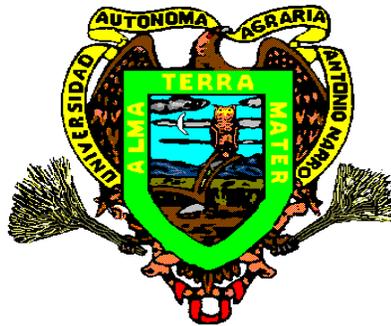


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Monitoreo de N, P y K en extracto celular de peciolo e índice de crecimiento en tomate con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero.**

**Por**

**ELIZABETH RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

**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**

**Monitoreo de N, P y K en extracto celular de pecíolo e índice de crecimiento en tomate con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero.**

**Por**

**ELIZABETH RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor**

**Principal:** \_\_\_\_\_

**DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**DR. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

---

**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre del 2007.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÒN DE CARRERAS AGRONÒMICAS**

TESIS DE LA C. ELIZABETH RAMÍREZ HERNÁNDEZ QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

**PRESIDENTE:** \_\_\_\_\_

**DR. JOSE LUIS PUENTE MANRÍQUEZ**

**VOCAL:** \_\_\_\_\_

**DR. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL**

**VOCAL:** \_\_\_\_\_

**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**VOCAL**

**SUPLENTE:** \_\_\_\_\_

**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

\_\_\_\_\_  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÒN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2007.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de vivir y por permitirme terminar mi carrera profesional, por estar conmigo en los momentos más difíciles dándome fortaleza para poder seguir adelante, y por poder compartir con mis seres queridos este triunfo.

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por haber sido mi segunda casa, por dejarme formar parte de su historia, por haberme dado los elementos necesarios durante cuatro años y medio para poder terminar mi carrera, le doy gracias y donde quiera que me encuentre y con mucho orgullo siempre llevare su nombre en alto “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”.

Al **Dr. José Luis Puente Manríquez**, por todo el apoyo brindado y por haber confiado en mí, por dejarme ser parte de este proyecto y llevar a cabo la realización de este trabajo, pero sobre todo por compartir sus conocimientos conmigo.

Al **Dr. Jorge Arnaldo Orozco Vidal** por asesorarme, por compartir sus conocimientos y por la gran paciencia que tuvo conmigo para la realización de esta tesis.

Al **Dr. Alejandro Moreno Reséndez**, por su valioso tiempo y dedicación para la revisión de esta tesis y por sus consejos y por ofrecerme su amistad.

Al **Ing. Juan De Dios Ruíz De la Rosa**, por compartir sus experiencias y conocimientos, por su valiosa colaboración para la realización de este proyecto.

A los maestros que me impartieron clases, que con sus grandes conocimientos hicieron de mí una profesionista, (Dios los bendiga).

Al Dr. Esteban favela Chávez, Dr. Eduardo Madero, Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Emiliano Gutiérrez del Rio, Dr. Rafael Rodríguez Martínez, Dr. Jorge G. Medina, Biol. Genoveva Hernández Zamudio, Ing. Juan Gutiérrez, Ing. Leopoldo Hernández, Ing. Víctor Martínez Cueto, Ing. Norma Leticia Ortiz Guerrero, M.V.Z. Silvestre. Por su valiosa amistad y buenos consejos ya que estuvieron conmigo en los momentos más difíciles de mi carrera, gracias por escucharme y compartir conmigo las barreras que la vida puso en mi camino. (Dios los bendiga).

A mis amigos el Ing. Ernesto Robledo, Ing. Didier Estudillo a los M.V.Z Minerva Paz y Miguel Ponce, Lic. Héctor canales, Rosa Isela, Gilberto y Karina Hernández, Melecio Acevedo, Abelardo López, Miguel Lanuza, Emmanuel Huerta, Gerardo Reyes, Erik Bautista, Vero Mendoza, Jorge Gutiérrez. Por brindarme su amistad y estar conmigo en las buenas y en las malas, por tenerme paciencia por comprenderme y por todos los momentos felices que pase con ustedes a lo largo de mi carrera. Gracias. A las chavas del internado, Mary, Leo, Adely.

A la familia Zermeño Frías, Zambrano Frías, que abrieron las puertas de su hogar depositando en mí su confianza, ofreciéndome trabajo en periodo vacacional y que hoy comparten conmigo este tan esperado logro. Gracias por

sus consejos y motivación que me fueron de mucha ayuda para vencer los obstáculos que se me presentaron.

A la familia Peña Santiago por los consejos, por sus buenos deseos y ánimos que me brindaron durante mi carrera.

A la familia Ramírez Hernández por la paciencia que tuvieron conmigo, por el apoyo moral e incondicional que me brindaron, por estar siempre conmigo en el momento que más los necesite.

A Luis Raúl por sus buenos deseos, por preocuparse siempre que yo esté bien, por su paciencia, comprensión, por el respeto y el amor que me tiene. Gracias por ocupar un lugar en mi corazón.

## **DEDICATORIAS**

### **MIS PADRES**

Sr. Pedro Ramírez Enríquez

Sra. Ernestina Hernández Mariano.

Por haberme traído a este mundo, por cuidar siempre de mi, por brindarme todo su amor, comprensión y cariño, gracias por respetar mis decisiones, por confiar en mí y por apoyarme incondicionalmente, este logro se lo dedico a ustedes, les doy gracias por haberme inculcado el respeto hacia las demás personas y por haberme enseñado hacerme responsables de mis actos. Le doy gracias a Dios por tener unos padres tan maravillosos como ustedes y le pido que nos preste vida por mucho más tiempo. Los amo.

### **A MIS ABUELOS**

Albino Hernández Domínguez (finado) y Anastasia Ramírez Santiago (finada) le doy gracias a dios por el tiempo que me permitió tenerlos a mi lado, se que desde el cielo están compartiendo conmigo este triunfo, y que están muy orgullosos de mi. A mi abuela Isabel Mariano Guzmán que siempre me ha cuidado cuando he estado enferma y por sus sabios consejos.

### **A MIS HERMANOS**

Beatriz tú fuiste mi ejemplo, terminaste tu carrera a pesar de las limitantes que se te presentaron, a Verónica, Pedro, Georgina, Rebeca, Miguel, Alejandro, Enrique y a la bebe que viene en camino. Les doy las gracias por apoyarme en las buenas y en las malas, por el amor y cariño que me tienen, me hubiera

gustado crecer con ustedes pero la necesidad de salir adelante me obligó a salir de casa, gracias por sus buenos deseos y comprensión los quiero mucho.

A Luis Raúl por su amor, cariño y comprensión, por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, por siempre darme ánimos para salir adelante, por tener paciencia todo este tiempo que hemos estado lejos, gracias te amo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Metas.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Generalidades del tomate.....	5
2.1.1 Origen.....	6
2.1.2 Clasificación taxonómica del tomate.....	6
2.1.3 Características morfológicas del tomate.....	6
2.1.3.1 Semilla.....	7
2.1.3.2 Raíz.....	7
2.1.3.3 Tallo.....	8
2.1.3.4 Hoja.....	8
2.1.3.5 Flor.....	9
2.1.3.6. Fruto.....	10
2.2 Plagas.....	10
2.2.1 Mosca blanca.....	10
2.2.2 Pulgón.....	10
2.2.3 Ácaro del bronceado.....	11
2.2.4 Araña roja.....	12
2.2.5 Gusano alfiler.....	12
2.2.6 Minador de la hoja.....	13

<b>2.3 Enfermedades.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1 Cenicilla.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.2 Tizón tardío.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3 Tizón temprano.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.4 Damping off o secadera de plántula.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Otras alteraciones.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.1 Golpe de sol.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.2 Rajado de frutos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3 Jaspeado de frutos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 Índice de cosecha y calidad.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.1 Generalidades.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.2 Calidad de fruto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5.3 Sólidos solubles.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Invernadero.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.1 Generalidades.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.2 Exigencias de clima.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6.3 Ventilación.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6.4 Transparencia.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.5 Temperatura.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.7 Humedad relativa.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.8 Iluminación.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.9 Radiación.....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.10 Contenido de CO<sub>2</sub> en el aire.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.11 Ventajas de la producción en invernadero.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.12 Desventajas de producir en invernadero.....</b>	<b>27</b>

<b>2.7 Elección del genotipo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.7.1 El fenotipo potencial y el fenotipo real.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7.2 Factores ambientales que afectan al fenotipo.....</b>	<b>28</b>
<b>2.8 Labores culturales.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.1 Producción de plántula.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.2 Trasplante.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.3 Poda de formación.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8.4 Aporcado y rehundido.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8.5 Tutorado.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.6 Desbrotado o destallado.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8.7 Deshojado.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.8 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.9 Bajado de plantas.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8.10 Arreglo topológico.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8.11 Fertirrigación.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8.12 Polinización.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9 Sustratos.....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.1 Generalidades.....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.2 Clasificación.....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.3 Introducción.....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.4 Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos.....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.5 Densidad.....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.6 Granulometría.....</b>	<b>42</b>
<b>2.9.7 Porosidad.....</b>	<b>42</b>
<b>2.9.8 Porosidad total.....</b>	<b>42</b>

2.9.9 Sustrato ideal.....	42
2.9.10 Diferencia entre sustratos químicamente inertes y activos.....	44
2.9.11 Tipo de sustratos.....	44
2.9.12 Ph.....	44
2.9.13 Capacidad de intercambio de cationes.....	45
2.9.14 Salinidad.....	45
2.10 Producción de tomate en invernadero.....	46
2.11 Agricultura orgánica.....	46
2.11.1 Concepto.....	46
2.11.2 Producción de tomate orgánico en invernadero.....	46
2.11.3 Importancia del vermicompost para el desarrollo de los cultivos.....	47
2.11.4 Beneficios del manejo de las lombrices y la aplicación de vermicompost .....	49
2.12 Monitoreo de la nutrición del cultivo del tomate.....	50
2.13 Análisis del extracto celular de pecíolo.....	50
2.14 Índices de crecimiento.....	53
2.14.1 Uso de la energía solar por la cobertura vegetal.....	53
2.14.2 Técnicas para medir la eficiencia fotosintética.....	57
2.14.3 Técnicas para la obtención de los valores primarios.....	58
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	62
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	62
3.2 Localización del experimento.....	62
3.3 Tipo y condiciones del invernadero.....	62
3.4 Genotipo.....	63

<b>3.5 Siembra y trasplante.....</b>	<b>63</b>
<b>3.6 Diseño experimental.....</b>	<b>64</b>
<b>3.7 Manejo del cultivo.....</b>	<b>65</b>
<b>3.8 Polinización.....</b>	<b>66</b>
<b>3.9 Fertilización y riegos.....</b>	<b>66</b>
<b>3.10 Control de plagas y enfermedades.....</b>	<b>66</b>
<b>3.11 Altura de planta.....</b>	<b>67</b>
<b>3.12 Diámetro de tallo .....</b>	<b>67</b>
<b>3.13 Cosecha al primer racimo.....</b>	<b>67</b>
<b>3.14 Peso unitario de fruto.....</b>	<b>67</b>
<b>3.15 Materia seca.....</b>	<b>68</b>
<b>3.16 Monitoreo de N, P, K.....</b>	<b>68</b>
<b>3.17 Variables evaluadas.....</b>	<b>69</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Variables morfológicas.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1.1 Altura de planta.....</b>	<b>70</b>
<b>4.1.2 Diámetro de tallo.....</b>	<b>71</b>
<b>4.2 Índices de Crecimiento.....</b>	<b>73</b>
<b>4.3 Análisis de extracto celular de peciolo.....</b>	<b>75</b>
<b>4.4 Variables de rendimiento.....</b>	<b>79</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>VI. RESUMEN.....</b>	<b>84</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1 Concentración de elementos nutritivos por planta (Zaidan y Avidan, 1997).....</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 2.2 Niveles de referencia en extracto celular de peciolo en el cultivo de tomate de invernadero.....</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 3.1 Elementos nutritivos contenidos en el vermicompost CELALA - INIFAP, 2005.....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 3.2 Concentración de la solución nutritiva usada CELALA - INIFAP, 2005.....</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 3.3 Productos y dosis aplicadas para el control de plagas, enfermedades y amarre del fruto de tomate en invernadero.....</b>	<b>67</b>
<b>Cuadro 4.1.1 Medias de altura de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización inorgánica e orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 4.1.2 Medias de diámetro del tallo de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización inorgánica y orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 4.2.1 Medias de Índice de área foliar, relación de área foliar, relación de peso foliar, Relación de Área Foliar, de los tratamientos de fertilización inorgánica y orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate hibrido Loreto 2006.....</b>	<b>75</b>

<b>Cuadro 4.2.2 Comparación de TCC y TAN a los 20 y 40 DDT Con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero.....</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 4.3.1 Niveles de NO<sub>3</sub> encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 4.3.2 Niveles de PO<sub>4</sub> encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.....</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 4.3.3 Niveles de K encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.....</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro 4.4.1 Media de rendimientos de tomate híbrido Loreto con fertilización inorgánica contra orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 40 DDT, 2006.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.1</b> Altura de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización inorgánica contra la fertilización orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.....	<b>71</b>
<b>figura 4.1.2</b> Diámetro de tallo de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización inorgánica contra orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.....	<b>72</b>
<b>Fugura 4.2.1 a</b> Índice de área foliar de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización Inorgánica contra la fertilización Orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 20 y 40 DDT, 2006.....	<b>74</b>
<b>Grafica 4.2.1 b</b> Relación de área foliar de planta de tomate hibrido Loreto con fertilización Inorgánica contra orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 20 y 40 DDT, 2006.....	<b>74</b>
<b>Figura 4.3.1</b> niveles de $\text{NO}_3$ encontrados en el extracto celular de pecíolo de tomate.....	<b>77</b>
<b>Figura 4.3.2</b> Niveles de $\text{PO}_4$ encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT 2006.....	<b>78</b>
<b>Figura 4.3.3</b> Niveles de K encontrados del extracto celular de pecíolo en tomate en invernadero con fertilización orgánica e inorgánica.....	<b>79</b>
<b>Figura 4.4.1 a</b> Comparación de número de frutos por racimo con tratamiento orgánico e inorgánico en invernadero.....	<b>81</b>

<b>Figura 4.4.1 b Comparación de peso por fruto en gramos del tratamiento inorgánico y orgánico en invernadero.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 4.4.1 c. Comparación de rendimiento al primer racimo en gramos de tomate bajo invernadero.....</b>	<b>82</b>

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante en numerosos países y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo (Esquinas y Nuez, 2001). 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 de precio, porque fuera de temporada debe ser producido bajo condiciones de abrigo o bajo invernadero (Rodríguez, 2002).

Según Fonseca (2000) para que la producción de tomate en invernadero sea redituable debe obtenerse por lo menos  $15 \text{ Kg m}^{-2}$ . Por otro lado, Santiago (1995) evaluando genotipos de tomate en condiciones de invernadero reporta un rendimiento promedio que varía de 1.76 a  $5.42 \text{ kg}^{-1}$  planta mientras que para sólidos solubles reporta que los frutos presentaron de 4 a 5 °brix. De acuerdo a Cotter y Gómez (1981) para que una producción se considere exitosa se deben producir bajo invernadero al menos  $200 \text{ t.ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Ya que se pueden obtener productos de alta calidad (forma, sabor y color); se obtiene una mayor eficiencia en el uso del agua; se pueden hacer grandes inversiones en superficies pequeñas; la producción se obtiene en un período más prolongado, se tiene una mayor eficiencia en el uso de agroquímicos, se puede obtener un precio de venta más alto, etcétera.

El análisis de crecimiento de una planta o de cualquier organismo, se define como un proceso cuantitativo relacionado a un incremento irreversible de tamaño y que esta generalmente unido, aunque no de una manera necesaria, a un incremento de peso seco y de protoplasma, susceptible de medirse, expresándolo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo vegetal, Zavala (1982). Sin embargo, Crofts *et al* (1971) indica 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, y que se refiere a los cambios experimentados por la planta durante su crecimiento.

El rendimiento del cultivo de tomate es influenciado por el desarrollo de cada uno de los órganos de la planta y la distribución de materia seca a éstos así por su eficiencia fotosintética, por lo que el análisis de los índices de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), la tasa de asimilación neta (TAN), la relación de área foliar (RAF), el área foliar específica (AFE), etc. Son de gran utilidad para conocer como un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra o bien, detectar diferencia entre variedades cultivadas bajo las mismas condiciones ambientales. El rendimiento de los cultivos puede incrementarse de varias formas: a través del incremento de la materia seca total (biomasa), del índice de cosecha, o de ambos (Gardner *et al.*, 1985) en estudios sobre el crecimiento y desarrollo del algodón se ha

encontrado que las diferencias en rendimiento entre cultivares se debe al tamaño de la demanda en sus órganos reproductivos (número y tamaño), mas que a su capacidad fotosintética o al 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 (Meredith y Wells, 1989); es decir, con aumentos 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 de crecimiento del cultivo (TCC) y la tasa relativa de crecimiento (TRC), especialmente hacia la formación de fibra.

