



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGIA

**“ABONOS ORGÁNICOS Y ORGANISMOS ANTAGÓNICOS SOBRE INHIBICIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN CULTIVO DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L)”**

ESLIT CORTES HERNÁNDEZ

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

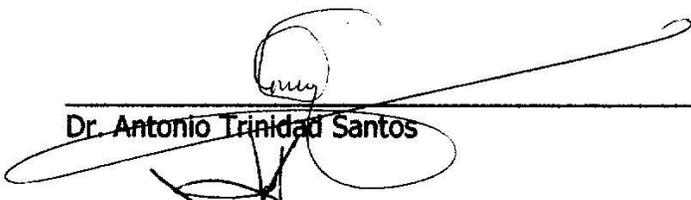
2015

La presente tesis titulada: **"ABONOS ORGÁNICOS Y ORGANISMOS ANTAGÓNICOS SOBRE INHIBICIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN CULTIVO DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L)"** realizada por el alumno: **ESLIT CORTÉS HERNÁNDEZ** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

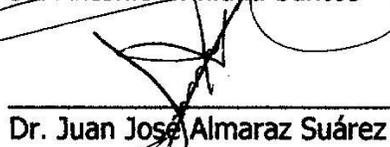
MAESTRO EN CIENCIAS  
EDAFOLOGIA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

  
Dr. Antonio Trinidad Santos

ASESOR

  
Dr. Juan José Almaraz Suárez

ASESOR

  
Dr. Julián Delgadillo Martínez

ASESOR

  
Dr. Ciro Velasco Cruz

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Febrero de 2015

## ABONOS ORGÁNICOS Y ORGANISMOS ANTAGÓNICOS SOBRE INHIBICIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN CULTIVO DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)”

Eslit Cortes Hernández, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2015.

Los patógenos del suelo causan daño severo en los rendimientos de tomate. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto del compost, lombricompost, y organismos antagónicos en la incidencia de patógenos del suelo en el cultivo del tomate. Los tratamientos evaluados fueron dosis de abono (0,396, 0,792, 1,188 kg) y vermicompost (0,532, 1,065, 1,598 kg), la inoculación combinada de *Trichoderma harzianum* y la inoculación de *Pseudomonas tolaasii*, combinación de inoculación de *T. harzianum* y *P. tolaasii*, fertilización tradicional de NPK (100-80-60 kg ha<sup>-1</sup>), 0,792 kg de compost inoculado con la combinación de los organismos antagónicos, 1.598 kg de lombricompost inoculado con organismos antagónicos y un tratamiento de control. El ensayo se llevó a cabo en bolsas con 13 kg de suelo. Se usó un diseño bloques al azar con seis repeticiones por cada tratamiento. Para evaluar los tratamientos, se calculó el rendimiento de fruta fresca y se cuantificó el número de plantas muertas. Los tratamientos con lombricompost, compost y organismos antagónicos inhibieron fitopatógenos del suelo y aumentaron el rendimiento de la fruta. Las dosis de lombricompost 1,598 kg (equivalente a 150 kg de N ha<sup>-1</sup>) y de compost 0,792 kg (equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> N) mostraron la mayor inhibición de fitopatógenos del suelo y mayores rendimientos de fruta fresca, en comparación con el testigo que tenía la mayor cantidad de plantas muertas y presentó rendimientos bajos. En conclusión, el compost, lombricompost, y los organismos antagónicos desempeñan un papel importante en la inhibición de fitopatógenos del suelo y mejoran el rendimiento del cultivo de tomate.

**Palabras claves:** *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas tolaasii*, vermicompost, compost, fitopatogenos.

## **Organic fertilizer and antagonistic organisms on inhibition of phytopathogens fungi on crop of tomato (*Solanum lycopersicum* L).**

Eslit Cortés Hernández, Mc.

Colegio de Postgraduados, 2015.

Soil pathogens cause severe damage in tomato yields. Therefore, the objective of the present research work was to determine the effect of compost, vermicompost, and antagonistic organisms in the incidence of soil pathogens in tomato crop. The treatments evaluated were doses of compost (0.396, 0.792, 1.188 kg) and vermicompost (0.532, 1.065, 1.598 kg), combined inoculation of *Trichoderma harzianum* and inoculation of *Pseudomonas tolaasii*, combination of inoculation of *T. harzianum* and *P. tolaasii*, traditional fertilisation of NPK (100-80-60 kg ha<sup>-1</sup>), 0.792 kg compost inoculated with combined antagonistic organism, 1.598 kg vermicompost inoculated with combined antagonistic organism and a control treatment. The assay was carried out in bags with 13 kg of soil. A randomised block design was used with six replications of the treatments. To evaluate the treatments, fresh fruit yield and number of dead plants were quantified. The treatments with vermicompost, compost, and antagonistic organism inhibited soil phytopathogens and increased fruit yield. The doses of vermicompost 1.598 kg (equivalent to 150 kg N ha<sup>-1</sup>) and compost 0.792 kg (equivalent to 100 kg N ha<sup>-1</sup>) showed the greatest inhibition of soil phytopathogens and higher yields of fresh fruit were obtained, compared to the control treatment which had the higher dead plants and lower yields. Individual and combination of antagonistic organisms had less dead plants but higher than the treatments with lower doses of compost and vermicompost. In conclusion, compost, vermicompost, and antagonistic organism played an important role in inhibiting soil plant pathogens and improving crop yields of tomato crop.

**Keywords:** *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas tolaasii*, vermicompost, compost, phytopathogens.

## AGRADECIMIENTOS

Oh padre que estas en los cielos, bendito seas por siempre. Agradecido estoy contigo por darme la oportunidad de vivir. Gracias por todas las sensaciones que tengo y tendré. Gracias, porque en este momento me encuentro experimentando la felicidad, la satisfacción, la gratitud, el cariño, el sentirme amado y a la vez, la melancolía, tristeza, miedo, el llanto y otras tantas cosas más que hacen sentirme como creo nunca había estado, porque siento que ha llegado el momento de tomar caminos que dirigirán mi vida, y porque no encuentro la manera para afrontar estos sentimientos, pero sé que tu estarás hay y esto me da paz. Por eso, bendito seas, gracias por formarme, gracias por dejarme sentir y aprender, gracias por todo...bendito seas por todos los siglos...amén.

Al Colegio de Postgraduados, institución noble, precisando formar personas capaces de afrontar y resolver los problemas que enfrenta nuestro México, larga vida al Colegio de Postgraduados.

A los profesores que fueron participes de mi consejo particular, al **Dr. Antonio Trinidad Santos**, al **Dr. Juan José Almaraz Suarez**, al **Dr. Julián Delgadillo Martínez**, y al **Dr. Ciro Velazco Cruz**, a quienes les agradezco todo el tiempo otorgado para la elaboración de este trabajo de investigación, gracias por sus atinadas sugerencias en mi formación académica, siempre estaré agradecido.

Al finado **Dr. Juan Luis Tirado Torres** que a pesar de que formo parte de este consejo particular, siempre dejo en mí, esa visión de buscar el lado amable a la vida sin importar que tan devastadoras fueran las circunstancias...descanse en paz **Dr. Tirado**.

Agradezco de manera muy profunda a los doctores **Prometeo Sánchez García**, **Manuel Sandoval Villa** y a **Carlos Ramírez Ayala** por brindarme conocimientos que me ayudaron para contribuir en el desarrollo agrícola de mi comunidad de **Ixtlilco el Grande, Tepalcingo, Morelos**.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por la facilitación de una beca de manutención y poder así finalizar satisfactoriamente mis estudios de postgrado.

A mis compañeros con los cuales conviví dos cortos años. Les agradezco porque de ustedes aprendí cosas buenas y también cosas no muy buenas, les agradezco mucho. En especial agradezco a **David Arroyo Beristáin** ya que fue el primer chango platanero que conocí jajaja, vivencias chidas quedan. Y también muchas gracias por su amistad **Palomo** y **Anita**.

Y agradezco a toda mi familia.

Agradezco eternamente a **Rosi**, secretaria de mi consejero, por todo el gran apoyo que me brindo en todos los sentidos, gracias **Rosi**, porque usted fue un gran soporte,

gracias por brindarme su amistad, y ser mi aliada en muchas ocasiones. Le deseo lo mejor de la vida. Dios la bendiga.

## DEDICATORIAS

En tu nombre concluí esta meta y en tu nombre concluiré muchas más si tú me das vida.

A mi señor padre **Noé Cortés Solórzano:**

Cuando era yo un niño, tu siempre reflejaste en mi ese gran hombre y ejemplo a seguir que hasta ahora sigo admirando y me siento muy orgulloso de ser tu hijo y más aún por ser el primogénito. Además, siempre supiste y sabrás darme la palabra precisa para seguir adelante. Con mucho orgullo, te dedico este grado que acabo de obtener

A mi señora madre: **Enriqueta Hernández Farías:**

Mamá tu siempre me brindaste amor y mucho cariño, como olvidar eso, imposible. Al igual que mi papá, siempre estuviste en las buenas y en las malas. Sabes aconsejarme muy bien, gracias por apoyarme en mis proyectos de vida. Con mucho orgullo, te dedico este grado que acabo de obtener.

Padres, mi grandeza, será su grandeza, y dios mediante así será.

A mi hermano **Gustavo Cortés Hernández:**

**Gustravo, travo, tuvo, tavo,** cada vez que pronuncio tu nombre me causa gracia, porque será, tavo, tavo. Bueno, eres el hermano perfecto, el hermano que necesito, a pesar que eres tres años menor que yo, últimamente he aprendido muchas cosas de ti, y eso es bueno, porque quiere decir que ya no estás tan gis, jajajajaja. Yo espero de ti y de mí que seamos la mancuerna perfecta dios mediante, que el uno y el otro se jale para lograr el éxito, deseo que los proyectos que traemos, ojalá se echen andar. Y pa que no te sientas mal, también te dedico mi grado jajajajaja.

A mi novia **Diana Belén Villa Delgado:**

No sé cómo empezar a expresar todo lo que siento por ti, de repente te volviste un pilar fundamental en mi vida. Eres una de las cosas más grandes que me han pasado en toda mi existencia, contigo pase momentos muy felices y encantadores imposibles de olvidar. Esos recuerdo siempre me ataran a ti y son recuerdos porque fueron los momentos que disfrute al máximo contigo, soy afortunado de tenerte. Eres única.

Al **Dr. Antonio Trinidad Santos**, por guiarme acertadamente en mi formación académica y además por confianza que me brindo, por todo el apoyo incondicional otorgado, quedo y estaré agradecido con usted.

El cansancio físico y mental viene de estar en una misma posición o pensar en un mismo tema en tiempo y espacio.

