

2.6.2 Humedad

La humedad relativa es una variable del ambiente muy difícil de manejar ya que: varía rápidamente en interacción con numerosos factores, su medición es delicada, casi siempre es aproximada. La humedad relativa se define como la tensión actual de vapor entre la tensión a saturación de la misma masa de aire, y se expresa en porcentajes, se mide con los siguientes aparatos: girómetros e higrógrafos (Francescangeli, 1998).

La humedad relativa óptima oscila entre un 70 % y un 80 % (Winspear *et al*, 1970). La elevada humedad relativa favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta,

abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. Una baja humedad relativa dificultan la fijación del polen del estigma de la flor. Además, valores extremos de humedad reducen el cuajado del tomate (Francescangeli, 1998).

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

La humedad relativa es una variable del ambiente muy difícil de manejar ya que varía rápidamente en interacción con numerosos factores, su medición es delicada, casi siempre es aproximada. La humedad relativa se define como la tensión actual de vapor entre la tensión a saturación de la misma masa de aire, y se expresa en porcentajes, se mide con los siguientes aparatos: girómetros e higrógrafos (Francescangeli, 1998).

2.6.3 Luminosidad

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, se desarrolla adecuadamente entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación. Iluminaciones limitadas, al

reducir la fotosíntesis neta, implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción (Aung, 1976).

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

Una baja luminosidad puede incidir de forma negativa en los procesos de la floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (López *et al.*, 1996).

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

La intensidad de la radiación, el fotoperiodo y la nubosidad son los factores naturales que determinan la radiación diaria. Sin embargo, la orientación del invernadero, la forma de la techumbre y la pendiente de la cubierta pueden modificar la luminosidad en su interior, además de la influencia que pueden tener los materiales de cubierta elegidos (Bouzo y Garinglio, 2002).

La radiación en el cultivo del tomate. El empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones en la radiación con incidencia negativa en la producción. La práctica de blanquear el invernadero, a fin de reducir las altas temperaturas en primavera, reduce la radiación. Es preferible dotar a los invernaderos de una ventilación más eficiente (ventanas cenitales) y evitar las prácticas que reducen la radiación y por lo tanto la producción. Con baja iluminación la polinización sería suficiente y el tamaño del fruto menor (Van de Vooren *et al.*, 1989).

2.6.4 Contenido de CO² en el aire

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

El CO² es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las plantas a partir del humo del calentamiento. Pero desgraciadamente, las necesidades de la planta de CO² y los 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 (Ferreira, 2002).

Una hectárea de invernadero tiene alrededor de 40 000 m³ de aire, es decir 14 m³ o 27 kg de CO² para una hora de fotosíntesis a 350 w.m⁻², sin ventilación. El enriquecer con CO² cuando la luz es insuficiente no debe de realizarse porque no se aprovecharía. En el verano, el aporte de CO² es mayor, dado que la luz es más intensa. Pero, como es necesario airear permanentemente, se deberá utilizar un porcentaje bajo de CO², para evitar pérdidas. Para llegar a niveles elevados, es decir 1000 a 1500 ppm, se deben inyectar de 70 a 100 kg de CO² por hora por hectárea de invernadero (Ferreira, 2002).

2.7 Labores culturales

2.7.1 Producción de plántula

Tradicionalmente el propio agricultor establecía el semillero en cama caliente y con protección térmica utilizando lámina de plástico o carrizo, la siembra era al voleo o chorrillo para transplante a raíz desnuda. Hoy en día, el alto costo de la semilla (híbridos) ha generalizado el uso de charolas germinadoras en macetillas de plástico rellenas de

sustratos para transplantar con cepellón, que cuenta con instalaciones adecuadas ya sea con cámaras de germinación o invernadero (Castilla, 1999).

2.7.2 Trasplante

El cepellón debe colocarse dentro del sustrato evitando que el cuello de la planta quede demasiado enterrado. Antes de plantar es usual regar la charola para que el cepellón salga completamente. El trasplante 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. Se recomienda aplicar un riego después del trasplante y el aporcado de plantas para evitar encharcamiento en la zona del cuello (Belda y Lastre, 1999).

2.7.3 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 beneficioso limitarse a su despunte. Horward (1995) agrega que los brotes que no son podados a tiempo consumen gran cantidad de energía de la planta que de alguna manera estaría destinada para un mejor crecimiento.

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.

2.7.4 Aporcado y rehundido

Práctica que se realiza en los suelos con sustratos 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 el mismo sustrato. El aporcado de plantas lleva como finalidad evitar el encharcamiento en la zona del cuello (Belda y Lastre, 1999).

2.7.5 Tutorado

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

2.7.6 Desbrotado o destallado

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente) para evitar la pérdida de biomasa fotosintética 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).

2.7.7 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, eliminado 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).

2.7.8 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 (Horward, 1995).

2.7.9 Bajado de plantas

Johnson y Rock (1995) indican que conforme la planta va creciendo se va guiando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de este momento existen tres opciones:

- 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.
- Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad.
- Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado.

Pilatti y Bouzo (2000) realizaron un experimento para medir el efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero y establecieron 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 la plantas puede afectar la intercepción de radiación solar y consecuentemente al rendimiento del cultivo.

2.7.10 Arreglo topológico

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El más frecuentemente empleado es de 1.5 metros entre líneas y 0.5 metros entre plantas, 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 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 a doble, con un espaciamento 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 (Horward, 1995). La densidad del cultivo depende del vigor de la variedad. Las densidades varían de 1.5 hasta 2.5 o 3 plantas.m², siendo lo normal 1..9 plantas.m² según el vigor varietal, fertilidad del sustrato, salinidad del suelo y del agua de riego (Escudero, 1993).

2.8 Requerimientos nutricionales del cultivo del tomate.

Los elementos nutritivos de las plantas han concentrado el interés de los investigadores desde los comienzos del siglo XIX, cuando se determinó por primera vez, que el suelo aporta determinados elementos requeridos para el desarrollo vegetal. Los elementos que se requieren en cantidades relativamente grandes, son conocidos como macro elementos dentro de los cuales se encuentra el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, (Felipe y Cassanova, 1999).

2.8.1 Nitrógeno

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

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

Cuando hay un exceso de nitrógeno las características más comunes son: el retraso o la ausencia de floración o fructificación, el follaje adquiere un color verde muy oscuro, debilidad de los tejidos y un crecimiento vegetativo succulento (Felipe y Cassanova, 1999).

2.8.2 Fósforo

El fósforo se encuentra presente durante todo el ciclo del cultivo, ya que interviene en el crecimiento, formación de semillas, en la fotosíntesis, formación temprana de raíces e incrementa la eficiencia en el uso del agua. este elemento permite que las flores se transformen en frutos. También se tiene conocimiento que la mayor parte de los cultivos requieren elevadas cantidades de fósforo al comienzo del crecimiento en la fase floración. Las plantas toman el fósforo en forma de anión fosfato (Rojas 1972). Las plantas que crecen en arena y perlita toleran altos niveles de fosfato en la solución nutritiva (Felipe y Cassanova, 1999).

2.8.3 Potasio

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

2.9 Fertirrigación

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

En la fertirrigación la frecuencia de los ciclos de riego va en relación de la naturaleza de la planta, de su estado de desarrollo, de las condiciones climáticas, de la intensidad lumínica, la temperatura y el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción del agua aumenta significativamente. Por lo tanto la frecuencia de los ciclos tienen que ser suficiente para proporcionar un adecuado filtrado del medio, para que se puedan evacuar los elementos excesivos a través del sustrato; de no ser así se formarían niveles de sal que causarían un retraso en crecimiento e incluso una toxicidad en las plantas y su posterior muerte (Lomelí, 1999).

Moreno (2002) afirma que para manejar correctamente el riego y la nutrición de las plantas es imprescindible conocer con exactitud la calidad agronómica del agua de riego. La información que deben presentar los análisis de aguas es la siguiente:

- La conductividad eléctrica (CE) en dS.m^{-1} o mmhos.cm^{-1} a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este dato está directamente relacionado con la cantidad total de sales que contiene el agua de riego. Aguas con una CE superior a 2dS.m^{-1} limitan su uso para los cultivos sin suelo.
- El valor de pH de las aguas de riego está muy condicionado por su composición iónica y, más concretamente, por la concentración de carbonatos y bicarbonatos. En la gama de los valores de pH comprendida entre 6 y 6.5 la mayor parte de los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles para el cultivo. En aguas carbonatadas los valores de pH están por encima de 7 y en estos casos es necesario neutralizar los carbonatos, añadiendo ácidos comerciales, generalmente ácido fosfórico y nítrico. En otros casos, y en ausencia de bicarbonatos, el valor de pH puede quedarse demasiado ácido y en este otro caso habrá que añadir algún producto alcalinizante como por ejemplo hidróxido de potasio.

El valor óptimo del pH de la solución de riego es de 6 a 6.5 y el pH de la solución de lixiviado no más de 8.5. El pH del agua de riego se ajusta mediante la inyección de ácido. Cuando el pH del agua de lixiviado es superior a 8.5, indica que el pH en la zona radical alcanza valores que provocan la precipitación de fósforo y menor disponibilidad de microelementos. El ajuste es por medio de la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ de la solución de riego, si el pH se hace demasiado alcalino, se debe aumentar la proporción de NH_4^+ con respecto al NO_3^- en la solución nutritiva y viceversa. El porcentaje de amonio no debe superar el 20% del total del nitrógeno aportado (Zaidan y Avidan, 1997).