Los índices de crecimiento se utilizan para explicar el rendimiento de los cultivos a través de la formación y acumulación de biomasa (producción de materia neta) que es la cantidad de materia fotosintetizada menos las perdidas por respiración (Roberts *et al.*, 1985). En algodón, se ha utilizado el análisis de crecimiento para caracterizar y conocer la eficiencia fotosintética de nuevas variedades en relación con variedades ya existentes, y lo mismo sucede en el cultivo de tomate.

### ***1.1 Objetivos***

Monitorear y evaluar la nutrición de N, P y K a los 20, 40 y 60 días después del trasplante en planta de tomate en invernadero.

Comparar los niveles de nitratos N, P y K en tomate con fertilización inorgánica y fertilización orgánica.

Sustentar con análisis de crecimiento los niveles de nitratos en ambas fertilizaciones.

### ***1.2 Hipótesis***

Ho: La fertilización inorgánica base N, P, K, y orgánica base 20, 20.5 y 25 de té de vermicompost tiene efectos diferentes en respuesta al primer corte de tomate.

Ha: El tomate sin suelo en invernadero con fertilización inorgánica, sus niveles de N, P y K en la planta es de suficiencia, así también los de una fertilización orgánica por lo que sus rendimientos y calidad del fruto son similares.

### ***1.3 Metas***

Contar con información de las necesidades nutricionales del tomate bajo condiciones de invernadero utilizando como sustrato perlita.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

El tomate es un cultivo de gran valor comercial y una enorme importancia mundial , por la aceptación general de fruto en la alimentación y su utilización en forma muy variada, además excelentes cualidades organolépticas, su alto valor nutricional, contenido de vitamina C y licopeno. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son lo menos perecederos y más resistentes a daños de transporte (Berenguer, 2003; Cazares, 1984).

#### 2.1.1 Origen

El lugar de origen del género *lycopersicon* es de la región Andina, la cual se extiende desde el norte de Chile al sur de Colombia y de la costa del pacífico (incluidas las Galápagos) a las estribaciones orientales de los Anden. Hay muchas especies superpuestas, pero no se han encontrado pruebas de introgresión natural, con la excepción de *L. Pinpinellifolium* y *L. esculentum* var. *Cerasiforme*, el único *Lycopersicon* silvestre en forma de mala hierba que se encuentra fuera del área de distribución del genero (Esquinas y Nuez, 1999).

El vocablo tomate procede del náhuatl tomatl, aplicado genéricamente para las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Williams, 1990).

## 2.1.2 Clasificación taxonómica del tomate

Esquinas y Nuez (1999) la taxonomía del tomate es la siguiente:

**Nombre común:** tomate o jitomate

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

**Clase:** Dicotiledóneas

**Orden:** Solanes (personatae)

**Familia:** Solanácea

**Tribu:** Solaneae

**Género:** *Lycopersicon*

**Especie:** *esculentum*

## 2.1.3 Característica morfología del tomate

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

### 2.1.3.1 Semilla

La semilla del tomate tiene una forma lenticular con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o

cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, 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 esta constituida por un tejido duro e impermeable. (Nuez ,2001).

### **2.1.3.2 Raíz**

El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. Este sistema es de tipo fibroso y robusto consta de una raíz principal típica de origen seminal que es (corta y débil) y numerosas raíces secundarias (numerosas y potentes) y terciarias; la raíz principal va desde 60 cm, aunque pueda alcanzar hasta 1.8 m de profundidad ,sin embargo , cuando la planta se propaga mediante trasplante ,como sucede generalmente ,la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo, tienden a tomar raíces adventicias (Garza, 1985; Valadéz ,1990.)

### **2.1.3.3 Tallo**

El tallo típico tiene 2 - 4 cm de diámetro en la base, dependiendo de la variedad y el genotipo y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de esta se encuentra el cortex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más

internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo. La capa cortical mas interna es la endodermis (Nuez, 2001).

Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosas en las plantas maduras, alcanzan alturas de 0.40 a 2.0 m, presentando un crecimiento simpódico en el tallo del tomate, es inicialmente erecto, pero al crecer, y debido a su poca consistencia, queda rastrero, siendo necesario su manejo con tutores cuando se cultiva en invernadero (Valadéz 1990).

#### **2.1.3.4 Hoja**

León y Arosemena (1980). Describen que las hojas son grandes compuestas y divididas, de diferentes tonos de color verde y de distintas formas, según la variedad. En las axilas de las hojas se forman las yemas que producen tallos secundarios.

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

#### **2.1.3.5 Flor**

Edmond (1981), reporta que la flor de las diversas especies de tomate es de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco pétalos y cinco sépalos, respectivamente. Las anteras que contienen el polen se encuentran unidas formando un tubo de cuello angosto que rodea y cubre el

pistilo y estigma, dicho arreglo asegura el mecanismo de autofecundación, ya que el polen se libera de la parte inferior de la antera.

Edmond, *et al* (1984) afirman que las flores nacen en racimos tanto en el tallo principal como en las ramas laterales. El número de racimos varia de 4 a 100, dependiendo del tipo de y la variedad. En muy raras ocasiones las flores son fecundadas por polen extraño, y cuando esto sucede se debe principalmente a que en algunas variedades el pistilo es mas largo que los estambres.

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bipara y cima múltipara, pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. Normalmente el tipo simple se encuentra en la parte baja de la planta predominando el tipo compuesto en la parte superior. Cuando las inflorescencias se alternan cada una o dos hojas se dice que son de crecimiento determinado y cuando lo hacen cada tres o cuatro se dice que son de crecimiento indeterminado. Normalmente en las primeras predomina el porte bajo y la precocidad y en las segundas el porte alto y que son mas tardías. (Rodríguez *et. al.*, 1997). Las flores individuales tienen un cáliz verde, una corola amarillo azufrado cinco o más estambres y un solo pistilo súpero. En su mayor parte son autopolinizados, (Edmond 1981).

#### **2.1.3.6 Fruto**

El fruto del tomate pertenece a los frutos simples, carnosos, indehiscentes y polispermos, y por lo tanto es una baya. Su forma, tamaño y color son variables,

su superficie es lisa y está formado por un epicarpio delgado y un poco resistente y brillante al exterior antes de la maduración. Su olor es aromático y característico, y el sabor agridulce (Tiscornia, 1989).

## **2.2 Plagas y enfermedades**

### **Plagas**

#### **2.2.1 Mosca blanca**

Ortega (1999) indica que a nivel mundial se reportaron 1,200 especies, incluidas en 126 géneros; sin embargo, en México solo son reconocidas como especies de importancia económica *Bemisia tabaci* (Genn.), *Trialeurodes vaporariorum* (West) y *Bemisia argentifolii* (bellows & perring).

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

#### **2.2.2 Pulgón**

*Aphis gossypii* (Sulzer) (HOMOPTERA: APHIDIDAE) y *Myzuz persicae*

(Glover) (HOMOPTERA: APHIDIDAE). Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. (Infoagro, 2003).

### 2.2.3 Ácaro del bronceado

*Aculops lycopersici* (Masse) es una plaga exclusiva del tomate. Sus síntomas son: bronceado o herrumbre primero en el tallo y posteriormente en las hojas e incluso frutos. Evoluciona de forma ascendente desde la parte basal de la planta. Aparece por focos y se dispersa de forma mecánica favorecida por las altas temperaturas y baja humedad ambiental. Para alimentarse, con su estilete inyecta saliva y absorbe el contenido de la célula (Lacasa y Contreras, 2001).

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

Gispert (1987) realizó un estudio para ver la influencia del riego en las fluctuaciones de la población del ácaro (*Aculops lycopersici* Masse) en tomate bajo condiciones de invernadero e indica que con la aplicación de riego abundante se mantiene reducida la densidad de *Aculops lycopersici* en plantas

de tomate, mientras que en las desarrolladas bajo niveles menores de riego se favorece el aumento notable de la población de ácaros y el daño ocasionado a estas plantas fue mas severo.

#### **2.2.4 Araña roja**

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

Además, los primeros síntomas de su daño se desarrollan en el envés de las hojas mas jóvenes donde se nutre con los estiletes bucales haciendo que se vacíen el contenido celular causando decoloraciones, la aparición de puntuaciones cloróticas o manchas amarillentas. Con mayores poblaciones produce desecación o incluso defoliación. Los ataques mas graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga.(Alpi y Tognoni, 1999).

#### **2.2.5 Gusano alfiler**

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

En estado adulto es una palomilla pequeña de color blanco grisáceo con y flecos abundantes escamas. La coloración larval varia de verde – pálido a

rosado posteriormente adquiere un color grisáceo. La ovoposición se realiza individualmente sobre las hojas inmediatamente superiores a las inflorescencias. En altas infestaciones son colocadas hasta en tallos y frutos. Las larvas de 1º y 2º instar al emerger inmediatamente se introducen en el parénquima foliar formando una empanada, que le sirve de protección dificultando con está la acción del insecticida. Cuando hay presencia de frutos en el 3º y 4º instar los barrenan por el pedúnculo para alimentarse de su interior (Alvarado y Trumble, 1999).

### **2.2.6 Minador de la hoja**

*Lyriomiza spp* (DIPTERA: AGROMYZIDAE). Las hembras adultas realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías. La forma de las galerías es diferente entre especies y cultivos. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar, en el suelo o en las hojas, para dar lugar posteriormente, a los adultos ( Alpi yTognoni, 1999; Alvarado y Trumble, 1999, Lacasa y Contreras, 1999).

## **2.3 Enfermedades**

### **2.3.1 Cenicilla**

*Oidiopsis sícula Scalia*; fase sexual, *Leiveillula taurica* (Lev.) G. Arnaud; fase asexual *Oidiopsis taurica* E.S. Salomón. Los conidios de *L. Taurica* pueden germinar a temperatura de 10 a 35 °C. Bajo condiciones de invernadero, la

infección es favorecida a temperaturas menores de 30 °C. Las conidias germinan produciendo tubos germinativos cortos que penetran a través de los estomas. En la región mesofílica de la hoja, se desarrolla un crecimiento profuso de micelio intercelular inmediatamente después de la penetración. Los conidióforos emergen a través de los estomas y producen conidias de forma individual que son transportadas por el viento. Una vez que la infección se ha establecido en una hoja de tomate, las temperaturas superiores a 30 °C pueden acelerar tanto el desarrollo de los síntomas como la muerte del tejido foliar (Paulus y Correl, 2001).

### **2.3.2 Tizón tardío**

Sánchez (2001) menciona que esta enfermedad es considerada la enfermedad más destructiva del tomate y la papa. El patógeno que la produce tiene una capacidad de diseminarse y reproducirse rápida y abundantemente. Es la típica enfermedad causante de epifitias, cuyo daño pueden llegar a niveles catastróficos, por lo que la enfermedad puede afectar rápidamente todos los tejidos aéreos de la planta.

### **2.3.3 Tizón temprano**

Sánchez (2001) dice que es una de las enfermedades más importantes del cultivo del tomate, debido a que puede afectarlo en cualquier etapa de su desarrollo, y es capaz de infestar cualquier órgano de la planta, desde la base del tallo, pecíolos, hojas, frutos y frutos; por lo tanto los primeros síntomas

ocurren en las hojas viejas y consisten en pequeñas lesiones irregulares de color café oscuro.

#### **2.3.4 Damping off o secadera de plántula**

Esta enfermedad es un problema fuerte en plántulas desde la preemergencia hasta un mes de edad. Las plántulas se pueden marchitar rápidamente causando una drástica reducción de la población. Esto obliga a efectuar labores de resiembra y afecta la programación de planteo, Sánchez (2001). También menciona que las semillas se pueden pudrir antes de la emergencia dando la apariencia de fallas de germinación.

La enfermedad puede ser causada por un complejo de hongos que incluyen a *Phytium*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* y *Fusarium*.

Damping off o secadera de plántula tiende a ser más severa bajo condiciones de alta del suelo, compactación, ventilación deficiente y ambiente húmedo, nublado y fresco, (Sánchez (2001).

### **2.4 Otras alteraciones en tomate**

#### **2.4.1 Golpe de sol**

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

### **2.4.2 Rajado de frutos**

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

### **2.4.3 Jaspeado del fruto**

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

## **2.5 Índice de cosecha y calidad**

### **2.5.1 Generalidades**

La recolección es una operación cultural de la mayor importancia porque, por un lado su costo es muy elevado (en algunos casos alcanza el 50 -60 % del costo total del cultivo) y por el otro tiene una influencia considerable sobre la calidad del producto que se presenta a la industria y al consumidor (Rodríguez, 2002).

Según Trevor *et al.* (2002) mencionan lo siguiente: Sobre las normas para cosechar tomates: la mínima madurez para cosechar es verde maduro 2, Mature

Green 2 y se define en términos de la estructura interna del fruto; el material gelatinoso está presente en al menos un lóbulo y se está formando en otros.

La maduración del tomate comprende una serie de cambios físicos y químicos que ocurren en el fruto fisiológicamente dando lugar a un producto atractivo por su apariencia externa, aroma y sabor. Dentro del proceso madurativo, también se destaca la degradación del almidón y el aumento de los azúcares reductores, mientras que los ácidos orgánicos disminuyen (Wills et al. 1989).

Como típico fruto climatérico, la producción de etileno se incrementa con el avance de la maduración (Murray y Yommi, 1995). La maduración normal se ve severamente afectada cuando los frutos se cosechan en el estado verde Maduro 2(VM2). La mínima madurez de cosecha corresponde a la clase rosa (pink) (estado 4 de la tabla patrón de color utilizada por United States Department of Agricultura, (USDA); en este estado más del 30% pero no más del 60% de la superficie de la fruta muestra un color rosa-rojo.) la mayor vida de anaquel se debe en parte, a la presencia de los genes rin o nor.

### **2.5.2 Calidad de fruto.**

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

Trevor Cantewell, (2002). La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de

crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor del grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial.

Trevor y Cantwell (2002) mencionan lo siguiente.

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

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

### **2.5.3 Sólidos solubles**

Las sustancias solubles en agua, reflejan la cantidad de sólidos totales que contienen los frutos en porcentaje. A mayor grado °brix es más deseable, porque un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, (Osuna, 1983) encontró una relación directa entre sólidos solubles y firmeza; a mayor concentración de sólidos, mayor la firmeza (Osuna, 1983).

(Osuna, 1983), en manejo de cultivo intensivo con suelo, hace referencia a lo siguiente: el contenido de azúcares, ácidos y sus interacciones determinan el sabor del tomate. Valores de pH inferiores a 4.4 y °brix contenido de azúcares al 4 – 4.5 % son necesarios para un buen sabor. En condiciones de baja radiación y temperatura como ocurre en cultivo en invernadero, donde las condiciones en materia seca del fruto pueden ser inferiores al 3.5 %, resulta difícil alcanzar esos mínimos de azúcares requeridos para un buen sabor (Castilla, 2001).

Cuartero *et al.*, (1999), indican que la salinidad afecta el sabor de los frutos al influir en la concentración de azúcares y ácidos, el recomienda 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.

## **2.6 Invernadero.**

### **2.6.1 Generalidades.**

Un invernadero se define como una construcción cubierta artificialmente, con materiales ligeros y transparentes, con el objeto de proveer un medio 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 las plantas de origen climático diferente del ambiente natural donde se desea cultivarlas (Rodríguez y Jiménez, 2002).

El invernadero resulta una herramienta útil para la producción de verduras y plantas ornamentales. También permite aprovechar pequeñas superficies que por medio de la protección duplican la cantidad de producción; ayudando así al ahorro familiar, incluso fuera de la estación, amortiguando el impacto climático (Sánchez y Favela ,2000).

Para una mayor durabilidad del invernadero es necesario tener una buena construcción y así evitar roturas o reparaciones previsibles. Para lograr esto es necesario considerar aspectos como la nivelación, soporte, ubicación y

orientación, dependiendo del tamaño y tipo de invernadero entre otras cosas. (Sánchez y Favela, 2000).

Hay que tener en cuenta que como herramienta de producción el invernadero exige algunas condiciones para maximizar su aprovechamiento. Consideramos para ello la transparencia, la ventilación, la fortaleza y la operatividad (Sánchez y Favela 2000).