A **Abraham Quevedo Cortes** y **Maribel**, a ti Abraham por permitirme aplicar todo el conocimiento teórico en los invernaderos, te agradezco mucho por que pudimos acentuar de manera práctica todos los conocimientos que adquirí durante mis estudios. Te agradezco por los consejos que me diste, eres un excelente primaso. Maribel eres bien camarada. Sus hijos la muñe y el pie grande, son encantadores.

## CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 PRODUCCION DE JITOMATE EN MEXICO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 CULTIVO DE JITOMATE.....</b>	<b>2</b>
2.2.1 ORIGEN.....	2
2.2.2 ETAPAS FENOLOGICAS DEL JITOMATE.....	3
2.2.3 VALOR NUTRICIONAL.....	4
2.2.4 REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS.....	4
<b>2.3 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCION DE JITOMATE .....</b>	<b>7</b>
2.3.1 PROBLEMAS NUTRICIONALES.....	8
2.3.2 CONTROL CLIMATICO.....	9
2.3.3 INCONVENIENTES EN LA UTILIZACION DE INVERNADEROS.....	11
2.3.4 PROBLEMAS FITOSANITARIOS.....	14
<b>2.4 PRINCIPALES CONTROLES FITOSANITARIOS .....</b>	<b>21</b>
2.4.1 QUIMICO.....	21
2.4.2 CULTURAL.....	22
2.4.3 BIOLOGICO.....	23
<b>III. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>33</b>
3.1.1 OBJETIVOS PARTICULARES .....	33
<b>3.2 HIPÓTESIS.....</b>	<b>34</b>
3.2.1 HIPÓTES PARTICULARES .....	34
<b>IV. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 DESCRIPCION DEL SITIO .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y ESTRUCTURALES DEL INVERNADERO.....</b>	<b>35</b>

<b>4.3 PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>36</b>
4.3.1 PREPARACION DEL SUELO .....	36
4.3.2 CALCULO DE LA CANTIDAD DE COMPOST Y LOMBRICOMPOST QUE SE INCORPORO AL SUELO .....	37
4.3.3 PRODUCCIÓN, DOSIS E INOCULACION DEL MICELIO DE <i>Trichoderma harzianum</i> .....	41
4.3.4 PRODUCCIÓN, DOSIS E INOCULACION DE <i>Pseudomonas tolaasii</i> .....	42
<b>4.4 VARIABLES DEPENDIENTES EVALUADAS.....</b>	<b>43</b>
4.4.2. NUMERO DE FRUTOS .....	46
4.4.3 BIOMASA SECA.....	46
4.4.4 NUMERO DE PLANTAS MUERTAS.....	46
<b>4.5. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....</b>	<b>48</b>
<b>4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>51</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>51</b>
5.1 RENDIMIENTO DE FRUTA .....	51
5.2 NUMERO DE FRUTOS .....	62
5.3 BIOMASA SECA .....	71
5.4 NUMERO DE PLANTAS MUERTAS.....	77
<b>VI. CONCLUSION.....</b>	<b>87</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>88</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Temperatura media mensual durante el periodo experimental. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2. Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost (C). ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 3. Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost (LC). ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4. Curva de rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y nitrógeno de lombricompost, e Intersección del rendimientos con diferentes tratamientos inoculados con T. harzianum y P. tolaasii. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5. Rendimiento de materia seca de jitomate por la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y lombricompost, en comparación a los diferentes tratamientos inoculados con P. tolaasii (P) y T. harzianum (T). ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 6. Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost en el cultivo de jitomate. ....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 7. Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost en el cultivo de jitomate. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 8. Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost y la intercepción de tratamientos inoculados con T. harzianum y P. tolaasii en la curva. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 9. Número de frutos de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de Compost y de Vermicompost y los tratamientos con inoculación de T. harzianum y P. tolaasii (T + P). ....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 10. Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost. ....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 11. Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost. ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 12. Peso de biomasa seca total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost y los tratamientos inoculados con T. harzianum y P. Tolaasii. ....</i>	<i>76</i>

<i>Figura 13. Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost y los tratamientos inoculados con T.harzianum y P. tolaasii.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 14. Incidencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de jitomate por grupos de tratamientos con abonos orgánicos y antagonistas en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos. ....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 15. Comparación de tratamientos sobre la incidencia de hongos fitopatógenos en Jitomate cultivado en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 16. Relación entre el rendimiento de fruta fresca e incidencia de patógenos en el cultivo del jitomate en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos. ....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 17. Comparación de incidencia de fitopatógenos con promedios generales en el cultivo de jitomate en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.....</i>	<i>84</i>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico-nutricional de lombricompost y compost.....	39
Cuadro 2. Cantidades de Compost y Lombricompost que se incorporaron a 13 Kg de suelo para cubrir los diferentes niveles de Nitrógeno. ....	40
Cuadro 3. Registro de plantas muertas por <i>Fusarium</i> y <i>Pythium</i> durante el desarrollo del experimento del mes de agosto al mes de noviembre de 2013.....	47
Cuadro 4. Lista de tratamientos utilizados en el ensayo de jitomate con el suelo contaminado de Ixtlilco el Grande, Municipio de Tepalcingo, Mor.....	50
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar.	50
Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca (ms) de fruta de jitomate (g maceta <sup>-1</sup> ).....	51
Cuadro 7. Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate (g maceta <sup>-1</sup> ) y comparación de medias con procedimiento Tukey. ....	52
Cuadro 8. Comparación de tratamientos por medio de p-value ajustado. ....	60
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable dependiente número de frutos. ....	63

Cuadro 10. Comparación de medias por procedimiento Tukey (alpha 0.05). .....	63
Cuadro 11. Comparación de tratamientos por medio de p-value ajustado. ....	69
Cuadro 12. Análisis de varianza para variable Biomasa seca del cultivo de jitomate ....	72
Cuadro 13. Comparación de medias, del rendimiento total de biomasa en el cultivo de jitomate, mediante el procedimiento Tukey. ....	72

## I. INTRODUCCION

Uno de los problemas que enfrenta el país en el sector agrícola, es el manejo fitosanitario de los cultivos; que abarca una red compleja de interacciones que es difícil anticipar en qué momento se presentará un brote infeccioso y cuál será la respuesta del cultivo ante estas circunstancias; y lo que es más crítico, qué medidas se deben tomar para evitar pérdidas significativas en la producción. Es por ello que, en la actualidad la producción de jitomate está empleando otras estrategias de una alternativa de manejo, como es el caso de la utilización de estiércoles procesados y organismos antagónicos, para inhibir el efecto de los patógenos del suelo.

Estas prácticas son importantes de evaluar principalmente con pequeños productores para el mejor control de problemas fitosanitarios que se presentan en sus cultivos de jitomate. Tal es el caso de la comunidad de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos, donde la aplicación empírica de estas tecnologías empieza a cobrar importancia, de tal manera que esta investigación aporta información sobre el mejor uso de supresores de los fitopatógenos del suelo. Con el propósito de contribuir a la solución de los problemas anteriores, se llevó a cabo un estudio sobre la evaluación del uso de compost, lombricompost y organismos antagónicos o supresores (*Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas tolaasii*) de los fitopatógenos del suelo (*Fusarium*, *Pythium*, *Verticillium* y *Rhizoctonia*). El objetivo fundamental del trabajo fue identificar si alguno de estos factores influye más eficientemente en la disminución de la incidencia de los fitopatógenos anteriores, con el propósito de mantener o aumentar los ingresos económicos de los productores de tomate de la comunidad de Ixtlilco, municipio de Tepalcingo, estado de Morelos.

## **II. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 PRODUCCION DE JITOMATE EN MEXICO**

En México existen en total alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12,000 son invernaderos y las otras 8,000 corresponden a malla sombra y macro-túnel entre otras. Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%), con el cual México ocupa el décimo lugar a nivel mundial con una producción anual de 3 millones de toneladas; por otro lado, el tomate es el tercer producto más exportado en el país y este cultivo convierte a México en el principal exportador mundial con una cifra de 1.5 millones de toneladas al año, es decir, el 50% de la producción total.

Alrededor del 86% de las unidades de producción son inferiores a 0.5 hectáreas; el 11.5%, de 0.51 a 5; y el 2.5% tienen más de 5 hectáreas. Esto indica que la mayoría de los agricultores tienen unidades de producción muy pequeñas, lo que hace necesario determinar estrategias para el acceso de ellos a la tecnología moderna, servicios de capacitación y su asistencia técnica (Ponce 2013).

### **2.2 CULTIVO DE JITOMATE**

#### **2.2.1 ORIGEN**

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es originario de Sudamérica, fue domesticada en México e introducida a Europa en el siglo XVI. Durante un tiempo su uso como alimento no tuvo la confianza de los consumidores. Los botánicos comenzaron a hacer diferentes descripciones de la especie, incluyéndose por primera

vez en un catálogo comercial a finales del siglo XVIII. Los procesos de mejoramiento parten de los principios fundamentales de la genética mendeliana, a finales del siglo XIX. Y a partir del siglo XX se investiga más en el mejoramiento del tomate dando como resultado la aparición de los primeros híbridos F1, los cuales fueron determinantes para el desarrollo de este cultivo (Vergani 2002).

### **2.2.2 ETAPAS FENOLOGICAS DEL JITOMATE**

En el cultivo del tomate, se observan tres etapas durante su ciclo de vida:

#### *Inicial*

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

#### *Vegetativa*

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrimentos para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

#### *Reproductiva*

La etapa reproductiva se inicia a partir de la floración hasta la fructificación y dura entre 30 a 40 días para la cosecha; esta etapa es muy importante por el requerimiento de nutrimentos necesarios para su desarrollo y rendimiento, ya que la planta extrae del

suelo los nutrimentos que se utilizan para el buen desarrollo y rendimiento del fruto (Pérez *et al* 2002).

### **2.2.3 VALOR NUTRICIONAL**

El valor nutricional del tomate varía de acuerdo a la variedad, las condiciones de cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, entre otros aspectos. Según la Información de Coronel (2009), se señala que el fruto del Jitomate contiene un 94% de agua, 4 % de carbohidratos, 1 % de proteínas, 0.3 % de cenizas y 0.7 % de ácidos Y vitaminas. Dentro de las vitaminas se mencionan las siguientes proporciones en cada 100g de peso seco: Vitamina A (alfa y beta caroteno) con 1700 mg/g, vitamina B1 (Tiamina) con 0.10 mg/100g, vitamina B2 (Riboflavina) con 0.02 mg/100g y la vitamina B5 (Niacina) con 0.06 mg/100g.

### **2.2.4 REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS**

#### *Fotoperiodo*

La planta requiere de luz solar suficiente para el buen desarrollo y fructificación.

#### *Altitud*

La planta se desarrolla bien entre 0 - 1800 msnm.

#### *Precipitación*

Requiere de 460 mm por periodo vegetativo. Cuando la evapotranspiración es de 5 a 5 mm/día, la absorción de agua se ve afectada cuando esta se agota en más del 40% del agua total disponible en el suelo. El tomate se cultiva preferentemente bajo condiciones

de riego, pero en caso de cultivarse bajo condiciones de temporal, 600 mm de precipitación se consideran suficientes para esta especie.