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

Cuadro 2.1 Concentración de elementos nutritivos en el agua de riego (gotero) (ppm) en el cultivo del tomate.

Estado de la planta	Elementos nutritivos (mg L ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100-120	40-50	150-160	100-120	40-50
Floración y cuajado	150-180	40-50	200-220	100-120	40-50
Inicio de maduración y cosecha	180-200	40-50	230-250	100-120	40-50

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 mencionado. 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 (Magan, 2002)

2.10 Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica ha despertado gran interés, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. Durante los últimos años, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la demanda y el consumo de productos orgánicos. La explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación al consumo de productos alimenticios inocuos, sanos, de los cuales se conozca su origen y trayectoria real, así como mayor conciencia por la conservación del ambiente, y algunas posiciones de solidaridad con grupos sociales menos favorecidos en los países en vías de desarrollo (Zamorano (2005).

Lo anterior, implica buscar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a lo no-aplicación de agroquímicos, uno de esos sistemas es la agricultura orgánica, que en forma general, es una forma de producción en la cual no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Zamorano (2005).

Aunque se pueden considerar varios tipos de agricultura, en general, Guerrero (1998) y Gómez y Castañeda (2000) reconocen tres principales:

- Agricultura convencional. Basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos

químicos sintéticos. Por consiguiente este tipo de agricultura se caracterizada por su alto nivel de contaminación ambiental y de la gran mayoría de los productos así obtenidos, lo cual, repercute en la salud de los consumidores.

- Agricultura sustentable. Es una combinación de métodos genéticos, agronómicos, biotecnológicos y químicos en un sistema de producción económico, mismo que optimiza la calidad del producto y protege el ambiente y la salud humana.
- Agricultura Orgánica. Basada en el uso de productos naturales, no contaminantes, como los compost. Apoyándose en alternativas biológicas y culturales para el control de plagas y enfermedades. Teniendo como uno de los componentes principales la incorporación del nivel social, ya que un sistema orgánico, debe de considerar el bienestar económico y social de las personas involucradas en el proceso de producción.

2.10.1 La agricultura orgánica el en mundo

Actualmente se estiman alrededor de 23 millones de hectáreas destinadas a producir alimentos orgánicos en el orbe, de las cuales 18 millones de hectáreas se encuentran distribuidas en siete países: Australia con 10.5 mill, Argentina 3.2 mill, Italia 1.2 mill, Estados Unidos 950 mil, Reino Unido 679 mil, Uruguay 678 mil y Alemania con 632 mil. La importancia relativa de la agricultura orgánica en los países europeos, se ubica en promedio en 2.5 a 3 % de la superficie total. Aunque

ya hay países como Suiza, Dinamarca y Holanda en donde la proporción llega al 5 – 6 %. Por su parte Estados Unidos ha incrementado su superficie cultivada con productos orgánicos en más del doble durante la década de los 90's, presentando una tasa de crecimiento media anual de 20%. En Latinoamérica, además de Argentina segundo país líder mundial en superficie de manejo orgánico, Brasil y Chile cuentan con alrededor de 275 mil ha cada uno. Por su parte en México, la agricultura orgánica ha seguido la tendencia internacional y también se encuentra en gran expansión. La superficie bajo este régimen de producción ha pasado de 25 mil a más de 220 mil hectáreas en los últimos 10 años. (Claridades agropecuarias, 2005).

2.10.2 La agricultura orgánica en México

En la actualidad, la producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002) los rendimientos son bajos, debido a lo anterior, es conveniente, producir en invernadero, con rendimientos mucho más elevados, utilizando obviamente insumos orgánicos para el control de plagas y enfermedades, para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo. Por otro lado, Diver *et al.* (1999) mencionan que la producción de tomate orgánico a campo abierto es de 32.12 ton.ha⁻¹

2.10.2 Fertilización orgánica

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través del

mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar elementos nutritivos indispensables para las plantas (Chaney *et al.*, 1999).

Los fertilizantes orgánicos también conocidos como abonos orgánicos son aquellos materiales derivados de la descomposición biológica de residuos de cultivos, deyecciones y estiércoles de animales, de árboles y arbustos, pastos, basura y desechos industriales; su aplicación en forma y dosis adecuadas mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, es decir, es la forma más natural de fertilizar al suelo (Ruiz, 2000).

2.10.3 Importancia de los fertilizantes orgánicos

Ruiz (2000) establece que los materiales orgánicos puedan mejorar la fertilidad de los suelos de diferentes maneras:

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

2.11 El vermicompost

Las lombrices de tierra son indispensables en la agricultura orgánica, ya que ayudan al establecimiento de vermicomposts de origen urbano, industrial o agrícola.

La actividad de que la materia orgánica ha sido degradada por hongos, bacterias y protozoarios, organismos que son los que en realidad sirven de alimento a las lombrices y que son ingeridos junto con el sustrato en que se encuentra; toda esta mezcla al salir como excremento junto con el suelo, forma parte del producto ideal como mejorador del suelo (Magnano y Gómez 1999)

El producto es el abono generado por la lombriz, se le conoce como lombricompost, lombricompost o vermicompost, el cual contiene los materiales y elementos nutritivos óptimos para los cultivos agrícolas. La lombriz que se utiliza para el procesamiento de desechos orgánicos es la *Eisenia fetida*, también conocida como lombriz roja de California. El lombricomposteo es un método biológico de tratamiento de materia orgánica para transformarla a un estado estable (humus) mediante la acción de la lombriz de tierra (Rynk, 1992).

El vermicompost cuenta con un pH prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2. características que le permiten ser aplicadas aún en contacto directo con la planta (Martínez, 1997). García (1996) describe las ventajas de la vermicomposta de la siguiente manera:

- Aporta los elementos nutritivos para la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.
- Por su estructura granular retiene la humedad y propicia un buen desarrollo de las raíces.
- No produce malos olores y está libre de patógenos.

- La aplicación de lombri-composta disminuye la población de plagas del suelo por su contenido bacteriano que compite con las mismas.

2.12 Polinización

Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre; no obstante, en los invernaderos, el viento de aire es insuficiente para que las flores se polinicen por si mismas, siendo esencial la vibración de los racimos florales para obtener una buena polinización. Esto puede efectuarse moviendo las flores con un palo, con los dedos o con un vibrador eléctrico (cepillo de dientes eléctrico). Los vibradores se acercan durante breves momentos a las ramas portadoras de los racimos florales, pudiendo observarse la salida de las flores de un fino polen amarillo cuando son favorables las condiciones ambientales y éstas se encuentran en estado receptivo (Rodríguez, 1997)

La polinización deberá efectuarse mientras que las flores están en estado receptivo, lo cual se conoce porque los pétalos se doblan hacia abajo. Las plantas deberán polinizarse al menos cada dos días. La investigación ha demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, cuajado de fruto, y posterior desarrollo de éste. Una humedad mas elevada guarda el polen húmedo y pegadizo, con excepción del mediodía, y disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente cantidad de polen desde las anteras hasta el estigma. Un ambiente demasiado seco causa la desecación del polen. Las temperaturas del invierno no deberán bajar 15°C durante la noche, ni exceder de 29°C durante el día.

Con temperaturas superiores o inferiores, la germinación del polen y el desarrollo del tubo polínico se ve fuertemente reducidos (Rodríguez, 1997)

2. 13 Índice de cosecha y calidad

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

La maduración del tomate comprende una serie de cambios físicos y químicos que ocurren en el fruto fisiológicamente maduro dando lugar a un producto atractivo por su apariencia externa aroma y sabor. Dentro del proceso madurativo también se destaca la degradación del almidón y el aumento de los azúcares reductores, mientras que los ácidos orgánicos disminuyen. Como típico fruto climatérico, la producción de etileno se incrementa con el avance de la maduración (Murray y Yommi, 1995).

2.13.1 Calidad del fruto

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

La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño no es un factor del

grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial (Castilla, 2001).

Trevor *et al* (2002), destacan que las características generales de los frutos de tomate son:

- **Forma.**- Bien formado (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado)
- **Color.**- Color uniforme (de naranja-rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que no estén verdes
- **Apariencia.**- Lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, sutura , quemado de sol, daño por insectos y daño mecánico o magulladuras.
- **Firmeza.**- Que sea firme al tacto. Que no este suave y que no se deforme fácilmente debido a su condición de sobre maduro.

2.13.2 Sólidos solubles

Las sustancias solubles en agua, que reflejan la cantidad de sólidos totales que contienen los frutos en porcentaje. A mayor valor es mas deseable; un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, se ha establecido una relación directa entre sólidos solubles y firmeza de fruto; a mayor concentración de sólidos mayor la firmeza de los frutos (Osuna, 1983).

El contenido de azúcares, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del tomate. Valores de pH inferiores a 4.4 y contenido de azucares al 4-4.5% son necesarios para un buen sabor. En condiciones de baja radiación y temperatura, como

ocurre en el cultivo protegido en invernadero, donde las condiciones del fruto pueden ser inferiores al 3.5%, resulta difícil alcanzar esos mínimos de azúcares requeridos para un buen sabor (Castilla, 2001).

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

2.14 Sustrato

Abad (1993), aplicó el término de sustrato hortícola a todo material sólido distinto al suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla permite el anclaje del sistema radical, desempeñando por lo tanto un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de nutrición vegetal.