En infoagro (2004) menciona lo siguiente sobre la conformación estructural de los invernaderos y que se pueden clasificar en:

- Planos o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétricos
- Capilla (a dos aguas, a un agua).
- Doble capilla
- Tipo túnel o semicilíndrico
- De cristal o tipo venlo.

### **2.6.2 Exigencias de clima**

El manejo de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto (Castilla 1999 y Sade1998).

Los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes:

### **2.6.3 Ventilación**

La posibilidad de circulación del aire que se calienta por acción de la energía solar favorece el control de humedad y temperatura del efecto del invernadero. Estas condiciones variaran de acuerdo a la estación y cultivo. (Infoagro, 2004).

### **2.6.4 Transparencia**

Es importante permitir el mayor paso de luz a través de las paredes y techo, para ofrecer a las plantas mayor energía calorífica y luminosidad para su crecimiento y elaboración de fotosíntesis. En la luz incide directamente la transparencia del material de cobertura y la sombra de la estructura que hace de soporte (infoagro, 2004).

### **2.6.5 Temperatura**

(Sade ,1998), la temperatura es uno de los factores climáticos primordiales que se deben de controlar un invernadero. Es un factor fundamental para la actividad metabólica y el crecimiento de los vegetales. A temperaturas excesivas, más de 35 °C, las plantas detienen su crecimiento y su floración, mientras que a temperaturas inferiores a 10 °C, originan problemas en el desarrollo y la 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 y valores cercanos a 10 °C y superiores a 30 °C, originan tonalidades

amarillas, (Sade ,1998). Los cuatro factores que permiten reducir la temperatura son: la reducción de la radiación solar que llega al cultivo, la ventilación, la refrigeración por medio del agua en sus diferentes formas y la evaporación del cultivo.

### **2.6.7 Humedad relativa.**

La humedad relativa se define como la tensión actual de vapor entre la tensión saturada de la misma masa de aire, y se expresa en porcentaje, se mide con los siguientes aparatos: higrómetros e hidrógrafos (Francescangeli, 1998).

La humedad relativa (HR) del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuajado. (Infoagro, 2004).

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para su desarrollo como lo es el caso del tomate que requiere del 50 – 60 %.Y cuando la humedad está por debajo del porcentaje requerido, empiezan a deshidratarse los tejidos, hay menor desarrollo vegetativo debido al cierre de estomas, deficiente fecundación y caída de flores (Burgueño, 2001).

### **2.6.8 Iluminación**

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe de aumentar la temperatura, la humedad relativa, el CO<sub>2</sub>, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para mejorar la luminosidad del invernadero se usan los siguientes medios (infoagro, 2004).

- Materiales de cubierta con buena transparencia.
- Orientación adecuada del invernadero.
- Materiales que reduzcan el mínimo las sombras inferiores.
- Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas.
- Acolchados del suelo con plástico blanco.

En verano para reducir la luminosidad se emplean:

- Blanqueo de cubiertas.
- Mallas de sombrero.
- Acolchados de plástico negro.

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 (Goldberg, *et al.*1996).

### **2.6.9 Radiación**

El empleo de doble capa permanente del plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas dentro de éste, genera reducciones en la radiación interior con coincidencia 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 mas eficiente (ventanas cenitales) y evitar las prácticas que reduce la radiación (Muñoz, 2003).

La densidad de plantación, al sistema de poda y al entutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en la época invernal cuando la radiación es la limitante, por que la reducción implica una reducción lineal de cosecha (Cockhull, 1998).

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

#### **2.6.10 Contenido de CO<sub>2</sub> en el aire**

La concentración de CO<sub>2</sub>, 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

CO<sub>2</sub> en invernadero es más alta que en la atmósfera. En cuanto aumenta la intensidad lumínica inicia el proceso de fotosíntesis, y provoca una disminución rápida de CO<sub>2</sub>, que alcanza niveles muy bajos, cercanos a los 200 ppm (Alpí y Tognoni, 1999).

El CO<sub>2</sub> es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las plantas a partir del humo del calentador. Pero desgraciadamente. Las necesidades de la planta de CO<sub>2</sub> y los periodos en que se necesita la calefacción no son los mismos. Una ha de invernadero tiene alrededor de 40 000 m<sup>3</sup> de aire, es decir 14 m<sup>3</sup> ó 27 kg. De CO<sub>2</sub> para una hora de fotosíntesis a 350 w.m<sup>2</sup>, sin ventilación. Se deben inyectar de 70 a 100 kg.de CO<sub>2</sub> .hr.ha<sup>-1</sup>de invernadero (Ferreira, 2002).

### **2.6.11 Ventajas de la producción en invernaderos**

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

Según Sánchez y favela (2000) entre las ventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero destacan las siguientes.

- Precocidad

- Aumento de calidad y rendimiento.
- Producción en épocas críticas del año. O fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejor control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un cultivo al año.
- Mayor calidad de frutos, flores, y hortalizas ya que estos son mas uniformes y de mayor calidad.
- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.

### **2.6.12 Desventajas de producir en invernadero**

De igual forma Sánchez y Favela (2000), destacan que las desventajas para producir bajo condiciones de invernadero son:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal ejecutivo de alto nivel de experiencia práctica y de conocimiento teórico.
- Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes perdidas económicas.
- Es necesaria la automatización del invernadero para el control del ambiente.

### **2.7 Elección del genotipo**

Uno de los mayores atractivos que tiene el consumidor en relación a cualquier producto es la gran diversidad de la cual puede disponer a su gusto y preferencia. El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipo

muy extensa. Las preferencias son muy variadas y van en función del país, tipo de población y uso al que se le destina, (Diez 2001).

El genotipo es la constitución genética de un organismo, representada por todos los genes que posee como miembro una especie. El fenotipo es una característica observable, identificable e individualizada del organismo, que expresa un genotipo específico en un ambiente determinado (Barboza, 2004).

Los cultivos protegidos hacen que los genotipos no se comporten de la misma manera que los que se encuentran al aire libre. Uno de los factores responsables de esa diferencia es la cantidad de energía luminosa que llega a éstos. Así, a los cultivares desarrollados especialmente para invernadero se les exige que tengan aptitud de crecer, florecer, cuajar y desarrollar frutos de calidad en condiciones de baja luminosidad (Stevens y Rick, 1986). Por esa razón es muy importante el papel del ambiente en la expresión de las características hereditarias. Sin embargo, todas estas circunstancias se pueden manifestar sólo si existe un componente genético que lo determine.

### **2.7.1 Fenotipo potencial y el fenotipo real**

Barboza (2004), menciona que ninguna forma de vida se expresa más de lo que su constitución genética le permite. Conocer el genotipo de un individuo permite conocer su fenotipo potencial; sin embargo ello no es suficiente para conocer su fenotipo real, El fenotipo potencial de un individuo es el que podría tener si todo su genotipo se expresara, lo cual sería posible sólo si el individuo se desarrollara bajo las condiciones ambientales como es el invernadero para ello el

fenotipo real es el que expresa al individuo como producto de la interacción de su genotipo con el ambiente donde se ha desarrollado lo cual se puede expresar mediante la siguiente ecuación: fenotipo real =genotipo +ambiente.

### **2.7.2 Factores ambientales que afectan al fenotipo**

Según Barboza (2004) los factores que afectan al fenotipo son:

Cuando dos individuos con genotipos semejantes viven bajo condiciones ambientales diferentes, por ejemplo, alimentación, humedad, luz, temperatura, etc., manifiestan un fenotipo diferente.

- Efectos de la temperatura: cuando este efecto no se mantiene constante se producen desordenes fisiológicos o alteraciones mas evidentes en la floración, por ejemplo a temperaturas bajas no desarrolla el botón floral y a una temperatura elevada la flor se deshidrata antes de abrir; por lo que ambos casos se ve alterada la floración y por consiguientes el genotipo no se expresaría con todo su potencial genético.
- Efecto de la luz: cuando dos plántulas de maíz de genotipo similar se desarrolla una en presencia de luz y otra en ausencia de luz, se observan cambios muy marcados: la planta que se desarrolla en la oscuridad crece arrastrándose por el suelo con un tallo muy alargado, y tiene un color amarillento por la falta de clorofila.
- Efecto de los nutrientes: si una planta, vive en un suelo rico en nutrientes, su desarrollo será normal y su fruto será abundante. En cambio, si una

planta de genotipo similar vive en un suelo pobre en nutrientes, su desarrollo será atrofiado, crecerá débil y será poco fructífera. También puede variar en otras características, como color de las flores y las hojas, la altura, etc.

Diez (2001) menciona que los componentes principales de criterios de elección de un genotipo son los siguientes:

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

## **2.8 Labores culturales**

### **2.8.1 Producción de plántula**

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

### **2.8.2 Trasplante**

El trasplante debe realizarse con 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. Evitando que el cuello de la planta quede demasiado enterrado.

Belda y Lastre, 1999, recomiendan dar un riego después del trasplante y el aporcado de plantas para evitar encharcamiento en la zona del cuello.

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

### **2.8.3 Poda de formación**

La poda sirve para equilibrar la vegetación en beneficio de 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 a 3 cm de longitud, de otro modo la planta no podrá soportarlos. Cuando su brote axilar se encuentra excesivamente desarrollado formando tallos secundarios es más beneficioso limitarse a su despunte. (Anderlini 1996).

Horward (1995) agrega que los brotes que no son podados a tiempo consumen gran cantidad de energía de la planta que de alguna manera estaría destinada para un mejor crecimiento. La poda es una práctica

imprescindible par las variedades de crecimiento indeterminado, que son las comúnmente cultivadas en invernadero.

#### **2.8.4 Aporcado y rehundido**

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

#### **2.8.5 Entutorado**

Es una práctica obligatoria o imprescindible que se realiza para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad de fruto y control de las enfermedades (Horward, 1995). La planta se suspende mediante un hilo, sobre el que se va enrollando el tallo principal conforme va creciendo, a modo de carrete que permite soltar el hilo, y continuar indefinidamente con la parte productiva de la planta erguida en la misma altura (Canovas, 1993). La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto a un extremo en la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a una altura por encima de la planta de 1.8 a 2.4 m sobre el suelo. Por otro lado, Zaidan y Avidan (1997) indican que esta altura debe ser entre 2.5 y 3 m.

### **2.8.6 Desbrotado o destallado**

Esto consiste en la eliminación de brotes para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible, semanalmente en verano y otoño, y cada 10 o 15 días en invierno, para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgos es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida – bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados del cobre (Johnson y Rock, 1975).

### **2.8.7 Deshojado**

Es recomendable eliminar tanto las hojas como las hojas enfermas, con el objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos. Dichas hojas deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la posible fuente de inóculo, las hojas se desprenden arrancándolas bruscamente hacia arriba, a fin de que la cicatriz quede a nivel de tallo. Solo se quitan de 2 a 3 hojas arriba del ramillete maduro a la vez, a fin de no afectar la planta y proteger el fruto del sol lo más posible y tener un buen crecimiento vegetativo y producción de fruto (Horward, 1995).

### **2.8.8 Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos**

Este trabajo debe realizarse tan pronto como ha amarrado el numero de frutos requeridos y antes de que comience a engordar (llenar) los frutos indeseables (Horward, 1995).

### **2.8.9 Bajado de plantas**

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

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

### **2.8.10 Arreglo topológico**

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El mas frecuentemente empleado es de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m x 0.5 m. Cuando se tutoran las plantas con perchas las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando pasillos amplios para la bajado de perchas (aprox. 1.3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm (Zaidan y Avidan, 1997).

Existen métodos de hilera sencilla o doble, con un 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 y 2.5 plantas por m<sup>2</sup> (Horward, 1995). La densidad del cultivo depende del vigor de la variedad. Las densidades varían de 1.5 hasta 2.5 o 3 plantas.m<sup>3</sup>, siendo lo normal 1.9 plantas.m<sup>3</sup> según el valor varietal, fertilidad del sustrato, salinidad del suelo y del agua de riego (Escudero, 1993). Márquez y Cano (2005) mencionan una densidad de 4 plantas por metro cuadrado.

### **2.8.11 Fertirrigación**

Se entiende por fertilización la aplicación de sustancias nutritivas necesarias para 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 mantenimientos de un adecuado nivel de fertilidad general en el medio de crecimiento (Navarro, 2002).

Cadahia, (1998) indica que las principales ventajas del sistema de fertirrigación son las siguientes:

- Dosificación racional de los fertilizantes.
- Un considerable ahorro de agua.
- Utilización de aguas incluso de mala calidad.
- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimiento y calidad de los frutos.
- Control de la contaminación.
- Automatización de la fertilización.
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes.

En la fertilización 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, de la longitud del día, la temperatura y el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado de la absorción del agua aumenta significativamente. Por lo tanto la frecuencia de los ciclos tiene que ser

suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas que provoquen un estrés hídrico con lamentables consecuencias.

La duración de cualquier ciclo de riego tiene que ser suficiente para proporcionar un 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 el crecimiento e incluso una toxicidad en las plantas y su posterior muerte (Lomeli, 1999).

El valor del pH de las aguas de riego está muy condicionada por su composición iónica y, más concretamente, por la concentración de carbonatos y bicarbonatos. En la gama de valores de pH comprendida entre 6 y 6.5 la mayor parte de los elementos nutritivos están fácilmente disponibles para el cultivo. En aguas carbonatadas los valores de pH están por encima de 7 y en estos casos es necesario utilizar los carbonatos, añadiendo ácidos comerciales, generalmente ácido fosfórico o nítrico. En otros casos, y en ausencia de bicarbonatos, el valor de pH puede quedarse demasiado ácido y en este otro caso habrá de 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 de 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 de  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  de la solución de riego, si el pH se hace demasiado alcalino,

se debe aumentar la proporción de  $\text{NH}_4$  con respecto al  $\text{NO}_3$  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 de ser de 3 a 5 veces por día, según el tipo de sustrato, en las primeras dos semanas después de la plantación en el cultivo de tomate en invernadero. La frecuencia de riego ira en aumento con el desarrollo de las plantas, y alcanzará el nivel de 5 – 10 veces por día durante el máximo consumo. La lámina diaria será dividida durante el día (Zaidan y Avidan, 1997).

Estos mismos autores mencionan los requerimientos de elementos nutritivos por etapa fenológica cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1 Concentración de elementos nutritivos por planta (Zaidan y Avidan, 1997).**

Estado de la planta	N	P	K	Ca	Mg
	Elementos nutritivos ( $\text{mg L}^{-1}$ )				
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

### **2. 8.12 Polinización**

Rodríguez *et al.* (1997) mencionan que los factores que influyen en el programa de la polinización del tomate bajo invernadero son los siguientes: la calidad de la flor, la iluminación, la humedad relativa y la temperatura. 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, o bien, el uso de abejorros, siendo los mas utilizados *Bombus terrestres* y *Bombus vosnesenskii*.

## **2.9 Sustratos**

### **2.9.1 Generalidades**

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

### **2.9.2 Clasificación**

Los sustratos pueden clasificarse en grupos de acuerdo a su origen y pueden ser: naturales, industriales y artificiales (Bures, 1997).

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

### 2.9.3 Introducción

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

Según Muñoz (2003), para el caso de los sustratos inertes menciona, la arena y la perlita, siendo las siguientes características respectivas para cada material,

**Arena.** La arena es un material de naturaleza silíceo con una concentración mayor del 50% de  $\text{SiO}_2$  y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. La arena deberá estar exenta de limo, arcilla y también de carbonato de calcio. La arena posee una fracción granulométricamente comprendida entre 0.02 y 2 mm. Desde el punto de vista hortícola, se prefiere la arena con tamaño de partícula de medio a grueso (0.6 – 2 mm). La densidad de la arena es superior a  $1.5 \text{ g.cm}^{-3}$ . Su pH puede variar entre 4 y 8. Capacidad de intercambio cationico es nula o baja. La arena es el sustrato más utilizado, llegando a presentar un 60% de la superficie total bajo condiciones de hidroponia.

**Perlita.** Es un material silicio de origen volcánico y tiene la capacidad de absorber 3 veces su peso en agua, carece de capacidad de tampón y de intercambio cationico, no obstante es útil para incrementar aireación además tiene una estructura rígida y se comercializa en diferente granulometría (García, 1996). La perlita con diámetro de partículas de 0 a 1.5 mm y densidad de 80 a 90  $\text{kg.m}^{-3}$ , es la que se utiliza en semillero y también puede ser empleada para tapar la semilla. Por las características mencionadas se utilizan estos materiales como sustrato en la producción de las plántulas.