#### *Humedad relativa*

El rango más favorable de humedad relativa va de 50% a 60% en el medio donde se está desarrollando la planta.

#### *Temperatura*

El rango de temperatura esta entre 15 y 29 °C. El crecimiento vegetativo es muy lento con temperaturas por debajo de 10°C. La floración se detiene con temperaturas menores de 13°C, mientras que las temperaturas mayores de 30 °C pueden afectan la floración.

La temperatura óptima para la floración se encuentra entre 15 y 18°C. Es una especie sensible al termoperiodo, las altas temperaturas nocturnas (22-30°C) reducen la formación de flores. El licopeno, que es responsable de la coloración del fruto, comienza a destruirse por arriba de los 30°C. La temperatura del suelo debe estar entre 25 y 30°C para lograr la más alta actividad fotosintética.

Rango de 25 - 30°C es óptimo para fotosíntesis. Las medias óptimas para este cultivo son 21 - 24°C de día y 15 - 20°C de noche. La mínima no deberá bajar de 12°C y las noches deben de ser relativamente frescas (18 - 20°C). Temperaturas diurnas inferiores a 21°C reducen sensiblemente la floración; para maduración, la temperatura diurna debe ser superior a 23°C, pero no superior a 27°C. Áreas con temperaturas altas

nocturnas superiores a 20°C, son poco aptas para el tomate. La oscilación térmica diaria debe de ser de 9 a 11°C.

La temperatura óptima es de 26 a 32°C para germinación de la semilla, 25-26°C para crecimiento de la plántula, 22 - 27°C para la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, 18 - 20°C para formación de fruto y 24 a 28°C para la maduración de fruto.

El óptimo de temperatura media mensual es de 20 a 24°C, el desarrollo se detiene a 10 - 12°C y la planta se huela a -2°C.

### *Luz*

Requiere alta intensidad luminosa. La escasez de luz produce debilitamiento en las plantas, las cuales se tornan más susceptibles a enfermedades.

Los frutos registran el más alto contenido de ácido ascórbico cuando crecen a altas intensidades luminosas. Esta especie prefiere mucha insolación.

### *Suelo*

Los suelos óptimos son los limos ligeros, y desarrolla bien en suelos franco-arcillosos pero prefiere suelos franco-arenosos de mediana fertilidad. Requiere suelos profundos por lo general mayores de 1 m. Más del 80% de la absorción total de agua tiene lugar en la primera capa de suelo de 0.5 a 0.7 m y el 100% de la absorción de agua en un cultivo plenamente desarrollado tiene lugar a partir de la primera capa de suelo de 0.7 a 1.5 m.

Moderadamente sensible a la salinidad. El rendimiento disminuye cuando la salinidad es superior a 3.5 mmhos/cm. El rango óptimo de pH va de 5 a 7.

Requiere suelos con buen drenaje. Los encharcamientos pueden promover el desarrollo de enfermedades, a las cuales el tomate es muy susceptible (Ruiz *et al.*, 1999).

### **2.3 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCION DE JITOMATE**

En México, tanto el sector agrícola como pecuario ha sufrido cambios muy importantes en la productividad en las últimas tres décadas (Escalante *et al.*, 2007). El continuo proceso de urbanización, el rápido proceso de globalización y las transformaciones demográficas han creado un nuevo panorama para el sector agrícola de México (Escalante *et al.*, 2005), y este panorama se caracteriza por los cambios tecnológicos que contribuyen al aumento de la productividad, enviando al mercado nuevos productos agrícolas que se moldean a las exigencias de los mercados internacionales, cambios apoyados en modificaciones genéticas que mejoran y potencializan las variedades de los cultivos, y nuevos sistemas de organización que influyen en las formas de comercialización y con ello cambian rotundamente los métodos de inserción al mercado internacional (Escalante *et al.*, 2000; Ibarra y Acosta, 2003), por ejemplo, la producción de tomate es una de las actividades más dinámicas y con mayor capacidad exportadora del país (Cih *et al.*, 2011). Durante 2008, las divisas que se obtuvieron por concepto de exportaciones de tomate en fresco o refrigerado fue poco más de \$1,203 millones de dólares, enviándose 99% del total al mercado estadounidense (Secretaría de Economía, 2009); sin embargo de acuerdo a SAGARPA (2014), el tomate junto con las legumbres, frutas y hortalizas frescas, disminuyeron su producción ya que se

registró una disminución de la superficie cosechada de cultivos en 57 mil hectáreas en comparación con las más de 1 288 000 obtenidas en 2013 siendo así los cultivos de papa, jitomate, trigo, avena forrajera, alfalfa verde, caña de azúcar, mango y plátano que resultaron más afectados.

Pero a pesar de esto Cook y Calvin (2005), mencionan que México con su retraso que presenta en la adopción de tecnología para la producción de tomate en invernadero en comparación con los Estados Unidos de América y Canadá, el país cuenta con suficiente tecnología avanzada, para producir tomate. Además cuenta con una amplia gama de condiciones climáticas, lo que es ventajoso para poder producir en cualquier época del año y colocar al país como proveedor constante de esta hortaliza en el mercado estadounidense.

Sin embargo, la amplia gama de climas favorece al factor causal para el desarrollo de problemas fitosanitarios que afectan en el orden técnico y económico al cultivo. En la parte técnica, las plagas y enfermedades representan una amenaza muy constante en la producción, principalmente para todos aquellos productores que cultivan a campo abierto. Además existen muchos productores que ignoran la importancia de un control global para evitar infestaciones de otras parcelas y cultivos (Cih *et al.*, 2011).

### **2.3.1 PROBLEMAS NUTRICIONALES**

La nutrición de cultivos en nuestro país se inició hace alrededor de seis décadas, no obstante desde los tiempos prehispánicos las culturas del sureste de la república

mexicana, como la Olmeca y Maya, habían desarrollado prácticas de fertilización, sistema de riego y drenaje, e incluso una clasificación de suelos

La investigación de nutrición de cultivos se ha multiplicado en las últimas décadas pero aun no es suficiente para afrontar los enormes retos que hay en el país, ya que son pocos los temas que se han desarrollado y gran parte de las investigaciones que se han llevado a cabo han sido sobre cultivos básicos y árboles frutales y muy poca atención se les ha prestado a todos aquellos cultivos de alto valor comercial como son las hortalizas, las plantas ornamentales y las especies forrajeras. Adicionalmente, la investigación conducida sobre el tema solamente se ha desarrollado de forma consistente en algunos estados de la república y en la mayoría de las entidades federativas ha sido casi nula (Alcantar *et al.*, 1996).

En la actualidad ya no es posible incorporar nuevas tierras de cultivo a la producción en México, pero se requieren de aumentos anuales en la producción de alimentos, al menos para compensar el crecimiento de la población. Por consiguiente es indispensable evolucionar hacia una agricultura altamente tecnificada, pero sustentable, la cual debe tener crecimientos eficientes de variedades mejoradas de los principales cultivos y el óptimo manejo de los insumos para la producción, en donde, el estudio de la nutrición de los cultivos juega un papel fundamental (Alcántar y Trejo 2009).

### **2.3.2 CONTROL CLIMATICO**

La agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales de países, principalmente del Hemisferio Norte, donde el factor limitante para la producción es el

clima. En la actualidad el uso de tecnología de invernaderos está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos al servicio de los productores a nivel nacional e internacional.

México mantiene a la fecha un avance constante en la implementación de las diversas tecnologías existentes. La introducción de estas tecnologías se incrementara conforme aumenten las necesidades alimentarias del mundo (Fundación produce Sinaloa 2006). Este sistema de producción se realiza bajo diversas estructuras y cubiertas que tiene como objetivo proteger los cultivos. La principal función de los invernaderos es crear condiciones óptimas y apropiadas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono, para generar un crecimiento y desarrollo óptimo en el cultivo, incrementando así la calidad y cantidad de cosecha (Castañeda *et al.*, 2007; Bastida, 2008; Moreno *et al.*, 2011). El éxito de los invernaderos se basa en sus características tipológicas y de operación, material de cubierta, condiciones climáticas externas, tipo y manejo del cultivo, sistemas de producción y ventilación, siendo esta la más importante porque de ella depende el buen desarrollo y crecimiento del cultivo dentro del invernadero (Ortega *et al.*, 2014). El control de factores abióticos como la temperatura, humedad y concentración de CO<sub>2</sub> son variables climáticas que determinan el desarrollo de las plantas, reflejado en los resultados de producción en cantidad y calidad (Matallana y Montero, 2001; Roy *et al.*, 2002; Pérez, 2002; Castilla y Hernández, 2005; García *et al.*, 2010).

### **2.3.3 INCONVENIENTES EN LA UTILIZACION DE INVERNADEROS**

El uso de construcciones agrícolas donde implique la utilización de tecnologías vanguardistas como en el caso de los invernaderos, es con el fin de aumentar los rendimientos y esto se va de la mano con el uso eficiente del agua y la fertilización, el manejo apropiado de los cultivos, el uso de variedades de alto rendimiento, consideraciones climáticas regionales y una planeación eficiente de todas las actividades dado que estos son parámetros que permiten cumplir con las expectativas planteadas. Sin embargo el diseño, construcción y manejo de invernaderos presenta inconvenientes para la mayoría de los productores que se deben anticipar antes de emprender la construcción de estos, para estar prevenidos y amortiguar los efectos negativos como son;

1. inversión inicial alta. Consiste en los costos. Esto representa una inversión relativamente alta que, en la actualidad, solo se justifica para cultivos altamente redituables como las hortalizas, frutales y especies ornamentales, no entrando los cultivos básicos.
2. Alto nivel de especialización y capacitación. Los cultivos bajo condiciones protegidas requieren de un manejo especializado de productores, técnicos y trabajadores para un óptimo funcionamiento, sobre todo si se trabaja con sistemas hidropónicos, siembra en sustratos y sistemas y equipos tecnificados. Es importante tomar en cuenta que se requiere un alto conocimiento para la

comercialización del producto, ya que de esto dependerá la recuperación de la inversión inicial que se utilizó para echar andar el sistema de producción.

3. Altos costos de producción. Aquí se engloban los gastos de operación, como los insumos, semillas, fertilizantes, mano de obra e imprevistos, que generalmente se presentan.
4. Alto riesgo de propagación de enfermedades y plagas. En los invernaderos debido al control de factores abióticos principalmente climáticos, automáticamente se están creando las condiciones idóneas para la proliferación y propagación de enfermedades y el desarrollo de plagas. De no controlarse estos problemas se pueden generar graves estragos en la producción del cultivo (Fundación produce Sinaloa 2006).