Asimismo Abad, (1993) afirma que no existe el sustrato ideal, pero sí el mejor medio de cultivo para cada caso concreto, éste depende de varios factores: tipo de material vegetal con que se trabaja (semillas, plantas, estacas etc.), especie vegetal condiciones climáticas, sistemas y regímenes de riego, aspectos económicos, etc. El sustrato ideal es aquél que tenga las siguientes características:

- Que sea económico
- Que esté disponible inmediatamente

- Que sea uniforme
- Completamente libre de patógenos, semillas de maleza o sustancias químicas peligrosas

Propiedades físicas de los sustratos

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia; ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta creciendo en él no es posible modificar prácticamente las características físicas básicas de dicho sustrato: Granulometría, porosidad, retención de agua, porosidad del aire (Abad, 1993).

Propiedades químicas de los sustratos

Los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, ya que interaccionan con la solución nutritiva, suministrando elementos nutritivos, actuando como reserva de los mismos, a través de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que a su vez depende en gran medida del potencial de hidrógeno (pH) del medio; la relación carbón-nitrógeno (C/N) y la conductividad eléctrica (Abad, 1993).

Características biológicas de los sustratos

Las propiedades biológicas de los sustratos son parte fundamental en el estudio de las propiedades de sustratos hortícolas. Por que la población microbiana es a

responsable de la degradación biológica de los sustratos orgánicos lo que puede resultar desfavorable ya que los microorganismos consumen elementos nutritivos (oxígeno y nitrógeno principalmente) en competencia con el cultivo, además de liberar sustancias fitotóxicas y alterar las propiedades físicas (Canovas, 1993).

Materiales mas utilizados comercialmente como sustrato

Los sustratos comercialmente tienen mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos y aditivos. Los sustratos más utilizados son: Turbas, las cuales son clasificadas según su origen en; turberas bajas, transición y altas que a su vez subdividen en turba rubia y turba negra, perlita, pumita, vermiculita, compost de cáscara de cacao, tierra volcánica, gravas, arenas, lana de roca, poli estireno y, poliuretano (Handerck y Black, 1991).

2.15 Producción de materia seca

El rendimiento de los cultivos puede incrementarse de varias formas: a través del incremento de la materia seca total (biomasa), del incremento en el índice de cosecha, o ambos (Gardner *et al.*, 1985). En varios estudios se han encontrado que la diferencias en rendimiento entre cultivares se deben al tamaño de la demanda en sus órganos reproductivos (número y tamaño), mas que a su capacidad fotosintética tamaño de la fuente (Hearn, 1969), y que la única forma de incrementar el rendimiento con los métodos convencionales de mejoramiento, es que la planta trasloque más carbohidratos a los órganos reproductivos, es decir, con aumento en su índice de cosecha.

Bryan y Silvertooth (1996) concluyeron que para mejorar el rendimiento en variedades de poco rendimiento, se debe incrementar tanto la producción total de materia seca como su traslocación a órganos reproductivos, e indican que para lograr lo anterior es necesario incrementar la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y la tasa relativa de crecimiento (TRC), especialmente hacia la formación de fibra.

2.16 Análisis de crecimiento

Los índices de crecimiento se utilizan para explicar el rendimiento de los cultivos a través de la formación y acumulación de biomasa (producción primaria neta), que es la cantidad de materia fotosintetizada menos las pérdidas por respiración (Roberts *et al.*, 1985).

Sin embargo, Crofts *et al.* (1971) indican que el crecimiento ocurre de dos maneras (tamaño y número), señalando además que puede medirse como el incremento de la materia seca contenida en el vegetal. Se dice que aunque estos dos procesos ocurren paralelos, el crecimiento es de tipo cuantitativo, mientras que el desarrollo es un proceso cualitativo, y que se refiere a los cambios experimentados por la planta durante el crecimiento. Beadle (1988) comenta que para el análisis de crecimiento solamente se requieren dos tipos de mediciones 1) el peso seco de la planta; que generalmente es el peso seco, pero puede ser la materia orgánica o el contenido de energía, y 2) el tamaño del sistema asimilatorio; de ordinario es el área foliar, pero puede ser el contenido de proteína o de clorofila de las hojas, con los cuales

se pueden construir diversos índices de crecimiento. Félix (1986) encontró que la tasa de asimilación neta (TAN) es una medida indirecta de la fotosíntesis y una disminución del porcentaje de luz ocasionaría una reducción de la TAN.

Antecedentes de análisis de crecimiento en tomate bajo condiciones de invernadero

Scholberg *et al* (2000) reporta valores de Índice de Área Foliar en un rango de 0.75 a 3 en experimentos de alta fertilización.

Gardner *et al.* (1985) la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), es la ganancia en peso de una comunidad de plantas en una unidad de terreno en una unidad de tiempo, es usada extensivamente en análisis de crecimiento de cultivos en campo. Un valor de TCC de $20 \text{ g.m}^2.\text{día}^{-1}$ ($200 \text{ kg.ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) es considerado adecuado para muchos cultivos, particularmente de tipo C_3 .

Björkman, (1981) muestra que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE). Es decir, que en las plantas bajo sombra aumenta el AFE o área por unidad de peso foliar.

Björkman, (1981) menciona que existe un tipo de adaptación presentado por diferentes especies, comprende el aumento en la relación de peso foliar (RPF). Páez *et al.* en el 2000 indican que en el tomate, la RPF también aumenta con el sombreado, indicando que aumenta la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y tipo de invernadero

La siguiente investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna (UAAAN-UL), ubicada en Periférico y Carretera Santa Fe, Torreón Coahuila, en el periodo de Marzo- Agosto de 2007 en un invernadero de en forma de dos aguas compuesto de cubierta de plástico (polietileno). Para la ventilación cuenta con ventanas cenitales, piso de cemento y drenaje.

La UAAAN-UL se ubica en las coordenadas geográficas de 103° 25´ 57” de longitud oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31´ 11” de latitud norte, con una altura de 1123 msnm (CNA, 2002).

3.2 Clima

Palacios (1990) define el clima de la región como bWhw (f), es decir, muy seco con lluvias en verano. Los registros de temperatura indican una media anual de 21°C, presentando su valor más bajo en enero y él más alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales, situación que limita la práctica de una agricultura de temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo, teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre. La cantidad de agua para la región lagunera 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 1.5mm de precipitación; La humedad varía en el año, en primavera tiene un valor promedio de 30.1%, en otoño de 49.3% y finalmente en invierno de un 43.1% (CENID-RASPA, 2000).

3.3 Siembra

La siembra se realizó el 20 de marzo del 2007 en charolas germinadoras de 200 cavidades, usando como sustrato la perlita (Seminis seed) y el trasplante se realizó el día 20 de abril del 2003. Se utilizaron macetas de 10 kg rellenas con un sustrato de perlita, se instalaron dos columnas a doble hilera cada una espaciada a 40 cm entre planta y a 90 cm entre los pasillos.

3.4 Diseño experimental

El presente trabajo se realizó en el ciclo PRIMAVERA VERANO del 2007. En el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Se utilizó un híbrido de tomate: Loreto (Seminis seed): es un saladette de crecimiento indeterminado. Se manejaron dos tratamientos arreglados en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se manejaron dos hileras de plantas por columna, la separación de las columnas fue de 1.8 m, y la separación de plantas de 40 cm por lo tanto se tuvieron 2.8 plantas por metro cuadrado, la superficie sembrada fue de 200 m² aproximadamente.

3.5 Manejo del cultivo

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares, esto se realizó de abajo hacia arriba para no perder la guía principal, se tutoró 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 enredó en el tutor (rafia).

3.6 Poda

Los brotes axilares de las plantas fueron cortadas con un bisturí previamente desinfectado con cloro (para ambos tratamientos) cuando estos tenían de 2 a 4 cm. La poda apical se realizó al décimo racimo cuando la planta tenía 2.30 m de altura.

3.7 Polinización

Cuando inicio la etapa de floración se procedió a la polinización con un vibrador (cepillo dental electrónico) el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de 3 segundos esto se hacia por las mañanas cada tercer día para tener mayor amarre de frutos.

3.8 Riegos

Para el manejo del agua la cantidad utilizada fue de 0.5 a 2.0 litros por planta dependiendo de la etapa fenológica. El sistema de riego fue por goteo, se realizaron

4 riegos al día la duración del riego fue de 2 minutos con una separación de 2 horas entre uno y otro.

3.9 Fertilización

Cuadro 3.1 Fertilización inorgánica semanal en el cultivo del tomate 2007

Fertilizantes	Antes de floración	Después de floración
	Dosis	Dosis
Nitrato de calcio	80 grs	114 grs
Nitrato de potasio	60 ml	81grs
Acido fosfórico	20 ml	14 ml
Fertilizantes foliares		
Urea foliar	4grs.lt de agua	4grs.lt de agua
Poliquel de calcio	150 ml.15 lts de agua	150 ml.15 lts de agua
Maxiquel	4 grs.lt de agua	4 grs.lt de agua
Biosime	1ml/lt de agua	1ml.lt de agua

Cuadro 3.2 Fertilización orgánica semanal en el cultivo del tomate 2007

Litros de lixiviado en 1000 litros de agua	Al 1ª racimo	Al 2ª racimo	Al 3ª racimo
		20 lts	22.5 lts

Se tomaron 20 litros de humus de vermicomposta (lixiviado) en 1000 litros de agua. Se utilizaron tambos de 1000 Lts para cada uno de los tratamientos de fertilización, en ellos se preparará la solución nutritiva respectiva y se regaron las plantas de tomate mediante un sistema de riego por goteo, se utilizó un timer para controlar los riegos.