Por otro lado, actualmente los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente, han quedado enmarcados en los conceptos de sustrato. Los ecologistas han hecho hincapié en este tema, ya que muchos sustratos provienen de yacimientos naturales, afectado el número de mantos protegidos como reservas naturales, por lo que están tomando medidas para regular el uso de este tipo de sustratos. Aspectos como este han sido motivados para buscar alternas rentables sin dañar al ambiente, siendo una de ellas, es la utilización de lombrices como material biológico para producir vermicompost. (Zaidan, 1997).

#### **2.9.4 Características físicas, químicas y biológicas**

Se puede agregar muchos materiales para mejorar la textura y estructura de un medio para cultivo en recipientes, pero antes deben de entenderse sus propiedades para hacer las mezclas adecuadas. La temperatura del sustrato intervienen en el crecimiento y absorción de raíces, temperaturas inferiores a 14 °C el crecimiento se inhibe y entre 12 y 18 °C la absorción de fósforo disminuye

en un 50 %. La temperatura tiene acción directa sobre el rendimiento final y el calibre del fruto.(Chamarro, 20001).

### **2.9.5 Densidad**

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de la densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos mas el espacio poroso, y se denomina densidad aparente.

### **2.9.6 Granulometría**

También es importante que el tamaño de las partículas sea estable en el tiempo. Las partículas mayores de 0.9 mm dan lugar a poros grandes (de más de 100 micras) y conforman sustratos con poca retención de agua, aunque buena aireación.

### **2.9.7 Porosidad**

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas solidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80 - 85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones

### **2.9.8 Porosidad total**

Se define como el volumen porcentual del sustrato no ocupado por sus propias partículas. Una parte de este volumen corresponde a los poros que dan

aireación a las raíces y son los de tamaño mayor a 30 micras, llamados macro poros. El resto de la porosidad es de tamaño pequeño menores a 30 micras, llamados micro poros y ofrecen una fuerte retención de agua.

### **2.9.9 Sustrato ideal**

El sustrato ideal adecuado para el desarrollo de los cultivos, es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y elementos nutritivos en forma disponible para la planta (Bures, 1997). Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requiere las siguientes características del medio de cultivo:

#### Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones necesarias para su desarrollo.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad
- Estructura estable, que impida la contracción del sustrato.

#### Propiedades químicas:

- Baja o apreciable capacidad de intercambio cationico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanente o de modo intermitente respectivamente
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad
- Elevada capacidad de tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

### Otras propiedades:

- Libre de semillas de maleza, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Costo accesible
- Fácil de mezclar
- Fácil de desinfectar.

#### **2.9.10 Diferencias entre sustratos químicamente inertes y activos.**

Las diferencias entre los sustratos químicamente inertes y químicamente activos vienen determinadas por la capacidad de intercambio cationico o la capacidad de almacenamiento de elementos nutritivos por parte del sustrato.

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como deposito de reserva de los elementos nutritivos aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

#### **2.9.11 Tipos de sustratos.**

Castellanos (2003), menciona que los sustratos que más comúnmente se usan en horticultura protegida en los sistemas de cultivo sin suelo son:

- 1)
- 2) Lana de roca
- 3) Tezontle
- 4) Arena

- 5) Turba
- 6) Corteza de pino
- 7) Fibra de coco

### **2.9.12 pH**

(Infoagro, 2004), indica que el pH es la medida de concentración de acidez presente en la solución del sustrato que controla la disponibilidad de todos los elementos nutritivos. pH 7 es neutro, menor de 7 es ácido y mayor de 7 es alcalino o básico. El pH de la solución del sustrato depende de la especie para cultivar y es importante por que determina la disponibilidad de nutrientes para la planta. Los cultivos de invernaderos caen en 2 categorías. La mayoría crece mejor en un pH ligeramente ácido entre 6.2 a 6.8 en un medio con tierra y 5.4 a 6.0 es un medio sin tierra.

### **2.9.13 Capacidad de intercambio de cationes**

Es la capacidad de un sustrato para contener los elementos nutritivos que se encuentran en él. Sin ser lavados por el agua, por lo que están disponibles para la planta. De los tres tipos de partícula que componen el suelo, la arcilla es el único que posee carga eléctrica negativa. Esta característica es importante por que permite retener en el suelo los elementos nutritivos con carga positiva, como calcio, magnesio, potasio y nitrógeno amoniacal, entre otros (Tan, 1992).

### **2.9.14 Salinidad**

Otro aspecto de residuos orgánicos que debe considerarse para un uso sustentable del suelo es el control de la salinidad cuando se incorporaron este

tipo de residuos al suelo. El estiércol bovino puede contener mas del 10% de sales solubles; lo anterior significa que una dosis de de 100 t.ha<sup>-1</sup> de estiércol incorpora también 10 t.ha<sup>-1</sup> de sales solubles. La conductividad eléctrica (CE) del suelo aumenta de manera lineal al aumentar la dosis de aplicación (Powers *et al.*, 1974; Vásquez *et al.*, 2001).

## **2.10 Producción de tomate en invernadero**

La producción de hortalizas en invernadero ha sido desarrollada en diferentes países, tales como Holanda, España e Israel, en donde se ha establecido este nuevo sistema de producción con ventajas competitivas que han impactado la economía del sector agrícola en forma significativa. En México se reporta que los primeros invernaderos con interés comercial fueron instalados en el Estado de México por inmigrantes alemanes y japoneses, (Zaidan, 1997.

## **2.11 Agricultura orgánica**

### **2.11.1 Concepto**

Comúnmente el término orgánico se utiliza para designar los compuestos complejos del carbono; pero en agricultura orgánica, se califica en el sentido más amplio, los materiales compuestos, total o principalmente de sustancias de origen animal o vegetal. (FIRA, 2003).

### **2.11.2 Producción de tomate orgánico en invernadero**

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de 10 t.ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2005), sin embargo si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio - costo. Producir en invernadero, se obtienen 5 veces mas que lo obtenido en campo, Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89.64 t.ha<sup>-1</sup>, en composta mas arena sin fertilizar, donde superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo 8.96 veces Tuzel y Yagmar (2003), mencionan que se obtuvieron los rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a 90 t.ha<sup>-1</sup>, en otoño, mientras que en primavera se obtuvieron desde 126 a 162 t.ha<sup>-1</sup>.

El principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la fertilización. Dodson *et al.* (2002), Mencionan que de no efectuarse un efectivo control de plagas y patógenos, éstos pueden llevar al exterminio total, lo anterior origina que la mayoría de los productos agroquímicos se apliquen de manera preventiva y continua, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, originando que el fruto lleve altas cantidades de residuos de agroquímicos, los cuales son monitoreados minuciosamente al pretender ser exportados con la consecuencia del rechazo del producto; cabe señalar que la fertirrigación no es admitida en el manejo orgánico, debido a la aplicación de fertilizantes químicos (NOM.037 FITO,1995; NOP,2004; FAO, 2001); aunado a lo anterior, además de contaminar de agroquímicos al fruto, el costo de los insumos por este rubro, incrementa considerablemente, los costos de producción del

cultivo, Castellanos (2003) una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses.

### **2.11.3 Importancia del vermicompost para el desarrollo de los cultivos**

Como resultado de la actividad de las lombrices sobre los desechos se genera la vermicompost, la cual puede utilizarse como sustrato para el desarrollo de las especies vegetales en invernaderos. El vermicompost - lombricompost o humus de lombriz - se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (**MC**) para especies vegetales que se desarrollan en invernaderos.

El vermicompost un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque, su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la capacidad de intercambio cationico (CIC) de los suelos. Favorece e incrementa la actividad biótica del suelo. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos. Se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nematodos. Los ácidos húmicos y fúlvicos

que contiene regeneran las características químicas del suelo. Posee un pH neutro. Mejora las características estructurales del terreno, desliga suelos arcillosos y agrega suelos arenosos. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Amortigua el efecto de los compuestos químicos aplicados al suelo. Aumenta la retención hídrica de los suelos (4 – 27%) disminuyendo el consumo de agua por los cultivos.

#### **2.11.4 Beneficio del manejo de lombrices y la aplicación de vermicompost.**

La aplicación de vermicompost, mezclado con medios estándares y medios de alta calidad de crecimiento, provocó un incremento significativo del crecimiento de la planta. Una tendencia consistente e interesante de estos ensayos es que la mejor respuesta ocurre cuando el vermicompost constituye de 10 a 20% del volumen del medio de crecimiento con una mayor proporción no siempre se mejoró el crecimiento de las plantas. En algunos casos, aún con tan sólo el 5% del vermicompost en la mezcla utilizada, se obtuvieron respuestas significativas, esto permite suponer que los resultados obtenidos fueron simplemente una función del contenido de elementos minerales en el vermicompost quizá relacionada con el incremento de la disponibilidad de los microelementos, con la presencia de reguladores de crecimiento de la planta, o con la actividad de los microorganismos benéficos dentro del vermicompost (Subler *et al.*, 1998).

En la comparación de dos genotipos de tomate - Adela y André – desarrollados en diferentes mezclas de vermicompost: arena (**VC:A**; %:%, en base peso) vs sustrato con arena y solución nutritiva, en invernadero, se destacó lo siguiente, para el genotipo André: a) el rendimiento fue  $17.05 \text{ kg.m}^{-1}$ , con la mezcla 12.5:87.5 (%:%) aunque resultó estadísticamente igual ( $P < 0.05$ ) al testigo,  $15.10 \text{ kg.m}^{-1}$ , lo superó en un 11.43%; b) con la misma mezcla se obtuvieron los valores promedio significativamente más altos para las variables de calidad: número de lóculos (5), sólidos solubles ( $6.2^\circ$  Brix), diámetro ecuatorial (7.47 cm) y peso de fruto ( $224.71 \text{ g fruto}^{-1}$ ); c) en el caso del diámetro polar (6.5 cm) esta mezcla sólo fue superada por la mezcla 50:50 (%:%) donde se obtuvo un valor de 6.9 cm; y d) con respecto al espesor de pulpa los diferentes tratamientos fueron estadísticamente iguales con un promedio de 0.8 cm. Los resultados sugieren que la fertilización del genotipo André, a través de la solución nutritiva, puede ser sustituida con la aplicación de vermicompost en el medio de crecimiento (Moreno – Reséndez *et al.*, 2005).

### **2.1.2 Monitoreo de la nutrición del cultivo del tomate**

El análisis vegetal es actualmente la herramienta más integral para diagnosticar el estado nutrimental tanto de cultivos anuales como perennes (Dow y Roberts 1982), existen dos estrategias para monitorear la nutrición del cultivo: una es en el extracto celular del pecíolo y la otra es en la hoja más recientemente madura.

### **2.13 Análisis de extracto celular de pecíolo (EPC)**

El pecíolo como órgano de diagnóstico es un ejemplo de las relaciones entre contenidos nutrimentales de la planta y sus comportamientos agronómicos. Nitrógeno, fósforo y potasio son tres elementos que pueden ser diagnosticados con mucha precisión en este órgano de muestreo, toda vez que se definan los niveles adecuados en función del estadio de desarrollo (Westcott et al., 1993; Rosen et al., 1996; Locasio *et al.*, 1997; He *et al.*, 1998).

El status de N-NO<sub>3</sub>, P y K en extracto celular de pecíolo resulta de gran utilidad, pues son los elementos nutritivos más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos, particularmente las hortalizas por lo que esta herramienta de diagnóstico viene a ser de gran utilidad, aun cuando se utilice solamente para diagnosticar 3 de los 14 elementos nutritivos minerales esenciales para la nutrición del cultivo (Marschner ,1996). La técnica de análisis de nitratos y potasio en extracto celular de pecíolo mediante el uso de equipo portátil de electrodos específicos llamados Cardi, ha sido estudiada ampliamente y corroborada mediante el uso de equipo científico de laboratorio (Rosen *et al.*, 1996). La ventaja del electrodo de iones específicos que se usa el equipo Cardi, es que no requiere de reactivos y esto hace el análisis más económico, pues solo se usa una solución estándar que sirve para establecer la linealidad de la lectura del aparato. Esta técnica no requiere de dilución en el caso de nitratos a ningún rango de concentración, pero en el caso de potasio, a niveles mayores a 5000 ppm de K es necesario hacer diluciones en sulfato de aluminio 0.07 M. Sin embargo es difícil encontrar estas concentraciones tan altas en la mayoría de los cultivos, por lo que la lectura

directa de ambas determinaciones sin necesidad de hacer diluciones arroja resultados confiables. Esta técnica ofrece muchas posibilidades para conseguir un rápido y eficiente diagnóstico conjuntamente con la técnica de análisis foliar, de esta manera será posible tomar medidas correctivas en un tiempo muy breve sin afectar, el desarrollo del cultivo y conseguir los máximos rendimientos.

En cuanto al muestreo se deberá tomarse la hoja más recientemente madura, de arriba hacia abajo y a ésta se le eliminarán los folíolos, en el caso de tomate o la lámina, en el caso de otros cultivos con hojas simples.

La muestra de peciolo se lleva de inmediato a la prensa para obtener su extracto o bien llevar al congelador para que se congele por unas horas y se facilite la extracción del jugo celular y se lea la concentración de estos elementos. En cuanto a los valores de referencia en extracto celular de peciolo para tomate de invernadero se han reportado muy pocos trabajos, la Universidad de Florida sugiere niveles de: N-NO<sub>3</sub> del orden de 1000 a 1200 mg.L<sup>-1</sup> y 4500 a 5000 mg.L<sup>-1</sup> de K, en las etapas iniciales que van del trasplante a los 45 días; niveles de 800 a 1000 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> y 4000 a 5000 mg.L<sup>-1</sup> de K para la etapa de engorde de frutos y de 700 - 900 mg.L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub> y 3500 a 4000 mg.L<sup>-1</sup> de K durante toda la etapa de cosecha del tomate. Estos valores deben tomarse con precaución, pues aun deben ser validados mediante investigación en México.

En base a muestreos realizados en invernaderos comerciales de Guanajuato en el cultivo de tomate, sugerimos usar estos niveles de N, P y K

para extracto celular de peciolo (ECP) de tomate para las diferentes etapas de desarrollo que se presentan en el cuadro. Reiteramos que estos niveles son preliminares y que deberán ser corroborados mediante investigación formal en los próximos años.

**Cuadro 2.2 Niveles de referencia en extracto celular de peciolo en el cultivo de tomate de invernadero.**

<b>DDT</b>	<b>N-NO3</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
	<b>ppm</b>		
<b>15</b>	<b>500 - 800</b>	<b>200 - 400</b>	<b>3000 – 4000</b>
<b>30</b>	<b>500 - 800</b>	<b>200 - 400</b>	<b>3000 – 4000</b>
<b>45</b>	<b>400 -800</b>	<b>200 - 400</b>	<b>3000 – 4000</b>
<b>Cosecha</b>	<b>400 - 800</b>	<b>200 - 400</b>	<b>3000 – 4000</b>

## **2.14 Índices de crecimiento**

### **2.14.1 Uso de la energía solar por la cobertura vegetal**

Gardner *et al.*, (1985) La materia seca total producida es un resultado de la cantidad de CO<sub>2</sub> asimilado y acumulado durante el ciclo de crecimiento del cultivo. En virtud de que el CO<sub>2</sub> asimilado depende de la radiación solar capturada y de que ésta se distribuye uniformemente sobre la tierra, los principales factores que afectan la producción de materia seca total son la cantidad de radiación solar absorbida y la eficiencia con que ésta es utilizada

para la fijación del CO<sub>2</sub>. Estudios de laboratorio han proporcionado información detallada sobre la asimilación de CO<sub>2</sub> en plantas individuales sin embargo, es muy escasa la información sobre la asimilación de CO<sub>2</sub> en una comunidad de plantas. La razón es que en una comunidad de plantas los factores ambientales (micro y macro ambientales) cambian constantemente (los cambios estacionales en la irradiación, fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua, concentración de CO<sub>2</sub>, disponibilidad de elementos nutritivos, etc.), y a que las plantas responden de muy diferentes maneras a las complejidades ambientales de un cultivo. Para que un cultivo utilice eficientemente la radiación solar, ésta debe ser absorbida por el tejido fotosintético, donde las hojas constituyen los principales órganos que absorben luz y la procesan.

Factores que influyen en el uso de la luz por la superficie del cultivo.

- Área foliar total.
- Eficiencia de la cobertura vegetal en la interceptación de luz.
- Duración del área foliar.
- Duración de la exposición. (Hrs.de luz diaria x longitud del ciclo de cultivo).
- Factores que modifican el área foliar y su eficiencia.