SAGARPA (2014) a través del programa Fomento a la Agricultura en su componente Producción Intensiva y Cubiertas Agrícolas (PROCURA) señala como objetivo a contribuir en incrementar la producción y productividad de las unidades rurales agrícolas mediante incentivos para: integración de cadenas productivas (sistemas producto), desarrollo de agroclusters; inversión en capital físico, humano y tecnológico, reconversión productiva, agro insumos, manejo postcosecha, uso eficiente de la energía y uso sustentable de los recursos naturales.

Los incentivos económicos otorgados son los siguientes:

Conceptos de Apoyo.

<b>Tipo de infraestructura</b>	<b>Montos máximos</b>
Macro túnel	Incentivos de hasta \$90,000.00 (noventa mil pesos 00/100 M.N.), por hectárea; hasta \$2'700,000.00 (dos millones setecientos mil pesos 00/100 M.N.) por proyecto. No se otorgarán incentivos superiores al 50%.
Malla sombra	Incentivos de hasta \$300,000.00 (trescientos mil pesos 00/100 M.N.), por hectárea; hasta \$2'700,000.00 (dos millones setecientos mil pesos 00/100 M.N.) por proyecto. No se otorgarán incentivos superiores al 50%.
Malla antigranizo con estructura	Incentivos de hasta \$70,000.00 (setenta mil pesos 00/100 M.N.), por hectárea; hasta \$700,000.00 (setecientos mil pesos 00/100 M.N.) por proyecto. No se otorgarán incentivos superiores al 50%.
Invernaderos	Incentivos de hasta \$900,000.00 (novecientos mil pesos 00/100 M.N.), por hectárea; hasta \$2'700,000.00 (dos millones setecientos mil pesos 00/100 M.N.) por proyecto. No se otorgarán incentivos superiores al 50%.

La mayoría de los productores no cuentan con los recursos suficientes para poder cubrir el 50% de gastos que se les pide y más aún, no todos cuentan con superficies mayores a dos hectáreas. De acuerdo al censo agrícola, ganadero y forestal (2007), hay 2 415 716 unidades de producción con una superficie de dos hectáreas que representa el 43.53 % de las unidades agrícolas totales en el país. Aparentemente esto limita las posibilidades de poder desarrollarse financieramente a través de cultivos bajo condiciones protegidas. Sin embargo, la secretaria de economía (2007) menciona que México se destaca como exportador de productos agroalimentarios, creciendo a una tasa anual de 12 %, cuando las importaciones lo han hecho a un 11%. Se destaca así el tomate, aguacate, limón persa, café orgánico, *Aloe vera* (Sábila), pepino y pimiento como los principales productos agrícolas exportados, lo cual abre una oportunidad de negocio para el panorama agrícola del país.

#### **2.3.4 PROBLEMAS FITOSANITARIOS**

Hoy en día la producción agrícola y en particular la sanidad vegetal ponen su atención en la generación de nuevas estrategias de control sanitario basadas fundamentalmente en tecnologías de la información, las cuales sin duda alguna han demostrado su éxito para incrementar la calidad de los productos y así disminuir la contaminación y el impacto ambiental que provoca el uso de insumos químicos como pesticidas. Dentro de estas nuevas estrategias, la utilización de la información meteorológica combinada con modelos de simulación, ayuda a tomar decisiones en cuestión de plagas y enfermedades y ha ganado gran interés en la investigación agrícola para la predicción

de estas. Siendo así una herramienta valiosa para aumentar la eficiencia en la producción y protección vegetal (SAGARPA 2011).

A pesar de las nuevas tendencias tecnológicas que se han desarrollado para el abatimiento de los problemas fitosanitarios, en el cultivo de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en las zonas altamente productoras de México, destacan principalmente enfermedades fungosas, las cuales afectan ramas, peciolo, hojas, tallos y frutos y por consiguiente disminuyen su rendimiento (Fraire 1993). Tradicionalmente el control de estos patógenos ha sido a través de agroquímicos, los cuales se deben de aplicar a la semilla, follaje y al suelo, mostrando resultados positivos. Sin embargo, el uso de estos agroquímicos trae como resultado un aumento de la resistencia de los fitopatógenos, por lo que consecuentemente hay que aumentar la dosis o cambiar productos más potentes, trayendo como desventaja que el control se vuelva más costoso y difícil de solventar por parte del productor. Además, estos productos traen consigo efectos nocivos para el medio ambiente debido a su residualidad. Por tal motivo, se está empezando a usar el control a través de agentes biológicos como una nueva opción al uso de plaguicidas en la agricultura (Michel *et al.*, 2008).

Un control biológico idóneo toma en cuenta que el agente antagónico es introducido solamente cuando existe la necesidad de una mayor efectividad; la población de agentes antagónicos no debe ser mayor que aquella que suprime adecuadamente al agente patógeno. Los hongos más utilizados en el control biológico pertenecen a los Hyphomycetes; ejemplo de ellos son; *Trichoderma*, *Penicillium* y *Gliocladium*. El género *Trichoderma* ha demostrado ser un agente antagónico más eficiente debido a su

amplio espectro de acción, por sus enzimas producidas por la actividad antibiótica, mico-parasitismo y también por su capacidad de aumentar el desarrollo y crecimiento de las plantas (Howell 2003; Harman *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2004). El *Trichoderma* spp. se ha usado como agente de biocontrol para combatir a hongos fitopatógenos como es el caso de *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Botrytis cinérea* y *Fusarium* spp., entre muchos otros (Zelinger y Omann, 2007). Además, Ezziyyani *et al.* (2004), mencionan que *Trichoderma* es capaz de disminuir *in vitro* en un 65 % la tristeza causada por *Phytophthora capsici* en pimiento.

#### **2.3.4.1 *Fusarium* spp.**

Uno de los principales problemas que presentan los cultivos, en especial las hortalizas, es la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* sp., que tiene una amplia distribución por todo el mundo (Jones 1991). Este patógeno además de que es un habitante del suelo, se ha encontrado que puede diseminarse por semilla (Abdalla *et al.*, 1998). El hongo *fusarium* responsable de la marchitez, primero penetra por la raíz y después invade el sistema vascular de ésta (Turlier *et al.*, 1994). El patógeno entra en la raíz debido a la exudación de geles y deposiciones de calosa y tilosa (Takken *et al.*, 2010). En la actualidad, se han hecho también varios estudios sobre mecanismos de acción de *Fusarium oxisporum*, y el control del este fitopatógeno mediante la aplicación de productos químicos y orgánicos. También se han utilizado otros métodos de control, que a diferencia de los productos químicos no ocasionan problemas de contaminación del entorno ecológico. Estas alternativas son las siguientes: uso de prácticas de

solarización y acolchado mediante el uso de plásticos degradables, rotación de cultivos, fumigación orgánica y asociación de cultivos.

Rodríguez y Montilla (2002), reportaron que al realizar una inmersión de las raíces de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en una solución que contenía extracto de semilla de *Citrus paradisi*, más una aplicación semanal de esta solución al suelo redujo en un 85 % la marchitez en la planta. De igual manera Cebolla *et al.* (1993), demostraron que al aplicar la técnica de solarización, adicionando pequeñas dosis de fumigantes permite una cosecha satisfactoria hasta el segundo año de cultivo. Sin embargo, Jarvis y Thorpe (1981) indicaron que la técnica de solarización no es tan efectiva para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, ya que suele agravar la incidencia del patógeno. Mencionan también, que lograron controlar la incidencia del patógeno, incorporando enmiendas de residuos de lechuga en los cultivos de Tomate en los invernaderos. De igual manera, se ha encontrado que una forma de combatir a estos hongos fitopatógenos es por medio del uso de organismos antagonistas, como lo señala Santamarina *et al.* (2003), quienes al utilizar *Penicillium oxalicum* contra *Fusarium oxysporum*, encontraron que el *P. oxalicum* tiene un gran éxito como agente de biocontrol, debido a que inhibió el crecimiento de *Fusarium*.

Sin duda alguna, todos los esfuerzos que se han hecho para el control de este hongo, son de gran importancia y tienen un valor significativo para la protección fitosanitaria, pero según González *et al.* (2012) en la actualidad uno de los métodos más eficientes para el manejo de este hongo, es el empleo de variedades resistentes. Mitedieri *et al.* (2005) aseguran que utilizar variedades resistentes a hongos fitopatógenos, como porta

injertos, es una técnica prometedora para productores orgánicos o empresas que deseen reducir el uso de agroquímicos.

#### **2.3.4.2 *Pythium spp.***

El necrosamiento por *Pythium* sp. fue citado primero en 1930, pero la enfermedad no fue reconocida como un problema en algunas partes de América hasta 1954. Inicialmente se creyó que la quemazón por *Pythium* sp. era una enfermedad exclusiva de las gramíneas. Sin embargo, la enfermedad ahora también se reconoce como problema en todo tipo de cultivos (Plaats y Niterink, 1981).

Los primeros fungicidas que se usaron para el control de las enfermedades de *Pythium* sp. incluían el mercurio inorgánico, el captán, el diclone, la cicloheximida y compuestos orgánicos de mercurio. Estos productos químicos proporcionaron solamente un control limitado de la quemazón por *Pythium* sp. En 1979, el metalaxil fue el primer fungicida sistémico registrado en los Estados Unidos con propósito específico de controlar las enfermedades causadas por *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. (Morton y Urech, 1988).

Cuando las semillas están infectadas, se tornan blandas, pastosas, negras y después mueren. Los síntomas en los tallos, hacen que estos caigan. Las plantas sin importar la etapa fenológica, se marchitan o toman un color amarillento y a menudo sus hojas se enrollan. Como consecuencia las plantas tendrán un rendimiento muy pobre. En semillero cuando inicia el ataque del hongo se nota en la punta de la raíz la infección y lentamente se desintegra las raicillas capilares y las raíces finas laterales, que es de

suma importancia para la absorción de nutrimentos. Las raíces blancas y relucientes se tornan de color marrón claro, luego marrón oscuro y finalmente negro (Kehdi, 2003).

Para el control de este hongo se utilizan varios métodos, por ejemplo los culturales, se pueden emplear para promover un entorno donde la infección de *Pythium* sp. sea limitada. La fertilización excesiva trae problemas con este hongo y más aún si se da en meses calurosos. El nitrógeno, es un nutrimento que si no se supervisan sus niveles, detona el impacto de la enfermedad de una manera muy severa (Allen *et al.*, 2009). Múltiples técnicas se han utilizado para el control de las enfermedades producidas por este hongo, como por ejemplo, los productos químicos, radiación ultravioleta o microorganismos (Moulin y Col, 1996).