3.10 Control de plagas y enfermedades

A los dos días después del transplante se le aplicó cupertrón en una dosis de 100 mL.15L⁻¹ agua de agua para evitar algún hongo y así sucesivamente cada dos semanas, después de una semana se le aplicó Confidor (Imidacloprid) en dosis de 2 mL por cada litro de agua también esta aplicación se continuó cada dos semanas. Para tener un control de ácaros se aplicó el Agrimec (Abamectina) con dosis de 20 mL en 20L de agua, sólo se hizo una aplicación de este producto.

Las aplicaciones se hicieron con una mochila de aspersión para cubrir todo el follaje.

Cuadro 3.3 Control de plagas y enfermedades en el cultivo del tomate 2007

PRODUCTO QUÍMICO	DOSIS
Confidor	2 ml/1 lt de agua
Agrimec	1 ml/ 1lt de agua
Cupertrón	0.15ml/1 lt de agua
Maxiquel	4 grs/lt de agua

3.11 Cosecha

Las cosechas se hicieron dos veces por semana, cuando el fruto presentó un color rojo. Los cortes se realizaron hasta el décimo racimo

3.12 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron Tasa de Crecimiento del cultivo (TCC), que determina el incremento de biomasa por unidad de tiempo. Tasa de Asimilación Neta (TAN), la cual estima la eficiencia fotosintética de la planta. Índice de Área Foliar (IAF), que es el área foliar por unidad de superficie de suelo. Relación de área Foliar (RAF), es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta. Área Foliar Específica (AFE) mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de hoja. Relación de Peso Foliar (RPF), determina la utilización del material asimilado para producir hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta. Se sacaron muestras de área foliar a los 60, 80 y 100 días después del trasplante para registrar la producción de materia seca y de expansión foliar, cada muestreo lo constituyeron dos plantas por repetición.

En cada muestreo, las plantas se separaron en tallo principal y ramas, hojas, inflorescencias y frutos. Todos los pesos secos se obtuvieron después de exponer las muestras en una estufa de secado a una temperatura uniforme de 70 °C durante 72 horas. Para determinar el área foliar “activa” (verde), en cada tratamiento y en cada fecha de muestreo, se midió el área de submuestras de hojas formando grupos de diferente tamaño el resultado se obtuvo en cm². Después de pasarla a la estufa se registró el peso seco.

Con los datos de peso seco de área foliar y del intervalo de tiempo entre muestreos, se calcularon los siguientes índices de crecimiento, de acuerdo con Hunt (1978).

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

$$TCC = P2 - P1 / A (t2 - t1), (g m^2 día)$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

P1 = Peso seco de muestra 1

P2 = Peso seco de muestra 2

T1 = Fecha de muestreo 1, expresado en días después de la siembra

T2 = Muestreo de la fecha 2, en días después de la siembra

2. Tasa de asimilación neta (TAN).

$$TAN = [PS2 - PS1]/(AF2 - AF1) [(Ln AF2 - Ln AF1)/(t2 - t1)] (gm^2 día)$$

Donde:

Ln = Logaritmo natural

Ps = Peso seco en los muestreos en t2 y t1

AF = Área foliar en el periodo de t1 a t2

3. Relación de área foliar (RAF).

$$RAF = AF/PS (cm^2 g)$$

Donde:

AF = Área foliar

PS = Peso seco total

4. Área foliar específica (AFE).

$$AFE = AF / PSAF, (\text{cm}^2 \text{ g})$$

5. Relación de peso foliar (RPF).

$$RPF = PSAF/PST \text{ de la planta (g g)}$$

6. Índice de área foliar (IAF).

$$IAF = \text{Área foliar total}$$

$$S = \text{Área de suelo ocupada}$$

3.13 Análisis estadístico

A partir de los datos de peso seco obtenidos en la superficie de muestreo se calcularon los datos de materia seca por metro cuadrado. Para las variables se realizaron análisis de varianza por muestreo y la comparación de medias utilizando la Diferencia Mínima Significativa DMS se llevó a cabo mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) versión 6.12 (SAS, 2004). También utilizando este mismo programa se sacaron los coeficientes de correlación (Pearson) entre indicadores de las variables.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frecuentemente, los investigadores necesitan conocer más acerca del comportamiento de las especies vegetales que solo el rendimiento final de un cultivo. Eventos a lo largo del ciclo que tienen una marcada influencia en el resultado final. Analizar el crecimiento es una aproximación a los factores que influyen el rendimiento y desarrollo de la planta así como la acumulación de fotosintatos.

4.1 Índice de área foliar

La producción de cultivos se traduce en atrapar la energía solar y convertirla en alimento y otros materiales utilizables por la planta. Las estrategias de producción de cultivos son generalmente diseñadas para interceptar la máxima cantidad de luz que alcanza a cubrir completamente el terreno, a través de manipular la densidad de plantas y el arreglo espacial tal que promueva una rápida expansión foliar.

El índice de área foliar (IAF) expresa la relación de la superficie foliar (un lado únicamente) con el área de terreno ocupado por el cultivo. Los valores de IAF promedio obtenidos en el presente trabajo de investigación son presentados en el cuadro 4.1, figura. 4.1, indican que el IAF fue mayor en la fertilización Inorgánica con valores de 0.98, 1.27, 1.34 a los 60, 80, 100 días después del trasplante, respectivamente Scholberg *et al* (2000) reporta valores de IAF en un rango de 0.75 a 3 en experimentos de alta fertilización, el IAF en el tipo de fertilización orgánica fue de 0.27, 0.32, 0.40 a los 60, 80, 100 días después del trasplante, son valores bajos si

comparan con un índice de 3-5 que usualmente es necesario para maximizar la producción de materia seca en muchos cultivos. Así como el incremento de la producción a través de radiación solar. El IAF y su distribución estacional varían considerablemente con especies vegetales de igual manera el tipo de fertilización como se aprecia en los resultados (cuadro 4.1 y figura 4.1).

Cuadro 4.1 Medias de Índice de Área Foliar de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	IAF 60 DDT	IAF 80 DDT	IAF 100 DDT
Inorgánico	0.98 A	1.27 A	1.34 A
Orgánico	0.27 B	0.32 B	0.40 B
C.V. (%)	17.25	21.11	26.51
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
IAF =Índice de área foliar DDT = Días después del trasplante

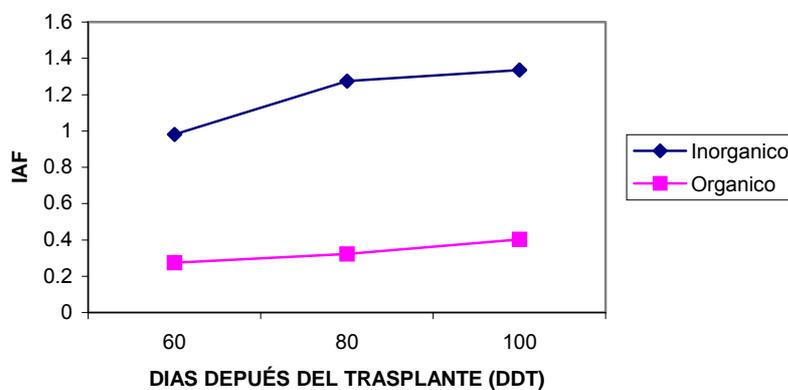


Figura 4.1 Comportamiento del Índice de Área Foliar de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.2 Tasa de crecimiento del cultivo

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC), es la ganancia en peso de una comunidad de plantas en una unidad de terreno en una unidad de tiempo, es usada extensivamente en análisis de crecimiento de cultivos en campo. Un valor de TCC de $20 \text{ g.m}^2.\text{día}^{-1}$ ($200 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$) es considerado adecuado para muchos cultivos, particularmente de tipo C_3 (Gardner *et al.*1985). Los valores promedio de TCC obtenidos son presentados en el cuadro 4.2 y figura 4.2, la TCC fue mayor en la fertilización Inorgánica con valores de 4.12, 5.21, 4.67 a los 40, 60 y 100 d después del trasplante, la TCC en el tipo de fertilización orgánica fue de 1.54, 2.84, 2.19 a los 60, 80, 100 días después del trasplante, Scholberg *et al* (2000) reporta valores de TCC en un rango de 12 a $14 \text{ g.planta}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en experimentos de alta fertilización en tomates producidos en campo, los valores obtenidos en un invernadero no tecnificado son bajos, probablemente se deban a que no se contó con un control de la temperatura y humedad relativa para su producción optima.