El rendimiento del cultivo de tomate es influenciado por el desarrollo de cada uno de los órganos de la planta y la distribución de materia seca a éstos así por su eficiencia fotosintética, por lo que el análisis de los índices de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc. Son de gran utilidad para conocer como un ambiente o practica de manejo afecta la

eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra o bien, detectar diferencia entre variedades cultivadas bajo las mismas condiciones ambientales. El rendimiento de los cultivos puede incrementarse de varias formas: a través del incremento de la materia seca total (biomasa), del índice de cosecha, o de ambos (Gardner *et al.*, 1985) en estudios sobre el crecimiento y desarrollo del algodón se ha encontrado que las diferencias en rendimiento entre cultivares se debe al tamaño de la demanda en sus órganos reproductivos (número y tamaño), más que a su capacidad fotosintética o al 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 mas carbohidratos a los órganos reproductivos (Meredith y Wells, 1989); es decir, con aumentos 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.

Los índices de crecimiento se utilizan para explicar el rendimiento de los cultivos a través de la formación y acumulación de biomasa (producción de materia neta) que es la cantidad de materia fotosintetizada menos las perdidas por respiración (Arturo G.M. *et al*, 2001).

El concepto de área foliar fue acuñado por Watson en 1952; Brougham en 1956 y Nichiporovich en 1960. Nichiporovich considera que hay un área foliar óptima para cada cultivo. Una manera de medir el área foliar existente es el Índice de Área Foliar (IAF), el cual expresa la cantidad de área foliar disponible para la fotosíntesis:

$IAF = \text{Área foliar del cultivo} / \text{unidad de área ocupada.}$

El índice de área foliar durante el crecimiento debe ser el suficiente para capturar la mayor radiación solar posible. Debe de ser de una magnitud tal que evite el parasitismo. Las hojas superiores reciben la radiación directamente y las hojas inferiores al estar sombreadas, reciben poca luz. Si estas hojas respiran se afecta la fotosíntesis neta y pueden llegar a ser parásitas. El IAF debe ser el adecuado a las condiciones y propósitos para los cuales la especie es cultivada. En productividad, la máxima área foliar no es la óptima. El IAF óptimo o IAF crítico, es el área foliar requerida para captar el 95 % de la luz solar al mediodía. En muchos cultivos no se satura la cobertura vegetal y aún la hoja misma no llega a saturarse. En esto influye en la angulación y el patrón de orientación de la hoja.

Con un IAF bajo las hojas dispuestas horizontalmente son más eficientes. Con un alto IAF las hojas dispuestas verticalmente son más eficientes. En estas hojas hay una mayor penetración de luz dentro de la cobertura vegetal. Para el fitomejorador una planta eficiente para la producción de frutos debe contar con entrenudos cortos, hojas pequeñas para evitar el sombreado y permitir que la luz penetre lo más dentro posible de la planta.

## 2.14.2 Técnicas para medir la eficiencia fotosintética

### **Análisis del crecimiento**

Fogg, (1967), frecuentemente se necesita conocer algo más que el resultado final. Los eventos que ocurren a lo largo del crecimiento de las plantas pueden tener una gran influencia en dicho resultado. El análisis de crecimiento, al integrar la acumulación neta de fotosintatos a través del tiempo, permite conocer la relación existente entre el desarrollo de la planta y los factores que influyen en el rendimiento. En el análisis de crecimiento, el crecimiento se define como el incremento en peso seco de una planta o de una comunidad de plantas. Los valores primarios en que se basan los análisis de crecimiento (área foliar y peso seco) son fáciles de obtener y no se requiere equipo sofisticado. Los valores primarios se obtienen de la cosecha destructiva de un grupo de plantas o parcelas.

**Valores primarios.** Los valores primarios considerados son el peso seco total de la planta o de sus partes (tallos, ramas, hojas, fructificaciones) y el área foliar. Estos valores se obtienen en ciertos intervalos de tiempo durante el crecimiento del cultivo. Con esta información se calculan varios índices que describen el crecimiento de las plantas y de sus partes, así como la relación existente entre el aparato fotosintético y la producción de materia seca.

La actividad fotosintética laminar y el crecimiento están estrechamente relacionados, ya que según lo reportado por Fogg (1967), la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja u

órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de estos tejidos. Al mismo tiempo, el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final (Barraza, 2000).

### 2.14.3 Técnicas para la obtención de los valores primarios

Arturo G.M, *et al.*, (2001) Para la obtención del peso seco de las muestras se debe de evitar el sub- y el sobre secado. Las muestras se llevan a peso seco en estufa de secado a una temperatura de 70° C por un término de 72 horas. Para determinar el área foliar de una hoja o de una planta se pueden utilizar varios métodos:

- 1). Se traza el contorno de la hoja en papel milimétrico y luego se cuentan los cuadros.
- 2). Dibujar el contorno de la hoja en papel ordinario o fotocopiar la hoja y luego cortarla y pesar las impresiones para conocer la relación área/peso.
- 3). Por medio de un planímetro.
- 4). En la actualidad el método más común es el uso de aparatos con celdas fotoeléctricas que determinan directamente el área foliar de las hojas.
- 5). Por medio de un análisis de regresión lineal:  $\text{área} = a + b (l \times w)$ , donde  $b$  = pendiente,  $l$  = longitud de la hoja y  $w$  = ancho de la hoja.

**Duración del Área Foliar (DAF):** Expresa el tiempo, en días o unidades calor, que dura activo el aparato fotosintético. La DAF toma en cuenta la duración y la magnitud del aparato fotosintético.

$$\text{DAF Media} = (\text{IAF}_2 + \text{IAF}_1 / 2) \times t_2 - t_1, \text{ días.}$$

Generalmente la DAF correlaciona con el rendimiento ya que mientras más radiación solar se capte mayor será la producción de materia seca.

**Relación de área foliar (RAF):** que es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta, y es el producto de los valores de área foliar específica y de la relación de peso seco foliar.

$$RAF = (AF / PS \text{ AF}) (PSAF / PS) = AF / PS, (\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$$

DONDE: =AF/PS

PS = Peso seco total

AF = Peso seco del área foliar.

**Área foliar específica (AFE).** Expresa la relación existente entre el área foliar y el peso seco de la misma. En cierta forma, mide el grosor relativo de las hojas y representa la superficie foliar por gramo de hoja.

$$AFE = AF / PSAF, \text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

**Relación de peso foliar (RPF).** que determina la utilización del material asimilado para la producción de hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta.

$$RPF = PSAF / PST \text{ de la planta } (\text{g} \cdot \text{g}^{-1}).$$

**Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).** Mide el incremento en biomasa por unidad de superficie ocupada por unidad de tiempo. Es importante determinar la TC del rendimiento económico (TCRE). A la relación entre la TCC y la TCRE se le conoce como coeficiente (índice) de distribución y expresa la eficiencia en la conversión de los asimilados a rendimiento económico.

$$TCC = (PS_2 - PS_1) / A (t_2 - t_1), (g \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Donde:

A = (área donde el peso seco fue registrado o el área de terreno muestreado (generalmente 1 m<sup>2</sup>))

PS<sup>1</sup> = Peso seco de muestra 1 en t<sub>1</sub>

PS<sup>2</sup> = Peso seco de muestra 2 en t<sub>2</sub>

t<sup>1</sup> = Fecha de muestreo 1, en días después de la siembra (DDT)

t<sup>2</sup> = Fecha de muestreo 2, en días después de la siembra (DDT)

**Tasa relativa de crecimiento (TRC).** Expresa el incremento en peso seco en un intervalo de tiempo dado en relación al peso inicial.

$$TRC = \text{Log}_e PS_2 - \text{Log}_e PS_1 / t_2 - t_1, \text{ g/g/día } \text{log}_e = \text{logaritmo base natural.}$$

**Índice de área foliar (IAF),** que es el área foliar por superficie de suelo.

$$IAF = AFT/S (M^2 M^{-2})$$

Donde:

AFT = área foliar total

S = área de suelo ocupada

**Tasa de Asimilación Neta (TAN).** Indica la ganancia neta de asimilados (PS) por unidad de área foliar y tiempo. Expresa la eficiencia del área foliar de un cultivo. A medida que incrementa el IAF, disminuye el TAN es decir, disminuye la eficiencia del área foliar. Un ejemplo es el algodón tiene su máxima TAN en siete semanas, después declina.

$$TAN = (PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1) \times (\text{Log}_e AF_2 - \text{Log}_e AF_1) / (t_2 - t_1), \text{ gm}^2 \text{ día}^{-1} \text{ ó}$$

$$TAN = (PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1) ((\ln_e AF_2 - \ln_e AF_1) / (T_2 - T_1)) (\text{ gm}^2 \text{ día}^{-1})$$

La ecuación para calcular TAN asume una relación lineal entre el peso de la planta y el área foliar, esto es cierto para las primeras fases de crecimiento ya que en fases tardías la tasa de crecimiento del área foliar puede exceder a la de materia seca, o viceversa.

**Rendimiento Biológico.** Materia seca total acumulada por la planta ó por el cultivo.

**Rendimiento Económico:** Peso de las partes (órganos) de la planta que componen el producto de valor económico. El rendimiento económico no siempre correlaciona con el biológico ó con el área foliar desarrollada

**Índice de Cosecha** (Producción) = Peso del Rendimiento Económico / Peso Total del Cultivo. Es una medida de la eficiencia del cultivo. Generalmente se expresa en peso seco.

Índice de Fructificación (F) = Peso de Frutos/ Peso Total

Índice de Grano (G) = Peso de Grano/ Peso Total.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera**

La comarca lagunera se encuentra comprendida en los límites del desierto Chihuahuense, al norte del territorio nacional entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 1100 metros y con una precipitación media anual de 250 mm.

#### **3.2 Localización del experimento**

El experimento se estableció en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en frente de la carretera Periférico y Santa Fe, en el Municipio de Torreón, Coahuila. Dentro de la comarca lagunera.

#### **3.3 Tipo y condiciones del invernadero.**

El invernadero es semicircular de 200 m<sup>2</sup> con malla antiáfidos a los lados como sistema de ventilación, estructura metálica cubierto lateralmente con laminas y techo de polietileno. El sistema de enfriamiento consistió en un extractor programado automáticamente con un timer, y sin calefacción. El sistema de riego fue por goteo, las temperaturas se registraron diariamente, se colocó un termómetro en el centro del invernadero. Las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron de 34 y 12.5 C° respectivamente.

### 3.4 Genotipo

Se utilizó como semilla un híbrido de tomate que se llama Loreto (Seminis seed) es un saladett de tipo indeterminado que tiene las características de: excelente pared y firmeza en los frutos, color rojo muy atractivo, resistente a plagas y enfermedades.

### 3.5 Siembra y trasplante

La siembra se realizó el día 15 de septiembre de 2006 en charolas germinadoras de polietileno de 200 cavidades, utilizando como sustrato turba (peat moss), el trasplante se realizó el día 15 de octubre de 2006; en bolsas con una capacidad de 10 kg, llenadas de perlita como sustrato dependiendo de tratamientos orgánicos como inorgánicos. Se dispusieron a doble hilera con un arreglo de bloques completamente al azar, con una densidad de 2.8 plantas por metro cuadrado. La superficie sembrada fue de 200 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 3.1 Elementos nutritivos contenidos en el vermicompost. CELALA - INIFAP, 2005.**

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
Vermicompost			%					ppm		
	0.86	0.17	1.03	4.86	0.76	0.14	3785	22.5	92.5	2270

### 3.6 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo diseño de Bloques Completamente al azar con cuatro repeticiones manejándose líneas con dos hileras de planta por línea, la separación de las líneas fue de 1.8 m, y la separación de plantas de 40 cm. La separación de hileras será igual. Por tanto se tuvo una densidad de población de 2.8 planta por metro cuadrado. Cada unidad experimental se representara por 1 maceta. Manejándose como tratamiento uno la fertilización inorgánica y como tratamiento dos la fertilización orgánica. Teniendo así dos tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico SAS.

### 3.2 Concentración de la solución de los elementos nutritivos

---

Tratamiento 1 Fertilización Inorgánica:		Tratamiento 2 Fertilización Orgánica:
Elementos	ppm	Litros de lixiviado de Vermicompost
Nitrógeno (N)	70	20
Fósforo (P)	50	
Potasio (K)	120	22.5
Calcio (Ca)	150	
Magnesio (Mg)	26	25
Azufre (S)	0.57	
Fierro (Fe)	2.8	
Boro (B)	0.7	
Manganeso (Mn)	0.8	
Zinc (Zn)	0.3	
Cobre (Cu)	0.2	
Molibdeno (Mo)	0.05	

---

Se utilizaron las siguientes fuentes de fertilizantes inorgánicos nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio, ácido fosfórico, sulfato ferroso, ácido bórico, sulfato de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, molibdato de amonio.

Se tomaron 20 litros de humus de vermicompost (lixiviado) en 1000 litros de agua (se verificó con un conductivímetro tal que la CE no fuera ser mayor de 2.5 dS m<sup>-1</sup>).y que el pH no rebasará de 6.5

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico The SAS System for Windows, versión 9.0 en Castellano (2004). Para todas las variables se realizaron análisis de varianza por muestreo y la comparación de medias se realizó con la prueba DMS al 0.05 de significancia.

### **3.7 Manejo del cultivo**

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo eliminando los brotes axilares, esta se realizó de abajo hacia arriba para no perder la guía principal, se entutoró sosteniendo la planta con una rafia cuando alcanzó una altura de 30 cm para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos toquen el suelo, la planta se enredó en el tutor (rafia) conforme fue creciendo.

Cuando se inició la fructificación se procedió a eliminar las hojas que quedaron debajo del racimo fructífero, con el fin de mejorar la aireación del cuello y evitar la aparición de enfermedades.

### **3.8 Polinización**

Al inicio de la etapa de floración se procedió a la polinización con un vibrador (cepillo dental), el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de cuatro segundos, esto se realizó diariamente entre las 11:00 y 13:00 horas.

### **3.9 Fertilización y riegos**

El sistema de riego fue por goteo, se regó tres veces por día, a las 8:00, 12:00 y 15:00 horas. El suministro hídrico varió dependiendo la etapa fenológica con un rango de 0.5 a 1600 ml diarios. Previamente al trasplante se humedeció cada maceta con 3 litros de agua.

La concentración de la solución nutritiva, suministrada tanto orgánica como inorgánica según el tratamiento, se muestra en el cuadro 3.2.

### **3.10 Control de plagas y enfermedades.**

Las plagas que se presentaron fueron la mosquita blanca y el minador de la hoja. Y las enfermedades que se presentaron fueron la cenicilla y alternaria. Se realizaron aplicaciones preventivas y curativas con una bomba de capacidad de 3 litros. Y para prevenir la presencia de plagas y enfermedades con diversos productos.

**Cuadro 3.3. Productos y dosis aplicadas para el control de plagas, enfermedades y amarre del fruto de tomate en invernadero.**

Producto	No. Aplicaciones	Dosis	control de:
Sedric	4	1 ml/L de agua	Cenicilla
Bioinsect	3	2 ml/L de agua	Gusano de fruto
Bactericida	2	3grs./5 L de agua	Infecciones en la hoja
Confidor	3	2ml/L de agua	Mosquita Blanca
Biozyme	5	1 ml/L de agua	Amarre de fruto

### 3.11 Altura de planta

La altura se registro cada semana, a partir del trasplante midiéndole desde el ápice, hasta la hoja más alta. Y se dejo de tomar hasta la decima semana.

### 3.12 Diámetro de tallo

Se utilizo un vernier, se tomaron los datos dos centímetros de arriba del sustrato de la planta y se dejo de tomar a las 10 semanas.

### 3.1.3 Cosecha al primer racimo

La cosecha se realizo una vez por semana, cuando el fruto presento una tonalidad rojiza de al menos 70 %. Posteriormente se procedió a pesar el fruto y a sacar el rendimiento por racimo de la planta de tomate.

### 3.14 Peso unitario de fruto

Se registro el peso de cada fruto y se saco el promedio por tratamientos para esta actividad se utilizó la bascula de precisión granatoria.

### **3.15 Materia seca**

Se tomaron las plantas seleccionadas al inicio del experimento; dos por cada tratamiento. El procedimiento fue el siguiente.

Fue destrucción completa ya que se tomó la planta de tomate separando las hojas midiéndolas sobre una hoja de acetato cuadrículada a  $1\text{ cm}^2$  esto para sacar los  $1\text{ cm}^2$  de hojas por tratamiento, posteriormente se metieron en bolsas de papel con su identificación, para el tallo, flores y los frutos se hizo la misma operación pero no se utilizó la cuadrícula de acetato.