#### **2.3.4.3 *Verticillium* spp.**

La marchitez por *Verticillium* sigue siendo uno de los problemas causados por patógenos del suelo. Históricamente, el control de *Verticillium* fue la entrada para crear estrategias de control en suelos y para mitigar el efecto negativo de estas enfermedades que tenían los cultivos (Bolda y Koike, 2013). Berlanger y Powelson (2005) mencionan, que los síntomas y signos de la enfermedad pueden variar y ninguno es absolutamente diagnosticado. Estos síntomas pueden empezar en una prematura clorosis foliar y al final una necrosis, después un descoloramiento vascular en los tallos y raíces. Los síntomas son más evidentes en días soleados. Una forma de mitigar los problemas causados por este hongo, según Ben *et al.* (1989), es usar variedades resistentes a *Verticillium* sp. Metham sodio es efectivo contra este fitopatógeno, ya que es de bajo costo y de fácil aplicación en suelos con sistemas de

riego por aspersión. Davis *et al.* (1996) demostraron que al usar el pasto sudan o plantas de maíz como abono orgánico, los rendimientos eran superiores en los tratamientos involucrados con abonos orgánicos.

La Verticilosis, es responsable de importantes pérdidas en una amplia gama de especies cultivadas, como son: algodón, cultivos hortícolas y olivo. Los factores más importantes que determinan el desarrollo de la Verticilosis involucran la cantidad del agente en el suelo y su grado de virulencia. El conocimiento de ambos factores previamente a la siembra o plantación es fundamental para establecer niveles de riesgo y diseñar estrategias de control (López *et al.*, 2003).

#### **2.3.4.4 *Rhizoctonia solani***

La pudrición apical causada por *Rhizoctonia solani*, es una enfermedad muy común en las hortalizas (Castellanos *et al.*, 2013), y es la más importante que tiene su origen en el suelo, ya sean de uso agrícola (Sneh *et al.*, 1991). A través del tiempo varios métodos han sido probados y utilizados, como son: solarizaciones, productos químicos y controles biológicos. El control biológico, ha tenido mucho éxito en los últimos años. Este está basado en la inoculación y presencia natural de varios organismos antagonistas (Baker and Cook, 1974). Según, Hadwan y Khara, (1990), y Lin *et al.* (1994) los hongos más usados para el control biológico y combatir *Rhizoctonia solani*, se centra en el género *Trichoderma*; también se han usado bacterias antagonistas de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* para el control de este fitopatógeno (Gasoin *et al.*, 1998). Se ha demostrado que *Bacillus subtilis* y *Bacillus lentimorbus* presentan un excelente potencial para ser usados como agentes de biocontrol para *Rhizoctonia*

*solani* en cultivos de Jitomate en invernadero y a nivel de campo (Montealegre *et al.*, 2003). En el mundo biológico existe una interacción continua entre los patógenos potenciales y sus antagonistas, de forma tal que estos últimos contribuyen a que en la mayoría de los casos no se desarrollen las enfermedades. En condiciones naturales los microorganismos están en un equilibrio dinámico tanto en el suelo, como en la superficie de las plantas (Orietta, 2001).

## **2.4 PRINCIPALES CONTROLES FITOSANITARIOS**

En general, para el control de enfermedades en Jitomate, como para cualquier otra especie, se debe hacer un programa donde se considere la integración de todas las posibilidades de control para tener un uso racional de los productos fitosanitarios, y ocasionar el mínimo impacto ambiental y económico y que los productos cosechados sean inocuos (Jaramillo *et al.*, 2007). La evolución natural de los sistemas de producción agrícola ha derivado en los últimos años hacia métodos de control de plagas y enfermedades más racionales y respetuosos con el medio ambiente (Badii, 2004; Badii y Abreu, 2006; Badii y Ruvalcaba, 2006; Badii *et al.*, 2005). Estas nuevas tecnologías emanan el concepto y desarrollo de la producción integrada (Badii *et al.*, 2003).

### **2.4.1 QUIMICO**

Alrededor del 60 % de los productos químicos utilizados actualmente son fungicidas. Normalmente la mayoría de los productos químicos son nocivos para la mayoría de los fitopatógenos, mientras que otros productos pueden atacar a uno o varios de ellos

(Achicanoy, 2001). Normalmente para desinfectar un suelo de acuerdo a Gamboa y Sangiacomo (2000), se utiliza el metam sodio y el dazomet. Sin embargo, no siempre resulta efectivo el control químico, ya que se ha encontrado que hay otros métodos más eficientes que este (Benavides *et al.*, 2002). De igual manera Ayala y Orrego (2009) documentaron, al evaluar la eficiencia de diferentes productos químicos para el control de la pudrición carbonosa del tallo en el cultivo de Sésamo (*Sésamum indicum*), que ninguno de los tratamientos fue eficiente para el control de esta enfermedad. Los agricultores normalmente realizan sus aplicaciones de fungicidas cuando observan síntomas de la enfermedad (Salazar, 1996; Tórrez y Thiele, 1998). Bajo estas condiciones de aplicación de fungicidas, en años con época de incidencia, las pérdidas pueden ser considerables (Fernández *et al.*, 1999).

El principal método de manejo de plagas y enfermedades ha sido el control químico; pero problemas tanto de contaminación ambiental, que han impactado negativamente a la biodiversidad de los agroecosistemas, como de seguridad y salud pública inherentes a la fabricación y uso inadecuado de los agroquímicos, ha conducido a la búsqueda y desarrollo de alternativas ecológicas (Zavaleta, 2000).

#### **2.4.2 CULTURAL**

El control cultural de las plagas y enfermedades consiste en la utilización de prácticas agrícolas ordinarias o algunas modificadas de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su propagación, y disminuir el porcentaje de incidencia. En otras palabras son medidas de control que se toman como prevención, las cuales ayudan a planificar a medida que se

va desarrollando la producción agrícola. Este método está basado en labores de preparación del terreno donde se llevara a cabo la siembra del cultivo, formas de siembra, selección apropiada de variedades, uso y manejo del agua y fertilizantes, periodos de cosecha, etc. La utilización correcta de las prácticas agrícolas, demanda ciertos conocimientos técnicos sobre la fisiología, fenología, características agronómicas, un buen conocimiento de la biología de las enfermedades, su comportamiento y su aparición estacional.

Entre las técnicas de control más usadas se encuentran:

- a. Destrucción de la fuentes de infestación o plantas hospederas alternativas.
- b. Destrucción de los residuos de la cosecha.
- c. Destrucción de malezas y limpieza de los bordes del campo.
- d. Poda y destrucción de órganos infestados.
- e. Vigorización de las plantas y uso de fertilizantes
- f. Evitar las estaciones favorables a las enfermedades.
- g. Rotación de cultivos.
- h. Control de los riegos y la fertilización.
- i. Practica del aporque.

(César y Pino, 1982).

### **2.4.3 BIOLÓGICO**

Los productos químicos causan muchos efectos adversos, hoy en día, la tendencia agroindustrial, está caminando en la mitigación de sus altos costos de producción, así como, en la reducción de los residuos de pesticidas en el medio ambiente, dando lugar

a la generación de nuevas tecnologías de control, como es el caso del control biológico (Tanada y Kaya, 2001). Actualmente, muchas investigaciones se han centrado en la búsqueda de nuevos antimicrobianos, principalmente de actinomicetos y bacterias, por su capacidad de producir antibióticos naturales y metabolitos secundarios (Oskay *et al.*, 2004; Prashith *et al.*, 2010). Estos agentes afectan negativamente el desarrollo de fitopatógenos; consecuentemente esto limita la proliferación de la enfermedad (Ahmed *et al.*, 1999; Ahmed 1999). Algunos de estos agentes antagónicos, son bacterias del genero *Bacillus*, que tiene capacidad de inhibir fitopatógenos de suelo y estimular al crecimiento y desarrollo de las plantas (Podile y Laxmi, 1998). Muchas investigaciones han demostrado que al usar antagonistas como *Paenibacillus lentimorbus*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma polysporum*, se pueden controlar fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* (Gonzales y Guenca, 2008; Santander *et al.*, 2003). El *Trichoderma* es un agente promisorio en el control biológico de *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* por su acción antagónica (Aceves *et al.*, 2008). Reyes *et al.* (2002), comprobaron la eficacia de la capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* al observar la ausencia de síntomas de la enfermedad en las plantas.

Los hongos antagonistas resultan ser muy importantes para el control biológico de los fitopatógenos. Estos microorganismos presentan diferentes mecanismos de acción, como: competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, resistencia inducida, etc. Entre más mecanismos de acción presente el agente antagonista, mayor será la eficiencia de control sobre el patógeno causante de la enfermedad (Infante *et al.* 2009). El uso potencial de microorganismos antagónicos de enfermedades en la plantas ha sido recientemente estudiado (Misaggi y

Doonndelinger, 1990). El control biológico de hongos fitopatógenos requiere de la aplicación práctica de la definición de riesgo de la enfermedad de origen telúrico dada por la noción de unidad de potencial infeccioso y de gravedad de la enfermedad (Louvet 1973), y de la estimación cuantitativa del potencial infeccioso del suelo (Bouhot 1975).

#### **2.4.3.1 COMPOST**

Los abonos orgánicos brindan oportunidades valiosas para evaluar las relaciones entre fitopatógenos, agentes de control biológico, materia orgánica del suelo y las raíces de las plantas. Los abonos orgánicos tienen el suficiente potencial para controlar enfermedades causadas por fitopatógenos, ya sean foliares o vasculares. Es muy importante tener en cuenta que la materia orgánica excesivamente estabilizada, es muy difícil que favorezca actividad antagónica ante los patógenos, debido a que abundan más microorganismos incapaces de suministrar control biológico. Las características físico-químicas de las composts afectan significativamente el control biológico que estas pudieran tener. La conductividad eléctrica, la tasa de liberación de nutrimentos y en particular, la cantidad de nitrógeno, afectan el potencial supresivo. El pH del compost y el tiempo de aplicación, con relación a la siembra de los cultivos, son factores adicionales que requieren su consideración (Hoitink *et al.*, 1997).

El compost se genera de los residuos orgánicos composteados y es importante conocer sus características biológicas para estudiar su potencial como agente de control biológico (Dianez *et al.*, 2002). Se ha demostrado que el compost bajo condiciones ambientales controla muy bien los fitopatógenos del suelo atacan a las

plantas (Navarro y Umaña, 1997), incluso, se ha visto que el té de compost es muy útil para el control de *Verticillium fungicola* en los cultivos de champiñón (Gea y Navarro, 2008). En la producción agrícola, es importante incorporar materia orgánica, como los composts, ya que estos además de ser un inóculo de agentes antagonistas sirven también como fuente de alimento para estos microorganismos. Solamente así se puede lograr un control sostenible basado en la actividad de las comunidades microbianas (Hoitink y Boehm, 2001). Sin embargo, cuando aplicamos químicos para la desinfección del suelo, estos afectan a los depredadores o competidores naturales, que inhiben el control de los patógenos del suelo. La ausencia de microorganismos benéficos brinda una excelente oportunidad a los patógenos a recolonizar el suelo (Katan *et al.*, 1980). Se han documentado casos de recolonización por patógenos muy agresivos para los cultivos, obligando a usar dosis más elevadas y productos químicos más potentes, aumentando aún más la resistencia de los patógenos (Katan *et al.*, 1981).