Cuadro 4.2 Medias de Tasa de Crecimiento del Cultivo de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate hibrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	TCC ($\text{g/m}^2/\text{día}$)	TCC ($\text{g/m}^2/\text{día}$)	TCC ($\text{g/m}^2/\text{día}$)
	60 DDT	80 DDT	100 DDT
Inorgánico	4.12 A	5.21 A	4.67 A
Orgánico	1.54 B	2.84 B	2.19 B
C.V. (%)	8.5528	8.82	7.22
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
TCC =Tasa de Crecimiento del Cultivo DDT = Días después del trasplante

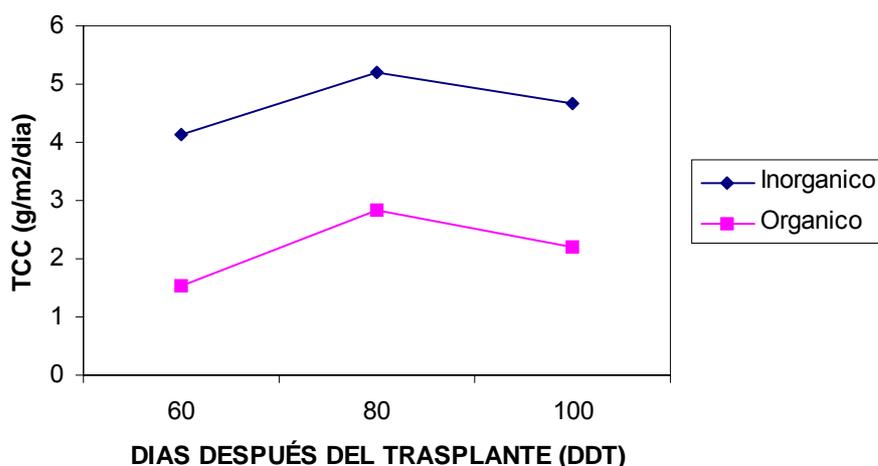


Figura 4.2 Comportamiento de la Tasa de Crecimiento del Cultivo de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.3 Tasa de asimilación neta

La tasa de asimilación neta (TAN), o tasa foliar unitaria, es la ganancia neta de asimilados, principalmente fotosintéticos, por unidad de área foliar y tiempo. Esto también incluye ganancia de minerales, pero no es una fracción grande donde los minerales constituyen únicamente el 5% o menos del peso total (Gardner/. 1985). La ecuación para calcular el valor promedio de TAN asume que las relación entre el peso de la planta y el área foliar es lineal; esta suposición se sostiene en las primeras fases de desarrollo pero no en fases posteriores, como la tasa de crecimiento del área foliar puede exceder esta de la materia seca o viceversa, esto se puede observar en los resultados obtenidos de TAN los cuales se presentan en el cuadro 4.3 y figura. 4.3 los valores mas altos de TAN los presentó el tratamiento Inorgánico: 5.17, 7.86, 6.55 a los 60, 80, 100 días después del trasplante Gardner *et al.* (1985) indica que este valor no es una constante en el tiempo ya que muestra una

tendencia descendente a medida que el desarrollo avanza con la edad de la planta, esto mismo se observó también en la fertilización orgánica con los siguientes valores de 4.21, 3.92, 3.90 a los 60, 80, 100 días después del trasplante, alcanzando su máximo a los 80 días después del trasplante y descendiendo a los 100 días. Este descenso puede acelerarse por un ambiente desfavorable (Hunt 1978), y la ganancia de materia seca por unidad de superficie de área decrece por la presencia de hojas nuevas debido al sombreado recíproco. El incremento en competencia para elementos nutritivos y otros factores son probablemente tan importantes como la edad e incremento en tamaño.

Cuadro 4.3 Medias de Tasa de Asimilación Neta de Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	TAN (g/m ² /día)		
	60 DDT	80 DDT	100 DDT
Inorgánico	5.17 A	7.86 A	6.55 A
Orgánico	4.21 A	3.92 B	3.90 B
C.V. (%)	9.58	5.24	1.7
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes:
TAN =Tasa de Asimilación Neta DDT = Días después del trasplante

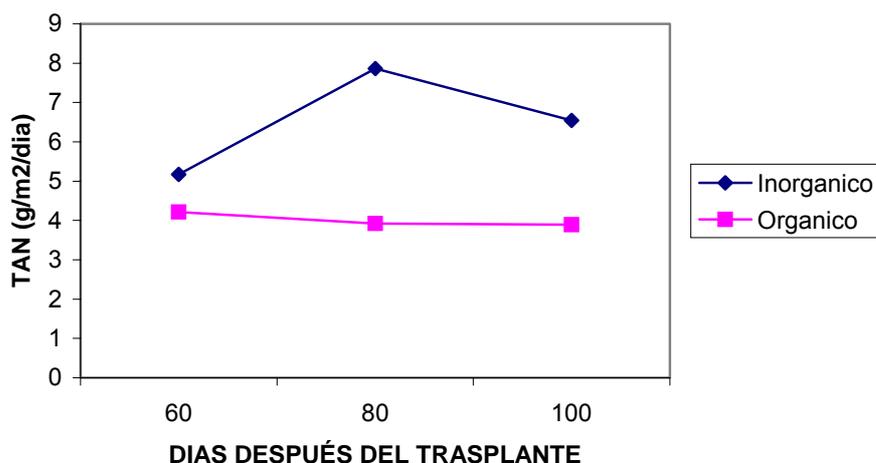


Figura 4.3 Comparación de la Tasa de Asimilación Neta de Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.4 Relación de área foliar

La relación de área foliar (RAF) expresa la relación entre el área de la lamina foliar o tejido fotosintético y el tejido respiratorio total de la planta o biomasa total, los valores mas altos de RAF (cuadro 4.4 y figura. 4.4) los presentó el tratamiento Inorgánico con los siguientes valores de 40 a los 60, 80, 100 días después del trasplante. La RAF refleja el follaje de una planta, en los tratamientos evaluados la RAF presentó valores mas inferiores en la fertilización orgánica con de 4.21, 3.92, 3.90 a los 60, 80, 100 d después del transplante, mientras en el tratamiento inorgánico tiende a bajar y mantenerse en etapas posteriores el tratamiento orgánico tiende a mantenerse en la etapa de 60 a 80 y bajar de 80 a 100 días después del trasplante.

Cuadro 4.4 Medias de Relación de Área Foliar de los Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	RAF (cm ² .g ⁻¹)		
	60 DDT	80 DDT	100 DDT
Inorgánico	40.31 A	32.81 A	34.30 A
Orgánico	32.36 B	32.62 A	25.91 B
C.V. (%)	5.098	2.152	4.373
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
 RAF =Relación de Área Foliar DDT = Días después del trasplante

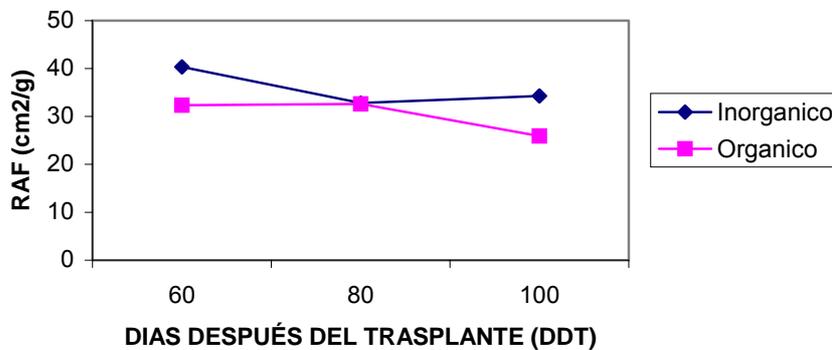


Figura 4.4 Medias de Relación de Área Foliar de los Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.5 Área foliar específica

Björkman (1981) muestra que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE). Es decir, que en las plantas bajo sombra aumenta el AFE o área por unidad de peso foliar. Páez *et al.* en el 2000 indican que en el tomate se observó este efecto solamente hasta los cuarenta y cinco días de crecimiento vegetativo, y pudo destacarse que las hojas son

más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. En ambos regímenes lumínicos, el AFE disminuye después de los sesenta días de crecimiento de la planta. Los valores mas altos de AFE (cuadro 4.5 y figura. 4.5) los presentó el tratamiento Inorgánico con los siguientes valores de 151.86, 151.01, 163.47 a los 60, 80, 100 días después del trasplante. Se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar. En los tratamientos evaluados el AFE presento valores mas inferiores en la fertilización orgánica con 126.53, 122.40, 125.70 a los 60, 80, 100 d después del trasplante.

Cuadro 4.5 Medias de Área Foliar Especifica de los Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	AFE (cm ² /g) 60 DDT	AFE (cm ² /g) 80 DDT	AFE (cm ² /g) 100 DDT
Inorgánico	151.86 A	151.01 A	163.47 A
Orgánico	126.53 B	122.40 B	125.70 B
C.V. (%)	4.2558	3.36	3.25
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
 RAF =Relación de Área Foliar DDT = Días después del trasplante

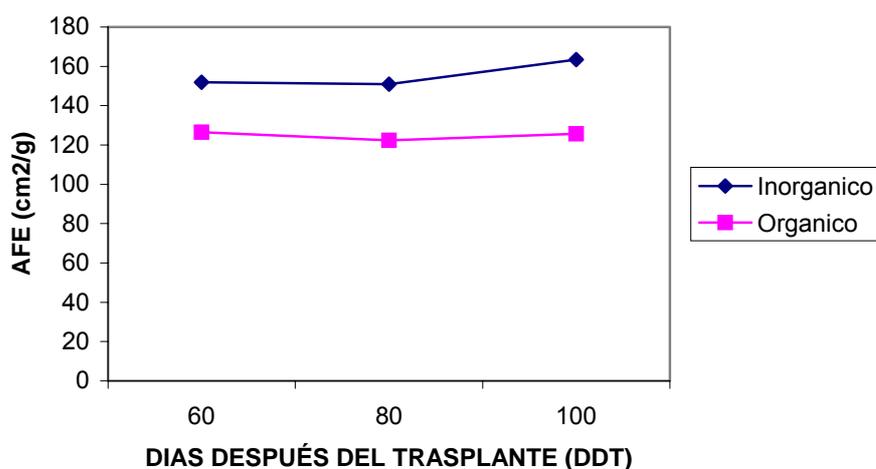


Figura 4.5 Comparación del Área Foliar Específica de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.6 Relación de peso foliar