Después las muestras se llevaron a una estufa para obtener el peso seco a una temperatura de  $70^\circ\text{C}$  por un término de 72 horas.

### **3.16 Monitoreo de N, P, K**

En esta actividad se tomaron de 2 plantas de las 4 repeticiones el total fue de 8 plantas que se muestrearon para ambos tratamientos, y se realizó de esta manera.

En cuanto al muestreo se tomó la hoja más recientemente madura de 6 - 7 hojas de arriba hacia abajo y se eliminaron los folíolos, después se llevó la muestra de peciolo a la prensa para obtener su extracto y se colocaron las muestras obtenidas en recipientes etiquetados para evitar confusión, para el nitrógeno y el potasio se usó el equipo portátil de electrodos llamado CARDI y para el fósforo se usó el equipo HANNA.

### **3.17 Variables evaluadas**

Las variables evaluadas durante este experimento fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por racimo, monitoreo de la nutrición de N, P, K y los índices de crecimiento (TCC, TAN, RAF, RPF, IAF Y AFE). La altura de planta y diámetro de tallo se estuvo tomando semanalmente siendo el primer muestreo el día 15 de octubre y finalizando a la décima semana del 17 de diciembre de 2006. Y como herramienta se utilizo el vernier, bascula de precisión, regla, hojas de acetato cuadrículadas a  $\text{cm}^2$ , bitácora de anotaciones o de registro. Bolsas de papel para poder obtener la materia seca.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables morfológicas

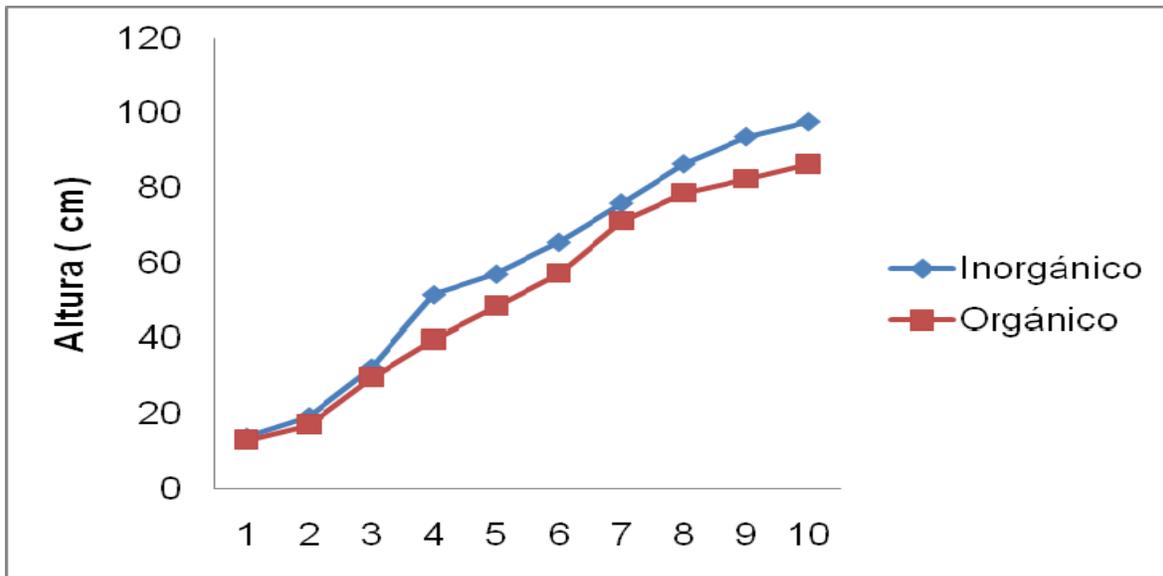
#### 4.1.1 Altura de planta

La comparación de medias para la variable altura de plantas se presenta en el cuadro número 4.1.1 en el que se aprecia que son iguales estadísticamente la fertilización inorgánica y fertilización orgánica en la primera y segunda semana después del trasplante. En este cuadro nos indica que a partir de la tercera semana es significativo manifestándose hasta la semana 10 la fertilización inorgánica sobre la orgánica alcanzando una altura 97.7 cm para el tratamiento inorgánico y de 86.5 para el tratamiento orgánico (cuadro y figura 4.1.1)

**Cuadro 4.1.1 Medias de altura de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización inorgánica y orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.**

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inorgánico	13.7a	19.2 <sup>a</sup>	32.2a	51.5a	57.0 a	65.5a	76.0 a	86.5 a	93.7 a	97.7 a
Orgánico	13 a	17.2 a	29.7b	39.7a	48.5 a	57.2 b	71.2 b	78.7b	82.5 b	86.5 b
C.V (%)	2.643	6.327	2.944	1.051	7.301	5.515	1.979	0.819	1.779	1.31
DMS (0.05)										

Tratamientos con diferente letra son significativamente diferentes .DMS (0.05)



**Figura 4.1.1** Altura de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización Inorgánica contra la fertilización Orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.

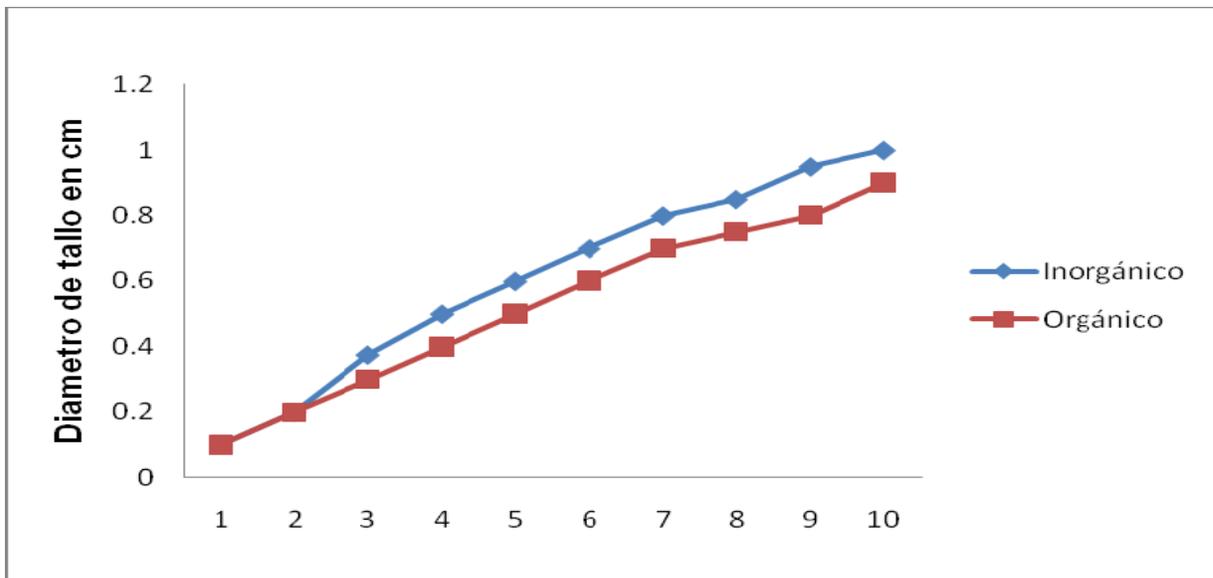
#### 4.1.2 Diametro del tallo

La comparación de medias para la variable diámetro de tallo de plantas se presenta en el cuadro número 4.1.2 en el que se aprecia que son iguales estadísticamente al efecto de fertilización inorgánica y fertilización orgánica en la primera y segunda y tercer semana después del trasplante. En este cuadro nos indica que a partir de la cuarta semana es significativo manifestándose de manera superior el inorgánico al orgánico hasta la semana 10, alcanzando un diámetro de 1.0 cm para el tratamiento inorgánico y de .9 para el tratamiento orgánico (cuadro 4.1.2 y figura 4.1.2).

**Cuadro 4.1.2 Medias de diámetro del tallo de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización Inorgánica y orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.**

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inorgánico	0.10a	0.20 <sup>a</sup>	0.37 a	0.50 a	0.60 a	0.70 a	0.80 a	0.85 a	0.95 a	1.0 a
Orgánico	0.10a	0.20 <sup>a</sup>	0.30 a	0.40 b	0.50 b	0.60 b	0.70 b	0.75 b	0.80 b	0.90 b
C.V (%)	0	0	10.475	0	0	0	0	0	4.665	0
DMS (0.05)										

Tratamientos con diferente letra son significativamente diferentes .DMS (0.05)



**Figura 4.1.2 Diámetro de tallo de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización Inorgánica contra Orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 10 semanas de crecimiento 2006.**

## 4.2 Índices de Crecimiento

En los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (IAF, RAF, AFE y RPF) El análisis de varianza Cuadro 4.2 detecto diferencias estadísticas entre tratamientos, por lo que se estima que su efecto es distinto entre la magnitud de su área foliar y a su peso seco total y su propio peso seco.

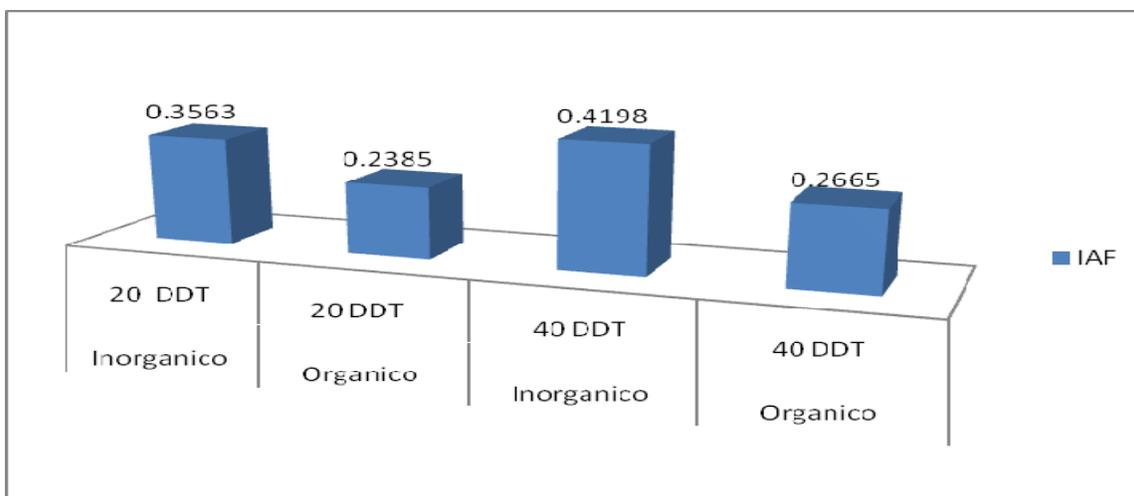
**Cuadro 4.2.1 Medias de Índice de área foliar, relación de área foliar, relación de peso foliar, Relación de Área Foliar, de los tratamientos de fertilización Inorgánica y Orgánica (Lixiviado de Vermicompost) del tomate híbrido Loreto. 2006.**

Tratamiento	DDT	IAF	RAF	AFE	RPF
T1	20	.3563 a	96.78a	204.20a	.5142 a
	40	.4198 a	65.37a	148.36a	.4406a
C.V. (%)		0.69284	7.744524	9.416036	4.04453
T2	20	.2385 b	99.18a	226.75a	.4465 b
	40	.2665 b	61.86a	172.86a	.3620a
C.V (%)		1.329371	7.899118	26.95623	9.942474
DMS (0.05%)					

Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes, IAF =Índice de área foliar, RAF =Relación de Área Foliar, RAF =Relación de Área Foliar, RPF =Relación de Peso Foliar DDT = Días después del trasplante

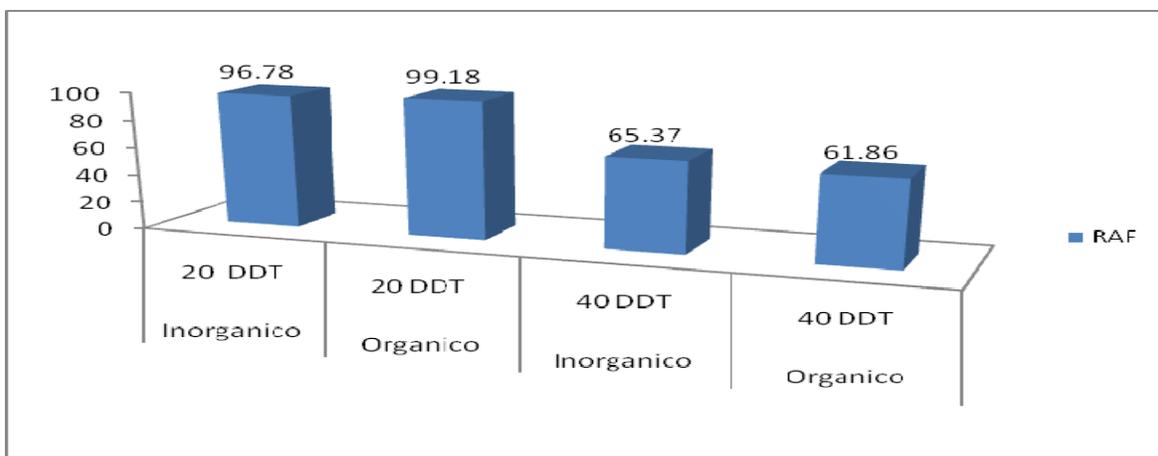
Teniendo aun que con el tratamiento de la fertilización inorgánica (T1) durante todo el tiempo de muestreo, este tuvo un efecto superior sobre la planta de tomate al obtener un máximo índice de área foliar que con la fertilización orgánica (T2) (figura 4.2.1 a). Duncan *et al* (1978), menciona que a medida que incrementa el IAF disminuye el TAN, es decir disminuye la eficiencia fotosintética

del área foliar, por lo que haciendo la comparación con el resultado del cuadro 4.2.1 para TAN y IAF es cierto



**Figura 4.2.1.a Índice de área foliar de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización Inorgánica contra la fertilización orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 20 y 40 DDT, 2006.**

Al inicio del ciclo (20 DDT) con la fertilización orgánica se presentó un valor más alto de RAF, que con la fertilización inorgánica, lo cual indica que con esta fertilización se mantienen por más tiempo su área foliar (4.2.1.b).



**Figura 4.2.1 b Relación de área foliar de planta de tomate híbrido Loreto con fertilización Inorgánica e Orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 20 y 40 DDT, 2006.**

**Cuadro 4.2.2 comparación de TCC y TAN a los 20 y 40 DDT Con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero.**

Tratamiento	muestreo	TCC	TAN
Inorgánico	20 - 40	1.41	3.89
Orgánico	20- 40	0.98	3.63

Los análisis de varianza para TCC y TAN no detectaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo con el tratamiento inorgánico (T1) presento los valores más altos de TCC y TAN indicando con esto que la velocidad de sus procesos metabólicos es superior al presentado con la fertilización orgánica (T2) lo cual se observa la comparación de valores en el (cuadro 4.2)

### 4.3 Análisis de Extracto Celular de Pecíolo (ECP)

El pecíolo como órgano de diagnóstico es un ejemplo de las relaciones entre contenidos nutrimentales de la planta y su comportamiento agronómico.

Nitrógeno, fósforo y potasio son tres elementos que pueden ser diagnosticados con mucha precisión en este órgano de muestreo contando con los niveles de referencia en función al estado de desarrollo (Rosen *et al.*, Westcott *et al.*, 1993; Locascio *et al.*, 1997; He *et al.* 1998).