#### **2.4.3.2 LOMBRICOMPOST**

El concepto de agricultura orgánica se basa en los modelos de producción integrales que utilizan insumos naturales en las prácticas de manejo, como la incorporación de composts, abonos verdes, cultivos trampa, extractos vegetales y el control biológico, generando productos agrícolas libre de residuos tóxicos (Gómez *et al.*, 1999). Existen varios métodos para producir abonos orgánicos, uno de ellos es la lombricompost, en la cual se utiliza la lombriz *Eisenia foetida*, comúnmente conocida como lombriz roja californiana, esta ingiere grandes cantidades de residuos orgánicos

semidescompuestos y los excreta digeridos, llamándose humus de lombriz, lombricompost o vermicompost, que son una fuente ideal para la proliferación de microorganismos benéficos para la planta y suelo; según se reporta, el humus de lombriz presenta hasta un 5 % de nitrógeno, 5 % de fosforo, 5% de potasio, 4 % de calcio, un pH entre 7 y 7.5 y hasta 2 billones de microorganismos benéficos por gramo/lombricompost (Hernández y Cruz, 1993). Con esta población de microorganismos que presenta el lombricompost, tiene gran potencial para el control de enfermedades y plagas. Mendoza *et al.* (2003) observaron que al combinar lombricompost y gallinaza se presentaba poco incidencia de gusano del fruto en cultivos de tomate. El humus de lombriz se ha usado para distintos cultivos; Osorio *et al.* (2011) encontraron que al aplicar extractos del humus de lombriz para el control de *Fusarium*, disminuyó el crecimiento micelial en un promedio de 3.87 mm y su tasa de crecimiento en 0.02 cm/día, la esporulación y germinación fueron inhibidas por completo. Sin duda alguna, el uso de lombricompost y sus derivados, es una buena práctica para el abatimiento de enfermedades, por ejemplo en el cultivo de Plátano, con el uso de lombricompost se logró retardar entre 8 y 17 días el efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), considerada la enfermedad foliar más destructiva para la producción de plátano (Larco, 2004). El lombricompost, también ha cobrado importancia para el control de nematodos en los cultivares de plátano, mostrando buenos resultados para el abatimiento de este fitopatógeno (Del Rosario y Villareal, 2011). En la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero o vivero, muchas veces se deben de usar sustratos inertes; estos, se pueden mezclar con productos que ayuden a mejorar las características físicas,

químicas y biológicas de este producto (Masaguer, 2001). Para realizar estas mezclas, se puede utilizar el lombricompost (Pérez, 1994), ya que este ha demostrado que mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato original (Santamaria *et al.*, 2001). Estos resultados, demuestran las bondades del lombricompost como enmendante del suelo o sustratos, favoreciendo el crecimiento de los cultivos tanto en vivero o invernadero (Acevedo y Pire, 2004).

#### **2.4.3.3 MICROORGANISMOS ANTAGONICOS**

Los microorganismos antagónicos, como bacterias, levaduras y hongos, presentan capacidades de control biológico sobre diversos patógenos, estos agentes antagonistas se han usado para controlar varias enfermedades en frutos y vegetales (De Costa y Erabadupitiya, 2005; Wisniewski y Wilson, 1992). Estos organismos tienen varios usos en la agricultura, por ejemplo, se han utilizado para controlar diversas enfermedades de postcosecha en fruta fresca, e incluso, se ha demostrado que el uso de estos agentes ha inducido resistencia en los frutos estudiados, ya que provocan el incremento de enzimas líticas como B-1, 3-glucanasa, la cual causa rompimiento celular en los fitopatógenos. Así también, se ha encontrado el aumento en la producción de fitoalexinas que ayudan a estimular los mecanismos de defensa de los frutos (Hernández *et al.*, 2007). Existe una gran variedad de microorganismos antagonistas, como *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtili*, *Pseudomonas fluorescens*, etc, y han demostrado tener una gran habilidad para combatir enfermedades de la raíz, como se demostró por Paredes *et al.* (2008) quienes reportaron, que estos organismos, son

capaces de reducir hasta en un 57% las enfermedades causadas por diversos fitopatógenos.

#### 2.4.3.3.1 *Trichoderma harzianum*

El concepto de rizosfera, fue acuñado por Hiltner en 1904 según Hartman (2005), y lo definió como parte del suelo que es afectada por la raíz de la planta. Es un lugar donde se llevan a cabo fuertes interacciones entre microorganismos benéficos y patógenos. Estos son atraídos por los exudados de la raíz como, monómeros (glucosa y aminoácidos), polímeros (polisacáridos y proteínas), y algunos restos de raíces. Estos microorganismos debido a la fuente nutritiva que tienen, pueden provocar un alto efecto positivo o negativo en la nutrición y salud de la planta (Hawes *et al.*, 2003). Como consecuencia de esto, a varios microorganismos se les han atribuido cualidades de control biológico.

Se ha observado que la utilización de *Trichoderma harzianum* en la semilla de jitomate, es muy eficaz para controlar hongos patógenos a nivel semillero (Perdomo *et al.*, 2007). Los bioantagonistas, además de controlar fitopatógenos, producen un efecto positivo sobre el rendimiento y calidad de los frutos, así como un aumento de materia seca (Herrera, 2005). También se ha reportado que *Trichoderma harzianum* en combinación con *Streptomyces rochei*, son capaces de controlar la pudrición de raíz en el cultivo de chile (Ezziyyani *et al.*, 2007). En los cultivares de fresa también se han realizado importantes aportaciones partiendo de la utilización de *Trichoderma*

*harzianum* que resulta ser excelente antagonista para combatir *Rhizopus stolonifer*, *Mucor* spp., *Aspergillus niger* y *Pythium* spp. (Guédez *et al.*, 2009). Sin embargo muchos de los microorganismos benéficos para la salud de las plantas y otros organismos, no siempre tienen este efecto benéfico. Romero *et al.* (2008) argumentaron que el *Trichoderma harzianum* causa grandes estragos en la producción de hongos comestibles en México, traducándose en pérdidas económicas muy significativas. Por el lado ecológico, en el suelo, la microfauna, es el componente más importante, ya que es responsable de la dinámica de transformación de la materia orgánica y desarrollo de la planta, dando como resultado en el suelo un equilibrio microbiológico natural donde las poblaciones se autorregulan. Sin embargo, la utilización de hongos antagonistas como es el caso de *Trichoderma harzianum*, además de disminuir las poblaciones de fitopatógenos, también disminuyen a los hongos no patógenos descomponedores de la materia orgánica, alterando así el equilibrio biológico de los suelos y por consiguiente la disminución de la fertilidad (Borrero y Del Rosario, 2005).

#### 2.4.3.3.2 *Pseudomonas* spp.

El control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos por microorganismos aislados del suelo o sus metabolitos cada día se incrementa más para disminuir el uso de plaguicidas químicos que ocasionan daños a la salud (Pérez, 1994; Kang *et al.*, 1997).

Entre los microorganismos identificados que actúan como antagonistas de organismos fitopatógenos, principalmente hongos, se encuentra; *Pseudomonas fluorescens* por las

propiedades que presenta como: es un colonizador en las plantas y la rizosfera, utilización de un gran número de sustratos orgánicos comúnmente encontrados en los exudados de las raíces, produce una gran variedad de metabolitos, es de crecimiento rápido y compatible con plaguicidas; (Wilson *et al.*, 1998; Défago *et al.*, 1990).

Se ha observado que varias especies del género *Pseudomonas* spp., son capaces de mitigar los efectos negativos causados por hongos en cultivos de interés económico (Villa *et al.*, 2005), incluso, se ha encontrado que utilizando extractos de células de bacterias patógenas, como es el caso de *Pseudomonas* sp., causante de la mancha bacteriana en tomate, fue posible, reducir la infección, en más de un 60 %, con lo que quedó demostrado el potencial del extracto de esta bacteria para inducir una respuesta de defensa en plantas de tomate ante la mancha bacteriana (Oyoque *et al.*, 2011). El género *Pseudomona* tiene la capacidad de poder combinarse con otros microorganismos como *Solanum phureja* para controlar hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* (Bautista *et al.*, 2007). *Pseudomonas*, también tiene la característica de promover el crecimiento vegetal e influir en forma directa o indirecta en el desarrollo de los cultivos (Trujillo *et al.*, 2007). Se ha demostrado en diversos estudios que el género *Pseudomonas* incrementa los rendimientos de biomasa y además se les atribuye efectos antagónicos contra el nematodo *Radopholus similis* hasta de un 62 y 93 % (Chaves, 2007).

El género *Pseudomonas*, si se combina con hongos micorrizicos y con nutrientes como el calcio, puede disminuir significativamente el porcentaje de raíces enfermas por *Fusarium* spp. (Pérez *et al.*, 1998).

Es importante reconocer, que todas estas investigaciones sobre la búsqueda de nuevas alternativas de control, como es el control biológico, son en pro del ambiente, ya que los insumos químicos suelen causar contaminaciones severas (Izzeddin y Medina, 2011).

### **III. OBJETIVOS E HIPOTESIS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de dos abonos orgánicos inoculado con *Trichoderma harsianum* y *Pseudomonas tolaasii* en el rendimiento y la incidencia de enfermedades radicales de las plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum L*) durante su crecimiento y desarrollo.

##### **3.1.1 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar la efectividad de los abonos orgánicos en el combate y abatimiento de hongos fitopatógenos en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum L*).
- Determinar el efecto de los organismos antagonistas con los abonos orgánicos en el control de hongos fitopatógenos en el cultivo de jitomate.
- Evaluar el efecto de estos tratamientos en el rendimiento y calidad del fruto en comparación a un tratamiento convencional.

## **3.2 HIPÓTESIS**

Los abonos orgánicos solos o inoculados con hongos y bacterias antagonistas incrementan rendimiento y reducen la incidencia de enfermedades en el cultivo de jitomate.

### **3.2.1 HIPÓTES PARTICULARES**

- Uno de los abonos orgánicos presentara mayor efectividad en el control de enfermedades radicales.
- Los abonos orgánicos inoculados con hongos y bacterias antagonistas reducen la incidencia de enfermedades radicales con mayor eficiencia que solos.
- Los abonos orgánicos solos e inoculados con hongos y bacterias antagonistas incrementan rendimiento.