Björkman (1981) muestra que existe un tipo de adaptación presentado por diferentes especies, comprende el aumento en la relación de peso foliar (RPF). Páez *et al.* (2000) indican que en el tomate, la RPF también incrementa con el sombreado, indicando que aumenta la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria. No obstante, este efecto solo se observó en las fases tempranas del crecimiento, es decir, antes de los 40 días de crecimiento vegetativo. Algo similar se presenta en el experimento, los valores más altos de RPF (cuadro 4.6 y (figura. 4.6) los presentó el tratamiento Inorgánico con los siguientes valores de 0.266, 0.266, 0.273 a los 60, 80, 100 días después del trasplante. En los tratamientos evaluados el RPF presentó valores más inferiores en la fertilización orgánica con 0.258, 0.216, 0.158 a los 60, 80, 100 días después del trasplante. Los

resultados anteriores muestran que una fertilización inorgánica presenta mayor incremento en la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria

Cuadro 4.6 Medias de Relación de Peso Foliar de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	RPF (g/g) 60 DDT	RPF (g/g) 80 DDT	RPF (g/g) 100 DDT
Inorgánico	0.266 A	0.266 A	0.273 A
Orgánico	0.258 A	0.216 B	0.158 B
C.V. (%)	1.18	4.28	1.38
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
RPF =Relación de Peso Foliar DDT = Días después del trasplante

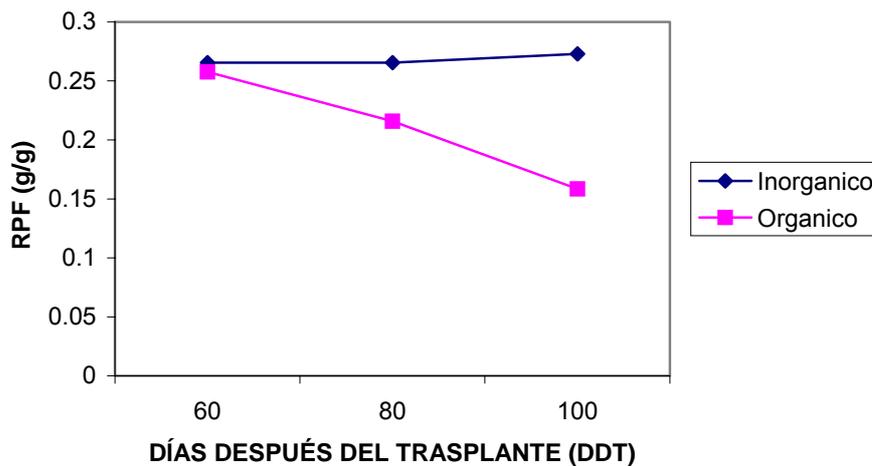


Figura 4.6 Comparación de la Relación de Peso Foliar de los Tratamientos de Fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

4.7 Índice de cosecha

El Índice de Cosecha (IC) de un cultivo expresa la eficiencia en la conversión de asimilados al rendimiento económico. Duncan *et al.* (1978) indicaron que las

variedades modernas de cacahuete tienen un índice de cosecha en casi un 75% en comparación de las variedades antiguas a solo un 40 a 50%.

Los resultados obtenidos de los valores más altos de IC (cuadro 4.7 y figura. 4.7) los presentó el tratamiento Inorgánico con los siguientes valores de 41.2, 43.0, 43.6 a los 60, 80, 100 d después del trasplante. En los tratamientos evaluados el IC presentó valores más inferiores en la fertilización orgánica con 36.2, 33.0, 33.4 a los 60, 80, 100 días después del trasplante. Estos resultados indican que el tratamiento de fertilización inorgánico presenta una mejor distribución de los asimilados a los frutos con un incremento aun mayor en etapas de 100 DDT, mientras que el tratamiento orgánico va en disminución al avanzar la edad de la planta de tomate.

Cuadro 4.7 Medias de porcentaje de Índice de Cosecha de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

TRATAMIENTOS	IC 60 DDT	IC 80 DDT	IC 100 DDT
Inorgánico	41.2 A	43.0 A	43.6 A
Orgánico	36.2 B	33.0 B	33.4 B
C.V. (%)	1.32	2.08	0.52
DMS (0.05)			

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes
 IC =INDICE DE COSECHA DDT = Días después del trasplante

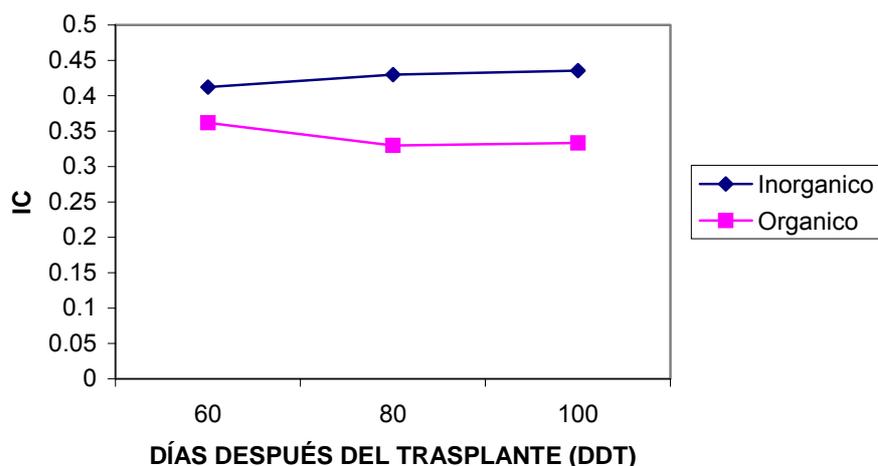


Figura 4.7 Medias de porcentaje de Índice de Cosecha de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007

Cuadro 4.8 Rendimiento en kg.m² de los tratamientos de fertilización Inorgánica contra Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2007.

Tratamiento	Rendimiento.m ²
Inorgánico	13.97 A
Orgánico	6.18 B
C.V (%)	2.55%

*diferentes letras en la misma columna son altamente significativas con la comparación de medias DMS al 5% de probabilidad.

Cuadro 4.9 Coeficientes de correlación entre parámetros de índices de crecimiento para tratamientos de fertilización Inorgánica en tomate híbrido Loreto. 2007.

	TAN			IAF			RAF			AFE			RPF		
	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT
TCC	0.715NS	0.997*	0.909NS	0.803NS	0.601NS	-0.832NS	-0.43NS	0.697NS	0.3752NS	-0.812NS	0.1614NS	0.361NS	0.4833NS	0.1218NS	-0.2994NS
TAN			0.990NS	0.538NS	-0.527NS	0.327NS	0.639NS	-0.044NS	-0.173NS	0.2369NS	-0.0592NS	0.9573NS	0.045NS	0.12425NS	
IAF						0.196NS	0.992NS	-0.826NS	-0.305NS	-0.691NS	-0.8169**	0.9093NS	0.8661NS	0.77755NS	
RAF										0.3232NS	-0.596NS	0.9998NS	0.5866NS	0.7969NS	-0.9968NS
AFE													0.1189NS	-0.96NS	-0.9979NS*

**Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. DDT = Días después de la siembra. IAF =Índice de área foliar, TCC =Tasa de Crecimiento del Cultivo, TAN =Tasa de Asimilación Neta, RAF =Relación de Área Foliar, AFE = Área Foliar Especifica, RPF =Relación de Peso Foliar

Cuadro 4.10 Coeficientes de correlación entre parámetros de índices de crecimiento para tratamientos de fertilización Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) en tomate híbrido Loreto. 2007.

	TAN			IAF			RAF			AFE			RPF		
	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT	60 DDT	80 DDT	100 DDT
TCC	0.999*	0.902*	0.974NS	0.968NS	-0.742NS	-0.836NS	0.967NS	0.964NS	-0.854NS	0.5415NS	0.812NS	-0.9279NS	0.060NS	0.9608NS	-0.5362NS
TAN				0.977NS	-0.381NS	-0.937NS	0.976NS	0.755NS	-0.948NS	0.5707NS	0.4808NS	-0.8213NS	0.025NS	0.9864NS	-0.711NS
IAF							1**	-0.89NS	0.9995**	0.7325NS	-0.994NS	0.5707NS	-0.188NS	-0.528NS	0.9116NS
RAF										0.7365NS	0.9379NS	0.5977NS	-0.194NS	0.8528NS	0.89743NS
AFE													-0.806NS	0.6185NS	0.18279NS

*Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. DDT = Días después de la siembra. IAF =Índice de área foliar, TCC =Tasa de Crecimiento del Cultivo, TAN =Tasa de Asimilación Neta, RAF =Relación de Área Foliar, AFE = Área Foliar Especifica, RPF =Relación de Peso Foliar

Las correlaciones (cuadro 4.9) del efecto del tipo de fertilización inorgánico en la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) presenta una correlación positiva con la tasa de asimilación neta (TAN), indicando que existe asociación entre estas dos variables, a medida que avanza la edad de la planta el incremento de biomasa por unidad de tiempo se manifiesta con un incremento en la eficiencia fotosintética de la planta aunque solo mostró ser significativo a los 80 DDT, esto mismo se presenta en la correlación (cuadro 4.10) del efecto del tipo de fertilización orgánico en la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) con la tasa de asimilación neta (TAN) presentando una correlación positiva y fue significativo a 60 y 80 DDT.