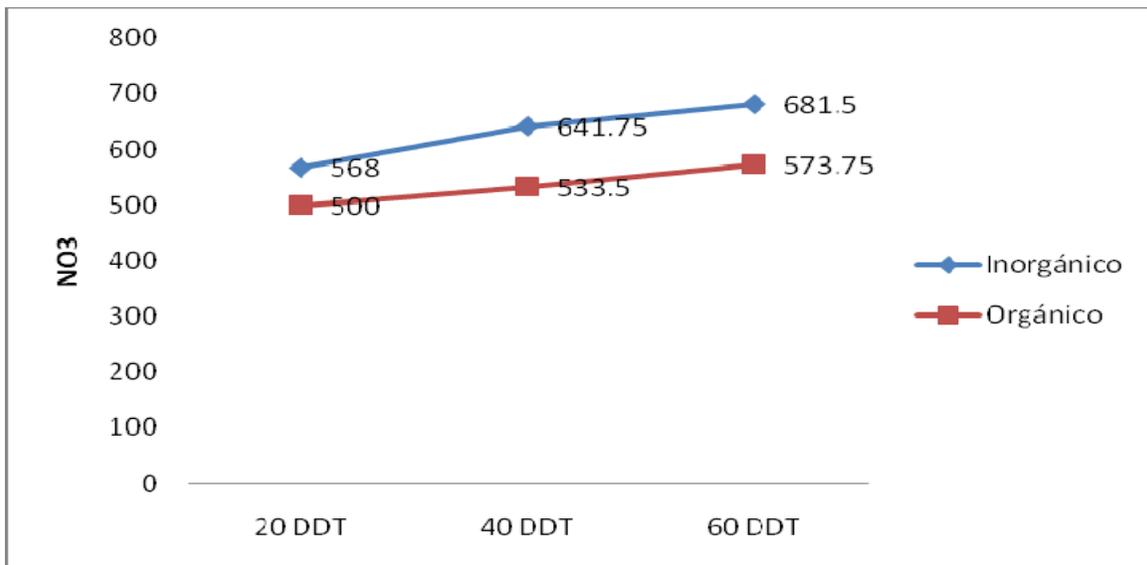
En el Cuadro 4.3.1, se presentan resultados de los niveles de N-NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y K respectivamente, monitoreados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT, para la fertilización orgánica en los tres muestreos de desarrollo del tomate híbrido Loreto, muestra los niveles de suficiencia para el tomate en esas etapas fenológicas, sin embargo es estadísticamente diferente a la fertilización inorgánica, Con estos resultados se puede considerar que estos tres elementos nutritivos en la dosis de fertilización orgánica (lixiviado del vermicompost) e inorgánica son adecuadas en esas etapas de desarrollo del tomate (60 días DDT).

La fertilización inorgánica utilizada, mostró niveles de N-NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y K (ver figura 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3) adecuados al comparar ambas fertilizaciones que indica los niveles de referencia en las etapas evaluadas de desarrollo (20, 40 y 60 DDT) del tomate. La fertilización inorgánica supera a la fertilización orgánica tanto a las variables morfológicas como las de índice de crecimiento.

**Cuadro 4.3.1 Niveles de NO<sub>3</sub> encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.**

Tratamiento	NO <sub>3</sub>		
	20 DDT	40 DDT	60 DDT
Inorgánico	568 a	641.75 a	681.50 a
Orgánico	500 a	533.5 b	573.75 b
C.V. (%)	2.486715	4.151488	3.216188

DMS(0.05)  
Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes, DDT = Días Después del Trasplante

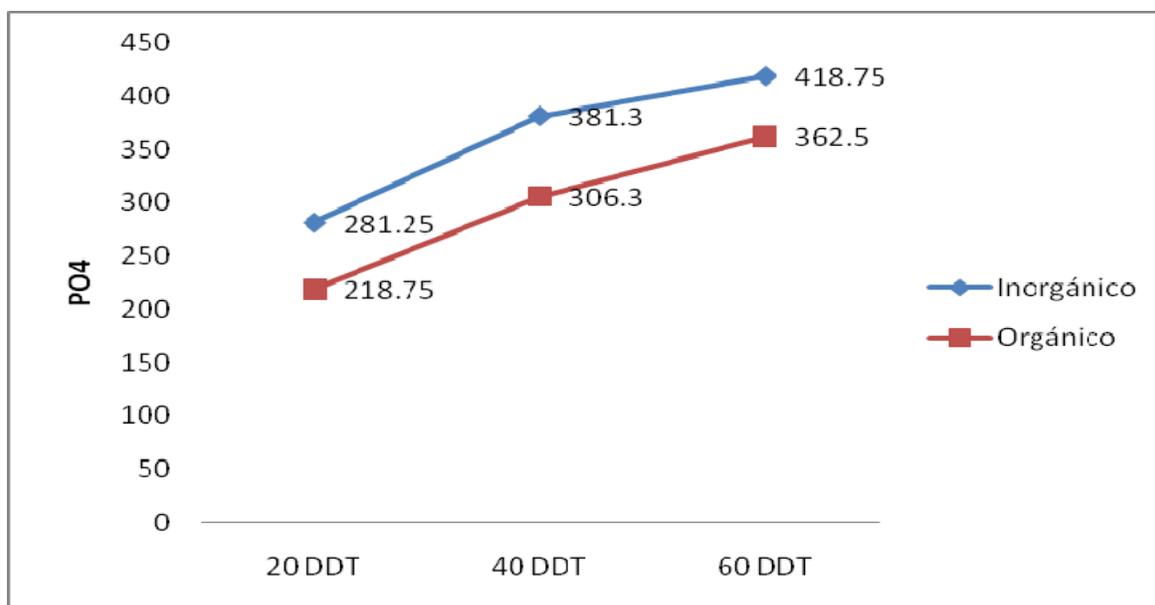


**Figura 4.3.1 niveles de NO<sub>3</sub> encontrados en el extracto celular de pecíolo de tomate.**

**Cuadro 4.3.2 Niveles de PO<sub>4</sub> encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.**

Tratamiento	PO <sub>4</sub>		
	20 DDT	40 DDT	60 DDT
Inorgánico	281.250 a	381.3 a	418.75 a
Orgánico	218.750 b	306.3 b	362.50 b
C.V.(%)	4.082483	0	4.33282

DMS(0.05)  
Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes, DDT = Días Después del Trasplante

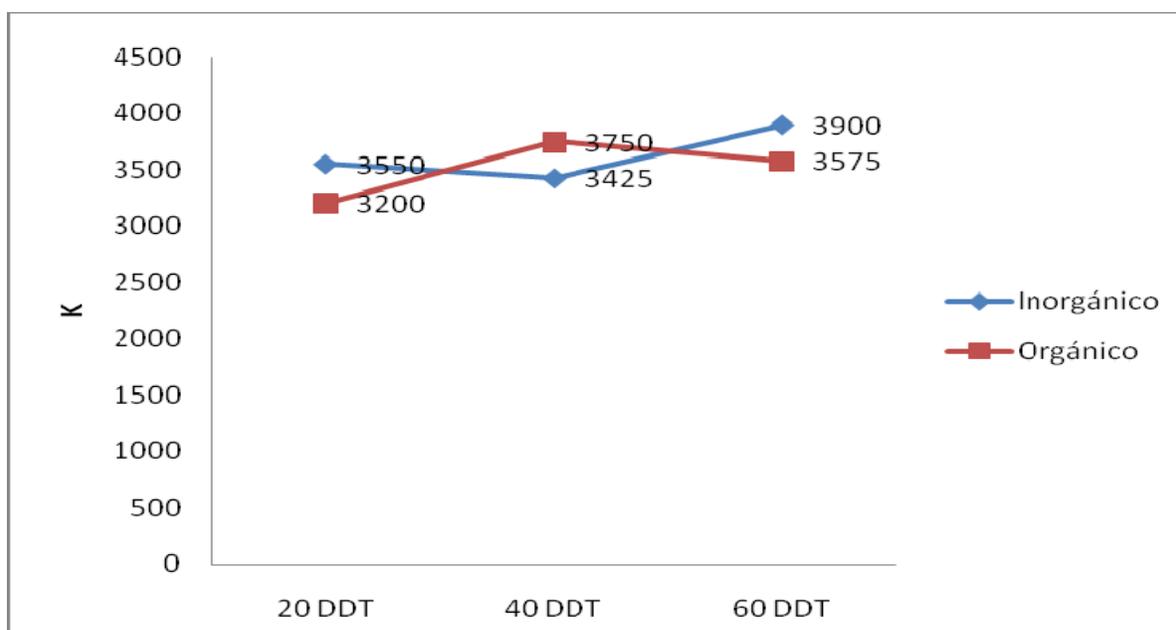


**Figura 4.3.2 Niveles de PO<sub>4</sub> encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.**

**Cuadro 4.3.3 Niveles de K encontrados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT. 2006.**

Tratamientos	K		
	20 DDT	40 DDT	60 DDT
Inorgánico	3550 b	3425 b	3900 b
Orgánico	3200 a	3750 a	3575 a
C.V.(%)	2.095131	0.985515	1.81138
DMS(0.05)			

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes, DDT = Días Después del Trasplante.



**Figura 4.3.3 niveles de k encontrados del extracto celular de peciolo en tomate en invernadero con fertilización orgánica e inorgánica**

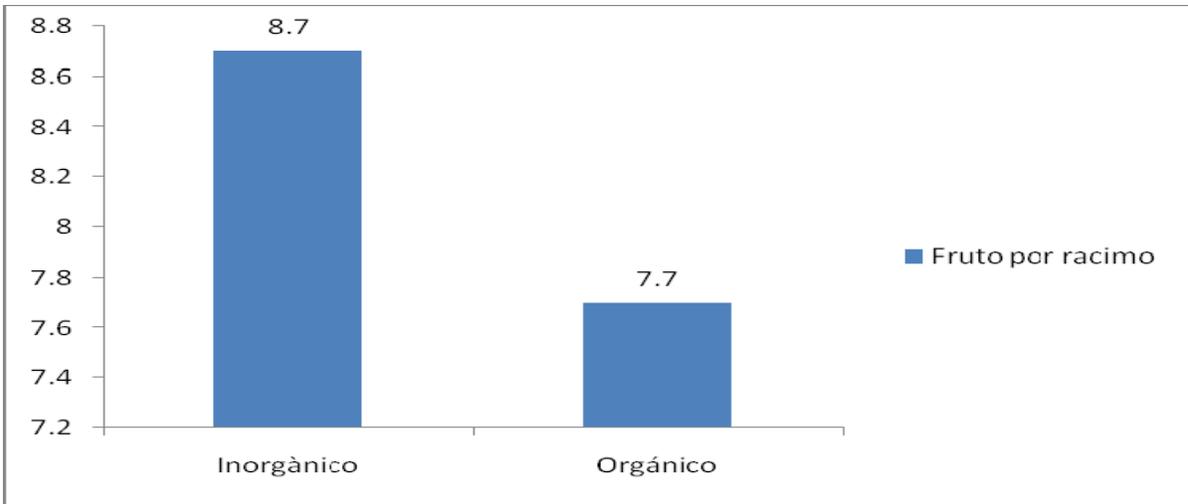
#### 4.4 Variables de Rendimiento

Al evaluar el efecto del tipo de fertilización inorgánica y orgánica sobre el, rendimiento, número de fruto por racimo y peso unitario del fruto, los resultados de

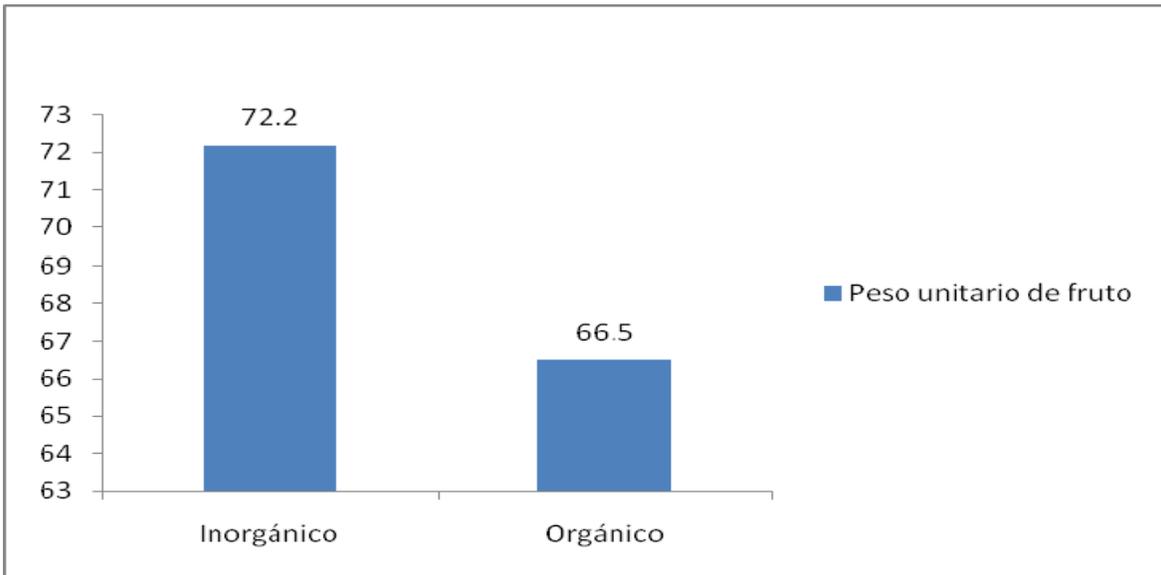
sus medias se presentan el Cuadro 4.4.1 donde se observa que para el número de frutos por racimo aun cuando sus valores son diferentes (Figura 4.4.1.a), estadísticamente la fertilización orgánica e inorgánica para esta variable son iguales. Para la variable peso unitario de frutos la comparación de medias indica que es significativo el tratamiento inorgánico ya que tiene un valor de 72.2 g y el orgánico de 66.5 g (Figura 4.4.1.b) EL rendimiento al primer racimo el valor más alto fue para el tipo de fertilización inorgánica con un valor de 632 g y en fertilización orgánica de 515.5 g (figura 4.4.1.c) estos resultados son de esperarse ya que el peso unitario y numero de frutos son superiores en la fertilización inorgánica.

**Cuadro 4.4.1 Media de rendimientos de tomate hibrido Loreto con fertilización con fertilización Inorgánica contra Orgánica (lixiviado de vermicompost), bajo invernadero en 40 DDT, 2006.**

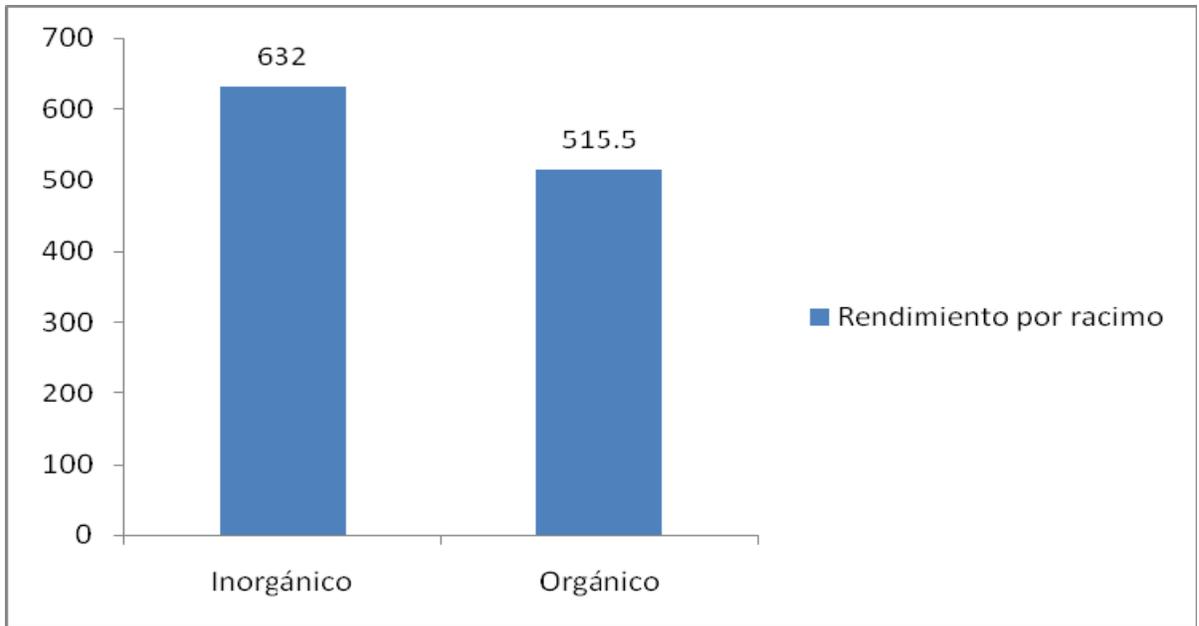
<b>Tratamiento</b>	<b>Fruto por racimo</b>	<b>peso unitario de fruto(g)</b>	<b>Rendimiento al 1 racimo (g)</b>
<b>Inorgánico</b>	8.7 a	72.2 a	632 a
<b>Orgánico</b>	7.7 a	66.5 b	515.5 b
<b>C.V.(%)</b>	6.998185	0.97586	6.571292
<b>DMS (0.05)</b>			



**Figura 4.4.1. a Comparación de número de frutos por racimo con tratamiento orgánico e inorgánico en invernadero.**



**Figura 4.4.1 b Comparación de peso de fruto en gramos con el tratamiento inorgánico y orgánico en invernadero.**



**Figura 4.4.1 c Comparación de rendimiento al primer racimo en gramos de tomate bajo invernadero.**

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio en plantas de tomate conducidas en dos tipos de fertilización orgánica e inorgánica en invernadero se presentan las siguientes conclusiones:

1.- Las variables morfologías, altura y diámetro del tallo en las plantas de tomate presentaron un comportamiento similar en ambos tipos de fertilización en su inicio, posteriormente es de efecto superior en estas variables el tipo de fertilización inorgánica.