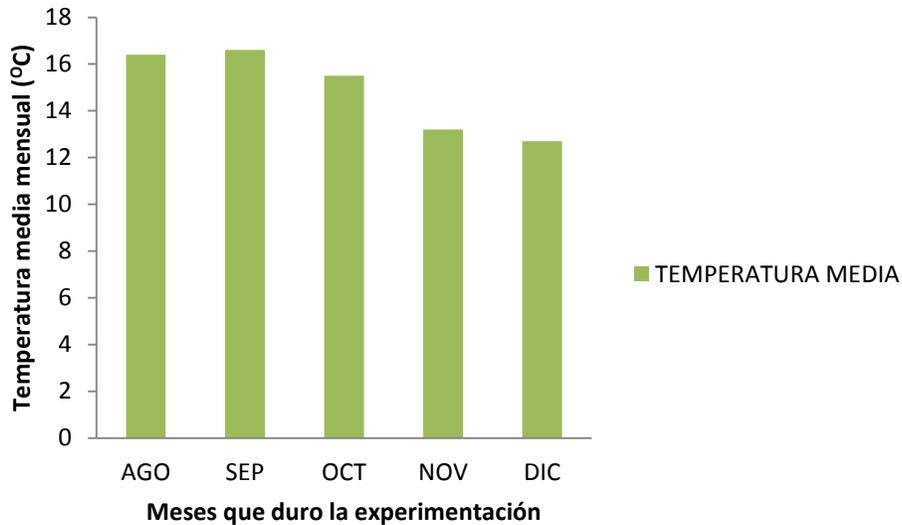
## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 DESCRIPCION DEL SITIO**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en los invernaderos del área de Botánica ubicados en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México. Este sitio está situado a una altitud de 2220 msnm y se encuentra al Sur de la ciudad de Texcoco en las coordenadas geográficas 19° 28' 05'' latitud Norte y 98° 54' 09'' longitud Oeste. Presenta una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación pluvial de 686 mm.

### **4.2 CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y ESTRUCTURALES DEL INVERNADERO**

El invernadero dónde se llevó a cabo el experimento tiene una superficie de 52 m<sup>2</sup>, presenta una ventilación frontal y lateral, y está acondicionado para la instalación de cualquier sistema de riego por goteo. La temperatura máxima registrada fue de 45°C y la mínima de 5°C, en el transcurso del experimento.



**Figura 1.** Temperatura media mensual durante el periodo experimental.

### 4.3 PROCEDIMIENTO

#### 4.3.1 PREPARACION DEL SUELO

Para esta investigación se usó un suelo Vertisol infectado con hongos fitopatógenos, de *Fusarium*, *Pythium*, *Verticillium* y *Rhizoctonia* identificados en el lugar. El suelo fue muestreado y traído desde la comunidad de Ixtlilco el Grande, Tepalcingo, Morelos. En esta región se cultiva el tomate a campo abierto y en invernadero, y uno de los problemas principales para los productores son los fitopatógenos del suelo. Se procuró que las características del suelo en humedad y temperatura, no cambiaran al momento de ser transportado de un lugar a otro. Según Beltrán *et al.* (2006), los hongos fitopatógenos, para protegerse de condiciones adversas a su desarrollo, producen catalasas, que son enzimas que inhiben la producción de especies reactivas al oxígeno, aumentando así la resistencia, para adaptarse a cambios ambientales,

incluso a agentes químicos como fungicidas, el cual garantiza la presencia de éstos en el suelo que se utilizó en el ensayo experimental.

Es importante señalar que el suelo, no pasó por ningún proceso de esterilización, debido a que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de abonos orgánicos y organismos antagonistas en un suelo infectado por fitopatógenos.

El suelo, una vez secado en sombra, molido y tamizado, se colocó en bolsas de plástico de 20x30 cm, a razón de 13 Kg por bolsa, que representó una unidad experimental.

#### **4.3.2 CALCULO DE LA CANTIDAD DE COMPOST Y LOMBRICOMPOST QUE SE INCORPORO AL SUELO**

El buen uso de los abono orgánicos puede proporcionar adecuada cantidad de nutrimentos a las plantas (Roberts, 2007). Estos desde la aplicación, hasta completar el primer año, se descomponen y liberan parte del contenido total de nutrimentos y el resto queda como residual que se mineraliza en los siguientes años. El estiércol vacuno se descompone de acuerdo a una tasa de mineralización, que cambia año con año. Esta relación de mineralización es de 0.35, 0.15, 0.10 y 0.05, es decir que los estiércoles se descomponen en un 35 % en el primer año, el residual del primer año se descompone en un 15 % al segundo año, y el residual de ese año se descompone en un 10 % para el tercer año, y el residual del tercer año, se descompone en un 5 % para el cuarto año. De esta manera se mineraliza el nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K) y la mayoría de los nutrimentos orgánicos (Pratt *et al.*, 1973). En esta investigación se utilizaron dos abonos orgánicos, compost y lombricompost elaborados en las

instalaciones del Colegio de Postgraduados. La materia prima para estos abonos orgánicos fue estiércol bovino. Para determinar las cantidades de compost y lombricompost, los cálculos se basaron en el contenido de nitrógeno total, humedad y tasa de mineralización para el primer año. Los análisis químicos de cada uno de los abonos orgánicos se presentan en el Cuadros 1.

**Cuadro 1.** Análisis químico-nutricional de lombricompost y compost.

<b>Elemento</b>	<b>Resultado</b>		<b>Unidades</b>
	<b>lombricompost</b>	<b>compost</b>	
<b>pH</b>	8.70	6.10	
<b>Conductividad eléctrica</b>	5.04	3.85	dS m <sup>-1</sup>
<b>Nitrógeno total</b>	0.82	1.29	%
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	4.66	1.07	%
<b>Potasio</b>	1.43	0.92	%
<b>Calcio</b>	5.71	1.60	%
<b>Magnesio</b>	0.79	0.97	%
<b>Sodio</b>	0.50	0.53	%
<b>Azufre</b>	0.26	0.48	%
<b>Hierro</b>	11653	11386	Ppm
<b>Cobre</b>	35.7	489	Ppm
<b>Manganeso</b>	240	215	Ppm
<b>Zinc</b>	166	326	Ppm
<b>Boro</b>	19.6	13.5	Ppm
<b>Humedad</b>	4.65	6.80	%
<b>Materia Orgánica</b>	24.7	40	%
<b>Cenizas</b>	75.3	60	%
<b>Carbón orgánico</b>	14.3	16.7	%
<b>Relación C/N</b>	16.6	16.6	

Una vez interpretados los análisis para cada abono orgánico correspondiente, se procedió a calcular la cantidad de abono orgánico que se suministró por cada tratamiento para un año con las siguientes formulas (Trinidad, 1990):

1. 
$$\frac{\text{Nitrógeno mineral deseado}}{\% \text{ de mineralizacion}} = \text{Nitrógeno orgánico}$$
2. 
$$\frac{\text{Nitrógeno orgánico}}{\text{Nitrógeno total (de abono orgánico)}} = \text{Abono orgánico seco}$$
3. 
$$\frac{\text{Abono orgánico seco}}{\% \text{ de humedad de abono orgánico}} = \text{Abono orgánico humedo}$$
4. 
$$\frac{\text{Abono orgánico humedo}}{\text{Numero de plantas por hectarea}} = \frac{g}{\text{planta}} \text{ de abono orgánico}$$

Esto dio como resultado los valores del Cuadro 2, y con base a estos datos se realizaron las mezclas con los 13 Kg de suelo, de acuerdo al nivel de Nitrógeno que se requería (Kg N/ha).

Cuadro 2. Cantidades de Compost y Lombricompost que se incorporaron a 13 Kg de suelo para cubrir los diferentes niveles de Nitrógeno.

<b>Niveles de N</b>	<b>Compost</b>	<b>Lombricompost</b>
<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(Kg maceta<sup>-1</sup>)</b>	<b>(Kg maceta<sup>-1</sup>)</b>
<b>50</b>	0.396	0.532
<b>100</b>	0.792	1.065
<b>150</b>	1.188	1.598

### **4.3.3 PRODUCCIÓN, DOSIS E INOCULACION DEL MICELIO DE *Trichoderma harzianum***

El género *Trichoderma* presenta la facilidad de adaptarse a diversos medios que facilita su manejo para su uso como controlador biológico. Se ha encontrado que existen tres formas de propagación: por medio de hifas, clamidosporas y conidios (Larréa, 2002; Papavizas, 1985). Sin embargo, para la producción en masa de *Trichoderma*, la mejor manera de hacerlo es usando sustratos secos fermentados y no todas las formas de propagación del hongo son viables. Las hifas, no soportan el secado, por lo tanto es más eficaz usar formas reproductoras del hongo como conidios y clamidosporas. Esta, es una manera práctica de hacer formulaciones en polvos que se pueden humedecer como polvos secos, formulaciones en aceite y encapsulados (Larréa, 2002; Castro y Rivillas 2003).

La cepa de *Trichoderma harzianum* fue reproducida en medios de cultivo a base de agar-papa-glucosa (Sandoval y Noelting 2011; Agamez *et al.*, 2009). Este medio se esterilizó durante 18 minutos a 18 lb/p<sup>2</sup>, una vez desarrollada la cepa, se realizó un raspado para hacer una suspensión con agua destilada esterilizada y se agregaron 5 ml a cada frasco con arroz fermentado (García *et al.*, 2006), previamente esterilizados (18 min., 18 lb/p<sup>2</sup>). Se usaron 10 frascos de 500 ml con 100 g de arroz cada uno. Después, para la producción de *Trichoderma* en volumen, se hizo a través de la técnica de fermentación sólida, donde se usó como sustrato, arroz fermentado (Fernández y Larrea, 2001). Según Agamez *et al.* (2008) la concentración de esporas va de 2.1 x

$10^8$  conidios/g a  $8.38 \times 10^8$  conidios/g de sustrato, aunque Algecira *et al.* (2002), encontraron una mayor concentración de esporas,  $1.6 \times 10^9$  conidios/g de sustrato.

Al momento de una completa colonización del *Trichoderma harzianum* en el arroz, se procedió a inocular el sustrato de germinación (relación 1:1:1, lombricompost – vermiculita – compost) previamente esterilizado para 48 semillas de Jitomate que cubrían todos los tratamientos derivados del *Trichoderma*. Las dosis que se usaron fueron de 0.5 g de inóculo por semilla, dando un total de 24 g por las 48 semillas usadas. Esta dosis es diferente a lo reportado por Rivera y Rivas (2006), quienes proponen 0.399 g de inóculo por semilla. En otras palabras, la dosis propuesta en este trabajo es 25.26 % mayor a la de los autores citados arriba.

En el proceso de germinación y desarrollo de las plántulas en el semillero, el hongo antagonista invadió el cepellón, protegiéndola así de algún posible agente patógeno (Reyes *et al.*, 2002). Las plántulas fueron trasplantadas para sus evaluaciones después de 25 días de siembra en las macetas con 13 kg de suelo.