Se encontró una correlación positiva entre la TCC y el índice de área foliar (IAF) Las correlaciones del efecto del tipo de fertilización inorgánico (cuadro 4.9) indicando que en los 60 y 80 DDT existió mayor ganancia en peso por unidad de tiempo y la planta aumentó el área foliar (un lado únicamente) con el área de terreno ocupado por la planta sin embargo a los 100 DDT la asociación fue en sentido negativo su índice de área foliar aumenta y existe un incremento en la planta menor

en peso por unidad de tiempo, sin embargo estadísticamente fueron no significativos. En el cuadro 4.10 se observa una correlación positiva entre estas dos variables (TCC y IAF) solo a los 60 DDT, y en los 80 y 100 DDT se observó una correlación negativa donde su índice foliar se incrementa y su tasa de crecimiento del cultivo disminuye drásticamente, de ahí que las plantas se mostraron con un crecimiento más lento, aunque estadísticamente fueron no significativos.

Una asociación negativa de la TCC a los 60 días después del transplante con la relación de área foliar RAF (cuadro 4.9) reflejando que al incrementarse la TCC en las plantas fertilizadas con un tipo inorgánico existe un incremento en magnitud del aparato fotosintético de la planta inverso (RAF) en este periodo, sin embargo existe una correlación positiva de estas dos variables en los periodos de 80 a 100 días, estadísticamente fueron no significativos. En el caso de las plantas fertilizadas con lixiviado de vermicompost la correlación (cuadro 4.10) entre TCC y RAF fue positiva en los periodos de 60 y 80 pero existe una asociación negativa en estas variables a los 100 días después del trasplante, mostrando que en este periodo presenta una ineficiencia en la magnitud del aparato fotosintético, estadísticamente fueron no significativos.

En el cuadro 4.9 muestra que existe una correlación negativa de la TCC con el área foliar específica (AFE) a los 60 DDT, esto explica que hay una asociación inversa al incrementarse la biomasa por unidad de tiempo (TCC) la superficie foliar por gramo de hoja (AFE) disminuye aunque estadísticamente mostró no ser significativo. En el caso de las plantas fertilizadas con lixiviado de vermicompost la

correlación (cuadro 4.10) mostró la misma correlación solo que en el periodo de 100 DDT, lo que indica que en ese periodo un incremento en el área foliar específica hay una disminución de la biomasa de la planta por unidad de tiempo (TCC). No muestra ser significativo en estas dos variables (cuadro 4.9 y 4.10).

Existe una correlación positiva (Cuadro 4.9) entre el IAF y el TAN manifestando que a medida que aumenta la unidad del área de la superficie de la hoja (haz) por unidad de superficie del suelo la tasa de asimilados aumenta a los 60 y 80 DDT aunque a los 100 DDT existe una correlación negativa esto es de esperarse por la sombra entre hojas. Estas dos variables en el tipo de fertilización orgánica (cuadro 4.10) la correlación es negativa en los 80 y 100 DDT mostrando una eficiencia fotosintética en disminución cuando se incrementa el IAF, pero no significativa.

En el cuadro 4.9 se presentan los resultados de una correlación positiva en el periodo de 60, 80 días después del transplante de tomate en las variables TAN y RPF, entre eficiencia fotosintética y una distribución de asimilados hacia las hojas. En el cuadro 4.10 existe una correlación negativa a los 100 DDT, en un incremento de su tasa de asimilación neta presenta una disminución de distribución de asimilados hacia las hojas, el incremento de este solo se manifestó en el periodo de 60 y 80 DDT.

Existe una correlación negativa (cuadro 4.9) entre IAF y RAF principalmente 100 días después del transplante el índice de área foliar de la planta de tomate

aumenta y la magnitud del aparato fotosintético disminuye (RAF). En la correlación entre estas variables en el cuadro 4.10 la disminución de la magnitud del aparato fotosintético es desde los 80 DDT.

La correlación en el cuadro 4.9 entre variables RAF y RPF es positiva en los 60 y 80 DDT es decir al aumentar la magnitud de la eficiencia fotosintética se incrementa la distribución de asimilados hacia las hojas, pero a los 100 ocurre una asociación negativa es decir en aumentos de la eficiencia fotosintética no hay incrementos en la distribución de asimilados hacia las hojas. A diferencia de las correlaciones en estas dos variables cuadro 4.10 hay una asociación negativa a los 60 días, y una asociación positiva a los 80 y 100 DDT lo que indica un retraso y distribución de los asimilados hasta estos periodos.

Por ultimo el cuadro 4.9 presenta la asociación entre AFE y RPF es negativa entre estas variables a los 80 y 100 explicando que a medida que exista una mayor frondosidad de la planta existe una menor superficie foliar por gramo de hoja en estos periodos. En el cuadro 4.10 la correlación positiva entre AFE y RPF es a los 80 y 100 DDT lo que explica que es hasta estos periodos donde la planta recupera una mayor frondosidad y mayor superficie foliar por gramo de hoja.

V. CONCLUSIONES

De las hipótesis planteadas y de los resultados obtenidos en el presente estudio en plantas de tomate conducidas en dos tipos de fertilización inorgánica y orgánica se formularon las siguientes conclusiones:

1.- Existió diferencias estadísticas entre los dos tipos de fertilización inorgánica y orgánica en la relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), relación de peso foliar (RPF), índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN) en la plantas de tomate.

2.- El tipo de fertilización inorgánica tuvo un mayor efecto en una mayor eficiencia del aparato fotosintético lo que permitió obtener un mayor rendimiento en las plantas de tomate que en el tipo de fertilización orgánica.

3.- El efecto de fertilización inorgánica presenta una mejor distribución de los asimilados hacia los frutos con un incremento aun mayor en etapas de 100 DDT, mientras que el tratamiento orgánico va en disminución al avanzar la edad de la planta de tomate.

4.- El tipo de fertilización orgánica mediante lixiviado de vermicompost aun cuando estadísticamente es inferior al tipo de fertilización inorgánica en los indicadores de la magnitud del aparato fotosintético o de la eficiencia fotosintética sus valores no son de gran diferencia y en muchos iguales en el primer muestreo 60 días después del trasplante.

5.- En ambos tipos de fertilización las plantas de tomate alcanzan su máximo índice de cosecha hasta los 100 días después del muestreo.

6.- El efecto del tipo de fertilización inorgánico como el orgánico, en la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) presenta una correlación positiva con la tasa de asimilación neta (TAN), indicando que a medida que avanza la edad de la planta el incremento de biomasa por unidad de tiempo se manifiesta con un incremento en la eficiencia fotosintética de la planta.

7.- El tipo de fertilización inorgánica manifiesta correlación positiva entre variables que se relacionan con el tamaño relativo del aparato fotosintético, relación de área foliar (RAF) y relación de peso foliar (RPF) en los 60 y 80 días después del trasplante, y negativa en los 100 DDT. A diferencia de las correlaciones en estas dos variables en el tipo de fertilización orgánica hay una asociación negativa a los 60 días, y una asociación positiva a los 80 y 100 DDT.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1983. Sustratos características y propiedades. Curso Superior de Especialización Sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. Pp 47- 79.
- Alpi, A. Y F. Tognoni. 1999. cultivo en invernadero. 3ª ed. Ediciones Mundi, prensa Madrid., México pp. 76-77.
- Anderlini, R. 1976. el cultivo del tomate. Tercera. Ed. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- Aung, L.H. 1976. Effect of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive responses of *Lycopersicon esculentum* Miill. J. Am. Soc. Hort. Sci., 101:358- 360.
- Beadle, C. L 1988. Análisis de crecimiento Vegetal. En: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. J. Combs, D.O. may, S. P. Long y J. M. Scurlock (eds). Colegio de Postgraduados, Chapingo, México
- Belda, J. E, y J. Lastre 1999. Reglamento Especifico de Producción Integrada de tomate bajo abrigo: resumen de aspectos importantes. Pp 1-9. Laboratorio y Departamento de Sanidad Vegetal de Almaria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate de invernadero. En: curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Editores. Castellanos, J. Z; Muñoz, R. J.J. Celaya, Guanajuato, México. Pp 147-174.
- Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In "Physiological Plant Ecology. I. Responses to the physical environment". (Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler). Encycl. Plant Physiol. New Ser., Vol. 12A, pp 57-107. Springer-Verlag.
- Booner, J. y A. W. Galston. 1973. Principios de fisiología vegetal. Trad. Por Federico Portillo %a Edición. Ed Aguilar. España p. 485.
- Bouzo, C. A. y F. Garinglio N. 2002. Invernaderos. Aspectos generales a tener en cuenta. Universidad nacional de litoral. Facultad ciencias agrarias. Cultivos intensivos. Kreder 2805 (3080) esperanza, santa fe, Argentina.
- Bryan, L. V. And J. C. Silvertooth. 1996. Comparisons Between an Upland and a Pima Cotton cultivar. I. Growth and yield. Agros. J. 88: 583- 588.
- Burgueño, C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, Diapositivas 102-104, en: memorias del 1^{er} Simposio Nacional de Técnicas Modernas de Producción de Tomate, Papa y otras solanáceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila México.
- Cánovas, M. F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponía. Aspectos comunes y diferencia de los cultivos con y sin suelo. FIAPA. Almaria, España. Pp. 29-42.
- Canovas, F. 1999. Manejo del cultivo sin suelo. Pp. 229- 235. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del tomate. Editorial Mundi.Prensa México.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. 3^{ra} Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp. 71-105.
- Castilla, P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; pp : 191-211. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa México.
- Castilla, P.N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. Pp. 191-225. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Chamarro. L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp. 43-87. En: F. Nuez (Ed.). El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa México.