2.- El efecto de fertilización inorgánica y fertilización orgánica en los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (IAF, RAF, AFE y RPF) es distinto entre la magnitud de su área foliar y a su peso seco total.

3.- Los niveles de  $N-NO_3$ ,  $PO_4$  y K respectivamente, monitoreados en savia de pecíolo de tomate a los 20, 40 y 60 DDT, para la fertilización orgánica son adecuados en base a 20,22.5 y 25 L (lixiviado de vermicompost) en esas etapas de desarrollo del tomate (60 días DDT).

4.- El número de frutos por racimo aun cuando sus valores son diferentes, estadísticamente son iguales en ambos tipos de fertilización.

5.- En la variable peso unitario de frutos el efecto del tipo de fertilización fue superior estadísticamente en el inorgánico de un valor de 72.25 y de 66.50 gr. en el orgánico lo que indica que es superior la producción

6.- Es factible la producción de tomate en invernadero bajo una fertilización orgánica con lixiviado de vermicompost y usando perlita como sustrato, como una alternativa de obtención de frutos de tomate de un menor costo.

## VI. RESUMEN

Hoy en día la mayor parte de la agricultura está basada en el uso de agroquímicos como fungicidas, insecticidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos sintéticos. Lo cual, acarrea un alto nivel de contaminación ambiental, la principal alternativa de solución a esta problemática es la agricultura orgánica, la cual es una combinación de métodos genéticos, agroquímicos, biotecnológicos en un sistema de producción económico. El cual optimiza la calidad del producto y protege al medio ambiente y a la salud humana. La producción de tomate en invernadero asegura una mayor producción debido a que las condiciones ambientales son controladas.

El experimento se estableció en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna. El sustrato utilizado en las macetas para ambos tratamientos fue perlita. El diseño experimental se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones manejándose dos hileras de planta por línea, la separación de las líneas fue de 1.8 m., y la separación de plantas fue de 40 cm. La separación de hileras fue igual. Por lo tanto se tuvo 2.8 planta por metro cuadrado. Cada unidad experimental tendrá 1 maceta. Manejándose como tratamiento 1 la fertilización inorgánica y como tratamiento 2 la fertilización orgánica.

Los resultados que se obtuvieron de los índices que se evaluaron fueron mayor los de fertilización inorgánica (tratamiento1), tanto el diámetro de tallo, altura de planta, peso unitario de fruto, peso de fruto por racimo y los niveles de N, P, K.

En cuanto a los índices de crecimiento se observó que fue mayor el IAF, RPF, TCC y TAN con la fertilización inorgánica, y disminuyó con la fertilización orgánica. En cuanto a RAF y AFE fue mayor la fertilización orgánica que la fertilización inorgánica.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alpi y Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. 3º Edición. Ediciones Mundi - prensa. Madrid, México, pp. 76 – 77.
- Alvarado R.B. y Trumble, T.J 1999. Manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate en Sinaloa. Pp. 435 – 456. In hortalizas, plagas y enfermedades, Anaya R. Y Romero N. (Ed.).Editorial trillas México D.F.
- Anderlini, R. 1976. El cultivo del tomate. Tercera edición, Ediciones mundi – prensa.
- Ansorema M. j. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones mundi – prensa. Pp. 107 y 109.
- Arturo Gaytán Mascorro, Arturo Palomo Gil, Salvador Godoy Ávila, eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón, revista fitotecnia mexicana, vol.24 (2): Pp.197 – 202, año 2001.
- Barboza, E. herencia y medio ambiente. Revista virtual visión veterinaria 2004; 3(7): Disponible en: <http://www.vision veterinaria>. Fecha de recuperación (06-03-2004).
- Barraza, F.V. 2000, Apuntes sobre hortalizas. Impreso universitario. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. 30 p.
- Belda J. E. y Lastre, J.1999. Reglamento específico de la producción integrada de tomate bajo abrigo: resumen de aspectos importantes. Laboratorio y departamento de sanidad vegetal de Almería. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. Pp 1-9.
- Berenguer, J. J 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. En curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. (Eds) castellanos, J.Z.: Muños R.J.J. Celaya, Guanajuato, México. pp. 147 – 174.

- Blancar, D.1996. Enfermedades del tomate. Observación, identificar, luchar. Versión Española de A. Peña I, Editorial Mundi - prensa. Madrid.
- Bryan, L.U.and J.C. Silvertooth. 1996. Comparacions between an Upland and Pima cotton cultivar, I.Growht and yield. Agron.J. 88.583 -588.
- Burgueño, C.H., 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero. Diapositivas. En: memorias del primer simposio nacional de técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras solanáceas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agronómicas, S. L. Madrid España.
- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigacion de cultivos hortícolas. Ediciones mundi - prensa, Madrid, España. Pp. 65 – 69.
- Canovas, M. F. 1993. Principios básicos de la hidroponía. Aspectos comunes y diferencia de los cultivos con y sin suelo. Curso Superior Sobre Especialización: Cultivo sin suelo. FIAPA. Almería, España. Pp 29 – 42.
- Carvajal, M., Cerda, A. y Martínez, V. 2000. Modification of the response of saline stressed tomato plans by the correction of cation disorders plant Growth Regulation. 30:1 pp.37–47. M/CSIC/Ctr Edafol&Biol aplicada segura. Dept. Fisiol& Nutr Vegetal /POB 4195/Murcia. Spain.
- Cazares, E.1984. Producción de Hortalizas. Tercera Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, costa rica. Pp. 71-105.
- Castellanos, J. Z. 2003. Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. Pp. 321- 332. *In*: Manual de producción hortícola en invernadero J.J. Muñoz-Ramos y J.Z. Castellanos (Eds).. INACAPA. México.

- Castellanos, J. Z. 2003. Curso Internacional de producción de hortalizas en invernadero, INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 1 – 3.
- Castilla, P.N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; Pp: 191- 211. En: F. Nuez (Ed.) el cultivo del Tomate. Editorial Mundi - prensa México.
- Castilla, P.N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo; Pp: 191- 225. En: F. Nuez (Ed.) el cultivo del Tomate. Editorial Mundi - prensa México.
- Cotter, D. J. y R. E. Gómez, 1981. Cooperative extensión service. 400 H11, Pp.4. U, New, México, U.S.A.
- Cuartero, J.; M. 1999. Híbridos de tomate para cultivo en fresco.Pp.196 – 211. Cultivo del tomate .editorial mundi - prensa, México.
- Chamarro, L.J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp. 43- 87. *In*: F. nuez (ed.) el cultivo del tomate. Editorial Mundi- prensa, México.
- Cockshull, K.E. 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate *acta Hort* 229. Pp 113-123.
- Diez, N.J. 2001. Tipos varietales. *In*: El cultivo del tomate ,F. Nuez (Ed).. Ediciones Mundi – prensa. México. Pp. 95 – 127.
- Dodson, M., Bachmann J. % Williams P. 2002. Organic, Greenhouse Tomato production. ATTRA. USDA.
- Dow, A.L., y S. Roberts. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *A.J.* 74: 401 – 403.
- Edmond, J.B. 1981. Principios de horticultura; CIA: Editorial continental S.A. de C.V.: sexta reimpresión; México D.F.
- Edmon J.E. y F. Andrews S. 1984. Principios de Horticultura. Séptima Edición, Editorial Continental. México. Pp. 487- 492. En: El cultivo del tomate. Ediciones y promociones LAV, S. L. Valencia.

- Esquinas, A. J. Seen y F.V Nuez 1999. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate, Pp 13- 23. *In*: El cultivo del tomate F. Nuez (Ed). Editorial Mundi- prensa México.
- 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, Tercera Edición, Horticultura, S.L. Sustrato.
- FAO. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia.
- Ferreira C. C.2002. El CO<sub>2</sub>, elemento indispensable para la producción de vegetales. Asociación interregional de investigación y experimentación Hortícola.
- Banco de México ( FIRA), 2003. Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agropecuario mexicano. México, D.F.
- Fonseca, E.2001. Costos de la producción hidropónica de tomate. Pp. 399- 408. Florida Agricultural Statistical Service. Vegetable Summary 1998,1999. April, 2000.
- Fogg, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327 pp.
- Francescangeli, N. 1998. La humedad del aire del invernadero. Artículo de difusión. Estación Experimental Agropecuario San Pedro Buenos Aires, Argentina.
- García C.R. 1996.Vermicomposta e inoculación micorrizica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis de licenciatura de ingeniero agrónomo. Universidad autónoma de Chapingo .departamento de suelos. Chapingo Edo. De México.

- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985. Transport and partitioning, in: Physiology of Crop plants. Iowa State univ. Press Ames, IA. Pp: 58- 75
- Garza, L.J. 1985. Hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Depto. De fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- Gispert, G. M. del C.1987. Influencia del riego en la fluctuación poblacional del Acaro del tomate (*Aculops lycopersici* Masse.) Tesis de Maestría, colegio de Postgraduados, centro de Entomología y Acarología. Chapingo, México.
- Goldberg, M.; Orden, S.; Mascarini, L. y Sierra, E. 1996. Transmisión Espectral en la Banda del PAR de las cubiertas plásticas para invernaderos. Revista de la Asociación Argentina de Horticultura 15(38): 51- 54.
- 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.
- He, Y., S. Terabayashi y T. Namiki. 1998. Comparison between analytical results of plant sap analysis and the dry ashing method for tomato plants cultured hydroponically. J. of Plant Nutrition. Pp.1179-1188.
- Horward, W. 1995. Tomate de invernadero y producción de pimiento en maya sombra en Israel. Pp. 163- 171. Wener. Hazera LTD. 1166. Pp. Brurin Israel. Infoagro .2004.principales tipos de invernadero .consultado el día 4 de septiembre de 2007 [http://www.infoagro.com/industria.\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos5.asp](http://www.infoagro.com/industria._auxiliar/tipo_invernaderos5.asp). Infoagro 2003.control climático en invernadero consultado el día 3 de septiembre de 2007.[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico2.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico2.asp).
- Johnson, H. Jr. y C.R. Rock. 1975. Extensions vegetable Specialist, University of California, Riverside. Greenhouse tomatoes production. Divisions of Agricultural Sciences printed December 1975.
- Lacasa, A. y J. Contreras. 1999. Las plagas, Pp.: 401- 409. In: F. Nuez .El cultivo del tomate. Editorial Mundi- prensa México.

- Lacasa, A. y J. Contreras. 2001. Las plagas. , Pp.: 387- 463. .El cultivo del tomate. Editorial Mundi- prensa México.
- Lomelí Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, ventajas y beneficios comerciales. Edición numero 60. Ocotlán, Jalisco, México.
- Marschner, H. 1996. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. New York.
- Márquez, H. C. y Cano, R. P. 2004.Produccion de tomate orgánico bajo invernadero. In Olivares S., E. (ed.) Segundo simposio internacional de Producción de cultivos en invernaderos. Facultad de agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L. México.
- Márquez, H. C. y Cano, R. P. 2005 .Producción de tomate cherry bajo invernadero. Actas portuguesas de Horticultural. Pp.219- 224.
- Meredith, W.R. Jr. and .wells. 1989 potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures, Crop SCI. 29:636 - 639
- Muñoz, R. J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero. Pp. 226 – 262. En: Muñoz – Ramos, y J. Z. Castellanos (Eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- Muñoz, R. J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero pp. 229- 230. En : Murray, R. y Yommi, A. 1995. Momento oportuno de cosecha de tomates larga vida y normales. XIII 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 al 11 de Octubre. Nuez, V. F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp. 626 – 669. En: Nuez (Ed.) el cultivo del tomate. Editorial mundo prensa, México.

- Ortega, A. L. D.1999. Mosquita blanca Vectores de virus en hortalizas.Pp.149 – 150. En: Anaya R.S. (ed.).Hortalizas plagas y enfermedades Editorial Trillas. México. D. F.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para su uso industrial en el Edo. De Morelos, 1980- 1982. Sarh. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Paulus, O. A. y Correll C. J. 2001. Enfermedades Infecciosas. Ediciones mundi-prensa. Pp.18- 19.
- Powers, W. L., Wallingford, G.W., Murphy, L.S., Whitney, D.A., Manges, H.I., and Jones, H.E. 1974. Guidelines for applying beef feedlot manure to fields. Publication C- 520. Kansas State University, Cooperative, Extension Service. Manhattan, KA.
- Moreno R. A. Valdez Zarate L. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost y arena bajo condiciones de invernadero Pp 24 - 34
- Roberts , M.J.,S . P. Long, LL. Tiezen, and C.L. Beadle, 1985, Measurement of plant biomass and primary production. In Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long. And M.O. Scurlock (eds.). pergamon Press. London .Pp. 1 – 19.
- Rosen, C.J., M. Eerrebhi, y Wenshan Wang. 1996. Testing petiole sap for nitrate and potassium: A comparison of several analytical procedures. Hortscience. 31(7):1173-1176.
- Rodríguez R. R.: Tabares, R. J. y J. Medina S. 1997. Cultivo moderno del tomate. Segunda edición editorial mundi – prensa. Madrid, España. Pp 65- 81.
- Rodríguez, del R. A. 2001. Manejo del cultivo Extenso para la industria, pp255-309. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Editorial. Editorial mundi – prensa , México reimpresión.

- Rodríguez, M. R. y Jiménez, D.F. 2002. Manejo de invernaderos. *In* Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED. Venecia, Durango. Pp. 58- 65.
- Sade, A. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot, Israel. Pp. 2 – 8.
- Sánchez B. F, Favela Ch.E.2000. Construcción y manejo de invernaderos. UAAAN-UL. Pp. 2-8.
- Sánchez, C. M. 2001. Manejo de enfermedades del tomate. In: curso del INCAPA “Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa”. Guadalajara, Jalisco, México. Pp. .22 – 39.
- Santiago, N.J. 1995. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en condiciones de invernadero con fertirrigación. Tesis UAAAN, Buenavista, Saltillo.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación SAGARPA, 2005. Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON). México, D.F. Internet: <http://www.siae.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>.
- Stevens, M. A. y Rick, C. M.1986. Genetics and breeding. En: Atherton, J. G. and Rudich, J.” (Eds) The tomato crop. Chapman and hall, London, New York, NY.
- Subler, S., Edwards C, A, and Metzger, L.1998. Comparing vermicompost and composts, *Biocycle* (USA) 36:63 -66.
- Tan, K.H (1992), Principles of soil chemistry. Marcel Dekker, inc. New York, NY.
- Tello, M. , J. y Del Moran de la V.J. 1999. Enfermedades no víricas del tomate. Pp. 525 – 567. En: F Nuez (Ed.) El cultivo del tomate. Editorial Mundi – prensa, México.

- Trevor, V. S. y Cantwell, m. 2002. Recomendaciones para mantener calidad postcosecha. Pp. 375- 378. En: castellanos, J. Z.: Muñoz, R.J.J. (Eds.) curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Celaya, Guanajuato, México.
- Tiscornia, J. R. 1989. Hortalizas de fruto .Tomate, pimiento pepino y otras. Editorial albatros, Buenos Aires Argentina Pp. 7-9.
- Tuzel, Y. y Yagmar G. B. 2003. Organic tomato produced under greenhouse conditions. (En línea). [http://www.actahor.org/books/614/614\\_114.htm](http://www.actahor.org/books/614/614_114.htm) consulta: 12 de septiembre de 2007.
- Valadéz, L.A. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México, D. F. Pp. 198 – 222.
- Vázquez, V. C. Salazar S. E., Figueroa, V. R., Valenzuela R. J. S. y Fortis H. M. 2001. Efectivo del acolchado y estiércol de bovino en la modificación de algunas características del suelo la comarca lagunera. XIII Semana Internacional de Agronomía, FAZ – UJED. Gómez palacio, Durango, pág. 178 – 182.
- Williams, D. E. 1990. A review of sources for the study of náhuatl plant classification. Adv. Econ. Bot. 8. Pp. 249 – 270.
- Wills, r. W. Mac Glasson, D. Graham, T. Lee, and G. Hall. 1989. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. South china Printing Company Limited, Hong Kong, 174 p.
- Zaidan, O. 1997. La producción del tomate. Ministerio de relaciones exteriores, centro de cooperación internacional y ministerio de agricultura y desarrollo rural, Centro Internacional para el Desarrollo Agrícola del Estado de Israel.
- Zaidan, O. y A. Avidan, 1997. CINDACO. Curso Internacional de Hortalizas. Shefayim, Israel.