- Chaney, D. E., Drinkwater, L. E. and Pettygrove, G. s. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, División of agriculture and Natural Resources. Publication 21505. p. 36.
- Cuartero, J.; Baugena, M. 1999. Híbridos de tomate para cultivo en fresco. Pp. 196-211. Cultivo del Tomate, Editorial Mundi-Prensa México.
- Claridades agropecuarias. 2005. La agricultura orgánica en el mundo. Pp. 4- 5.
- Crofts, C. F., D. L. Kachson, P. M. Martin, and J. C. Patrik. 1971. Los vegetales y sus cosechas. Fundamentos de agricultura moderna 2. trad. R. Morán. De. AEDOS. Barcelona, España 245 p.
- Diver, S.; Kuepper, G and Born, H. 1999. Organic tomato production. National center for appropriate technology . ATTRA publication #ct073/149. University of Arkansas. Fayetteville, Ar.
- Duncan, W. G., D. E. McCloud, R. L. McGraw, and K. J. Boote. 1978. Crop Sci 18: 1015-1020.
- Edmond, J.B. 1981. Principios de horticultura; CIA: Editorial Continental S.A de C.V; Sexta reimpression; México D. F.
- Escudero S., J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. En: 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.
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate, pp. 13-23. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa México. Reimpression.
- Felipe, E. F.; E. Cassanova, O. 1999. Evaluación de la hoja numero 3 como muestra representativa para el análisis Nitrógeno, Fosforo y Potasio en tomate. Venezuela.
- Felix V, P. 1986. Patrón y análisis del crecimiento de tres variedades de Maíz (*Zea mays* L). tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Fernández, R.E. J; Camacho, F.F. y Ricardez, S.M. 2004. Tomates, producción y comercio, Edición de Horticultura, Barcelona, España. P 35.
- Ferreira C. C. 2002. El CO2 elemento indispensable para la producción de vegetales Asociación Interregional de Investigación y Experimentación Hortícola.
- Francescangeli, N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión. Estación Experimental Agropecuario, San Pedro Buenos Aires, Argentina.
- García, P.R.E. 1996. La lombricultura y el vermicompost en México. En: Agricultura orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano. Editor Ruiz, F. J. F. Universidad Autónoma Chapingo.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1985. Transport and partitioning. In. Physiology of crop Plant. Iowa state Univ. Press Ames. AA. Pp: 58- 75.
- Garza, L. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de fitotecnia, UACH. México.
- Gómez, A., R. y R. Castañeda C. 2000. Tecnologías de producción orgánica en las condiciones del tropico. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Tropicó Hunedo de Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur/Unidad Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Guerrero, P., V. M. 1998. Introducción a la agricultura orgánica. En: V. M. Guerrero, K. Rivas, B. Sastré, A. A. Gardea y J. J. Martínez (Eds). Simposium, sobre Agricultura orgánica y de Baja Residualidad. CIAD, Cuauthemoc. Cuauthemoc, chihuahua, México.

- Handreck, K. A. Black, N. D. 1981. Growing Media for Ornamental Plants and Turf. New South Wales University Press, Kensington, 401 pp.
- Hearn, A.B. 1969. The growth and performance of cotton in a desert environment II. Dry matter production. J. Agric. Sci. Camb. 73: 75-86.
- Howard, W. 1995. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. Pp. 163-171.
- Hunt, R. 1978 Plant Grow Analysis. London : Edward Arnold.
- Jarvis, P. G., and M. J. Jarvis. 1964. *Physiol. Plant* 17: 654-656
- Johnson, H. Jr. y C. R. Rock. 1975. Extension Vegetal Specialist, University of California, Riverside. Greenhouse tomatoes production. Division of Agricultural Sciences printed December 1975.
- Lomeli, Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, ventajas y beneficios comerciales. Edición numero 60. Ocotlán Jalisco, México.
- López, J. M. Dorais, N. Tremblay y A. Gosselin. 1996. Effects of varying sulfate concentrations and vapor pressure deficits (vpd) on greenhouse tomato fruit quality and foliar mineral and amino acid components. Horticultural Research Center, Plant Science Department, Laval University, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, Canada.
- Luévano, G. A. y N. E. Velásquez G. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Año vol: 9 (2) pp 306- 320.
- Lupin, M. Magen y Z. Gambash. 1996. Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under "grass root" field conditions. Fertilizer News, the fertilizer association of India (FAI), 41:69-72.
- Magan, C. J. J. 2002. Sistema 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 Almería. pp 173-205.
- Magnano, J. C. y Gomez O. 1999. Curso de Lombricultura. Vita- Fértil.
- Martínez, C. C. 1997 Martínez C., C. 2001. La Lombricultura, una Alternativa Viable en la Agricultura Sustentable. CONACYT 5265 – N9407. Área de Microbiología, PROEDAF - INR, Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México. Pp. 3- 4.
- Moreno I. T. 2002. Cultivo de hortalizas sin suelo. Instituto nacional de empleo centro de formación profesional ocupacional de horticultura. C/Remata s/n - CP. 04407/Almería, España. Telefax: (34) 950244833. morenote @Wanadoo.es.
- Murray, R. y Yommi, A. 1995. Momento oportuno de cosecha de tomates larga vida y normales. XVIII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO – Las Termas de Rio Hondo.
- Navarro G. M. 2002. Nutrición vegetal balanceada y riego por goteo en cultivos hortícolas. En: memorias del segundo simposio nacional de horticultura. Saltillo Coahuila México 7-11 de octubre.
- Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate.. Desplegable técnica No. 5. INIFAP-CIRNO. Cd. Constitución, B.C.S. México.
- Nuez, V. F. 2001. desarrollo de nuevos cultivares. Pp 626-669. En: F. Nuez (Ed) el cultivo del tomate, Editorial Mundi-Prensa, México.
- Osuna, G. A. 1983. Resultado de investigación de tomate para uso industrial en el edo de Morelos, 1980-1982., SARH. INIA, CITAMC CAEZ. México.

- Páez A., V. Paz., J. C. López. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 173-184
- Pérez T. M. D. 2003. Comportamiento de Líneas Segregantes de Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill) de Habito indeterminado con la incorporación del Carácter Extrafirme, Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila México. Pp 24.
- Pilatti, R. A. Bouzo C. A 2000. Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*lyopersicon esculentum* Mill) cultivado en invernadero Invest. Agr.: Prod. Prt. Veg. Vol. 15 (1-2), 2000.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos hidropónicos. 4ª Edición. Editorial Mundi- Prensa. España
- Roberts, M. J., S.P. Long, LL. Tiezen, and C.L. Beadle 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. In: Teachiques in Bioproductivity and photosynthesis. J. coombs, D.O. Hall, S.P. Long, and J. M.O. Scurlock (eds.). Pergamon Prres.London Pp: 1-19
- Rodríguez S. F. 1997. Fertilizantes nutrición vegetal A.G.T. editor S.A. pp 33,34.
- Rodríguez, M. R. y Jiménez, D. F. 2002. Manejo de invernadero. En: memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Venecia, Durango. Pp 58-65.
- Rodríguez, del R. A. 2001. Manejo del Cultivo Extensivo para Industria, p. 255- 309. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del Tomate. Editorial Mundi – Prensa, México. Reimpresión.
- Rojas G., M. 1972. Fisiología vegetal aplicada. Mc Graw Hill. México p. 252
- Ruiz, F. J. F. 2000. Agricultura orgánica: Situación Actual y perspectivas. Curso internacional para inspectores Orgánicos IFOAM/BIOAGRICOOP. Volumen I. Exhacienda Caracha, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Orgánica de Michoacán, CIECAS, Fundación Produce Michoacán y SAGAR.
- Rynk, R. 1992. On-Ferm composting handbook. Northeast regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extensión. New York, p. 186.
- Sade, A. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot, Israel. P. 143.
- Sánchez, B. F. y E. Favela Ch. 2000. Construcción y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. En impresión. Pp. 45.
- Sanz, M. A, A. Blanco, E. Monge y J. Val. J. 2000. Caracterización de la Deficiencia de Calcio en la Planta de Tomate Utilizando Parámetros Fisiológicos. ITEA Vol. 97 No 1 Pág. 26-38
- Scholberg J.M., B.L McNeal., K.J Broote., J.W. Jones, S.J. Locascio, S.M Olson. 2000 Nitrogen Stress Effects on Growth and Nitrogen Accumulation by Field-Grown Tomato. Agronomy Journal.; 92:159-167
- Serrano, C. Z. 1979. Cultivos de hortalizas en invernadero. Editorial Aedos. Imprenta Juvenil S.A Barcelona, España.
- Tiscornia, J. R. 1989. Hortalizas de fruto. Tomate, pimiento, pepino y otras. Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. Pp 7-9.
- 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. Pelayo C. por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS.
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México , D.F.
<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Español/Tomate.shtml>.
- Valadez, L. A. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México D.F. pp. 189-222.
- Van de Vooren, J. G., W. H. Welles and G. Hayman. 1989. Glasshouse crop production. En: 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 nahualt plant classification. Adv. Eon. Bot. 8. pp 249-270.
- Zaidan, O. y A. Avidan, 1997. CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel.
- Zamorano, U., J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias. P. 3- 4.
- Zavala, G. F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.