#### **4.3.4 PRODUCCIÓN, DOSIS E INOCULACION DE *Pseudomonas tolaasii*.**

El género *Pseudomonas*, es reportado como agente efectivo de control biológico (Yanes *et al.*, 2004). Esto sugiere la necesidad de propagarlas a través de una cantidad muy variada de medios de cultivo que contienen, peptona, extractos de carne, extractos de levadura y sacarosa principalmente (Santillana, 2006). Para la reproducción de la bacteria, en esta investigación se usó un medio a base de peptona (*Pseudomonas* Agar Base “King’s B”) llamado caldo nutritivo, que es un medio especial para el género *Pseudomonas* (Mast Group, 2014). En este medio se vertió en tubos de ensayo de 50ml.

Una vez desarrollada la cepa bacteriana, con una asa bacteriológica, se tomó una muestra de inóculo y se sembró en 200 ml de caldo nutritivo, dividido en cuatro frascos con 50 ml (Santillana, 2006). Los frascos con el inóculo se incubaron a temperatura ambiente (20°C) en agitación durante 72 h (Oviedo *et al.*, 2009). Al término de este tiempo, se obtuvo una concentración de  $10^9$  células  $\text{ml}^{-1}$ .

Una vez cultivada la cepa bacteriana en el medio nutritivo, se inocularon 48 semillas con dos mililitros por semilla. Santillana (2006) menciona que se pueden usar dosis de 0.5 hasta 2 gramos de inóculo por planta. A través del desarrollo y crecimiento de las plántulas de Jitomate las bacterias colonizaron todo el cepellón y al lapso de 25 días después, las plántulas, fueron trasplantadas en macetas con 13 Kg de suelo tal como lo sugieren Pérez *et al.*, (2009) y Freitas (1989).

#### **4.4 VARIABLES DEPENDIENTES EVALUADAS**

Para la evaluación de este trabajo experimental, se consideraron cuatro variables: rendimiento, número de frutos, biomasa y número de plantas muertas por hongos fitopatógenos. Los datos recolectados de la planta en cada tratamiento, fueron transformados a materia seca para evaluar e interpretar realmente lo que la planta formo de biomasa y llevar a cabo análisis estadísticos más adecuado. Cabe mencionar que la información arrojada por los análisis estadísticos en rendimiento de materia seca del fruto de tomate por hectárea, fue transformada a rendimiento de fruto fresco toneladas por hectárea dividiendo entre el factor 0.08 que es porcentaje de materia seca por unidad de peso, logrando así discutir los datos proporcionados por los análisis

estadísticos con los datos de los autores citados que presentan la información en rendimiento de fruto fresco de tomate en toneladas por hectárea.

#### 4.4.1 RENDIMIENTO

El experimento se instaló el 12 de Agosto del 2013. Se inicia con el trasplante 25 DDS (días después de la siembra). El primer corte de frutos fue el día 31 de Octubre del 2013, 50 DDT (días después del trasplante). A partir de ese momento los cortes se dieron cada tercer día; sólo se cosechaban aquellos frutos que alcanzaron madurez fisiológica, es decir, aquellos frutos que ya empezaban a tomar color rojizo. Este estado se conoce como, “3/4” de madurez. Se llevó a cabo la cosecha en esta etapa para evitar que el fruto llegara a su madurez comercial (López, 2003), y también para evitar pérdidas por ataque de roedores o por robo.

Al finalizar cada corte, durante todo el ciclo de producción del jitomate, los frutos se pesaron uno por uno. Esto se realizó para en cada tratamiento y repetición, logrando recolectar la información total del experimento. Fue necesario transformar los datos colectados a materia seca, tal como se explicó anteriormente. El proceso que se siguió fue similar al mencionado por Weissbluth y Valenzuela (2007), usando la siguiente formula:

$$\left( \frac{\text{peso fresco del fruto} - \text{peso seco del fruto}}{\text{peso fresco del fruto}} \right) * 100 = \% \text{ dehumedad}$$

Para obtener la materia seca (ms) en este trabajo, se eligió un fruto de peso promedio, por cada repetición de cada tratamiento. Este se secó 50 °C, hasta peso constante, en

total se dejó 3 días en la estufa de secado. Para conocer el valor de ms, se aplicaron las siguientes formulas:

$$\frac{P_{ff} - P_{sf}}{P_{ff}} * 100 = \% \text{ humedad}$$

$$100 - \% \text{ humedad} = \% Ms$$

Dónde:

Pff = Peso fresco del fruto

Psf = Peso seco del fruto

% Ms = Por ciento de materia seca del fruto

De esta manera se obtuvo la materia seca del fruto y este valor se tomó como constante para transformar el rendimiento de materia seca del fruto por hectárea a rendimiento de fruto fresco por hectárea como se indica en la fórmula:

$$RFFH = \frac{PFSH}{PMSFPU}$$

Dónde:

RFFH= rendimiento de fruta fresca por hectárea

PFSH= peso del fruto seco por hectárea

PMSFPU= porcentaje de materia seca del fruto por unidad

Ejemplo:

$$RFFH = \frac{7,499 \text{ kg} * \text{ha}}{0.08} = 93\,743 \text{ kg ha}^{-1} = 93.743 \text{ t ha}^{-1}$$

#### **4.4.2. NUMERO DE FRUTOS**

Al momento de dar cada corte, se cuantifico el número de frutos por repetición de cada tratamiento, y posteriormente se pesaron para determinar la variable rendimiento. Se levantó un registro de datos para su posterior análisis estadístico.

#### **4.4.3 BIOMASA SECA**

Todas las plantas que se iban retirando ya sea que estuvieran dañadas accidentalmente o por enfermedad durante el desarrollo del experimento, se pesaban para obtener materia seca. A la planta se le fue dando una poda como se hace tradicionalmente durante su producción y cada vez que se hacia esta práctica todas las hojas se recogían, guardando el material para sumarlo con el resto de la planta posteriormente. Al finalizar el experimento se cosecho la parte aérea de la planta restante, para determinar el peso seco total por tratamiento y repetición. Posteriormente se levantó un registro de datos para su eventual análisis estadístico.

#### **4.4.4 NUMERO DE PLANTAS MUERTAS**

Desde el inicio del experimento se monitoreo planta por planta posibles sintomatologías de marchitez provocados por *Fusarium* y *Pythium*. En el momento en que se observaron en algunos tratamientos y repeticiones, plantas con marchitez, se hizo una evaluación periódica tratamiento por tratamiento y repetición por repetición; de esta manera al final del experimento se contó con la información total de las plantas

enfermas por *Fusarium* y *Pythium* según las identificaciones que se hicieron en el laboratorio de Fitopatología. En el cuadro 3 se presentan los datos de esta evaluación.

**Cuadro 3.** Registro de plantas muertas por *Fusarium* y *Pythium* durante el desarrollo del experimento del mes de agosto al mes de noviembre de 2013.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	SUMA
T1			1	1	1		3
T2		1	1		1		3
T3			1	1	1		3
T4			1		1	1	3
T5	1					1	2
T6	1		1		1	1	4
T7							0
T8			1	1		1	3
T9		1		1	1		3
T10			1				1
T11							0
T12	1				1		2
T13		1				1	2

Las plantas identificadas con posibles síntomas de patógenos, se les monitoreaba por una semana asegurando así la presencia o no de la enfermedad. Se mantuvo adecuada cantidad de agua mediante un registro con tensiómetro y se controló la conductividad eléctrica de la solución del suelo a 3 dS/m. Después de la semana de

tolerancia, si la planta seguía enferma, se tomaron muestras de raíz y de suelo las cuales fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología para identificar los patógenos presentes. Se siguió para la identificación de estos patógenos, la técnica de disolución del suelo, que consiste en agregar un gramo de suelo en un tubo de ensaye, y llenarlo con agua destilada o esterilizada. De esta disolución se toma un 1 ml y se pone en otro tubo de ensaye para llenarla nuevamente con agua destilada y hacer una nueva disolución. Esta operación se repite tres veces y en la última disolución con una aza bacteriológica se toma una muestra y se siembra en un medio de PDA (papa dextrosa agar), PARPH (Pimaricina-ampicilina-rifampicina-pcnb- imexasol en base arina de maíz-agar) y KERR (NaNO<sub>3</sub>, KCl, FeSO<sub>4</sub>, extracto de levadura, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-7H<sub>2</sub>O, Sucrosa, Agar y Agua), los dos últimos son medios selectivos de *Fusarium* y *Pythium*. La técnica de siembra de raíz consiste en cortar pedazos de esta, del tamaño de un cm y lavarlos tres veces, siendo el primero con cloro al 1% y los demás con agua destilada, posteriormente se dejaron secar en una campana de flujo laminar y finalmente se sembraron en medios de cultivo PDA, PARPH y KERR. Los datos obtenidos en este proceso se analizaron estadísticamente.

Se cabe mencionar que estas técnicas se realizaron solamente para determinar si los síntomas de marchitamiento estaban siendo causados por hongos fitopatógenos.

#### **4.5. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS**

Para esta investigación se establecieron 13 tratamientos (Cuadro 4.) repetidos seis veces, que en total hacen 78 unidades experimentales, representados por una maceta de plástico con 13 kg de suelo contaminado. Para generar los tratamientos se

realizaron combinaciones entre abonos orgánicos y organismos antagonistas, se crearon cuatro niveles de nitrógeno para los abonos orgánicos, y se aplicaron de manera individual los agentes antagónicos, se incluyó un tratamiento con fertilización tradicional de la región de Ixtlilco el Grande. En la maceta de plástico con suelo contaminado se trasplantaron dos plantas de jitomate saladette de la variedad 7705. En la distribución de los tratamientos y repeticiones se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (Cuadro 6). Se contó con un sistema de riego por goteo, y los riegos se controlaron mediante un; la duración y la frecuencia de riego se determinó por medio de un tensiómetro, este no debió marcar más allá de 10 centibares. El tratamiento sin fertilización de nitrógeno se controló con un extractor de solución de suelo procurando que la conductividad eléctrica (CE) no rebasara los 3 dS/m y el pH de 6.5, si esto ocurría con la conductividad, se practicaban lixiviados de nutrimento con agua acidulada a un pH de 5 hasta que la CE regresara a su normalidad.

**Cuadro 4.** Lista de tratamientos utilizados en el ensayo de jitomate con el suelo contaminado de Ixtlilco el Grande, Municipio de Tepalcingo, Mor.

Numero de Tratamientos	Tratamientos
T1	Testigo (0-0-0)
T2	Inoculo ( <i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Pseudomonas tolaasii</i> )
T3	Fertilización Tradicional (100-80-60)~
T4	100 N de compost + inoculo (T+P)
T5	100 N de lombricompost + inoculo (T+P)
T6	+50 N de compost
T7	100 N de compost
T8	150 N de compost
T9	50 N de lombricompost
T10	100 N de lombricompost
T11	150 N de lombricompost
T12	Inóculo de <i>Trichoderma harzianum</i> (T)
T13	Inóculo de <i>Pseudomonas tolaasii</i> (P)

T= tratamiento, += diferentes niveles de Nitrógeno (Kg/ha), ~= Nitrógeno, Fosforo, Potasio (NPK).

**Cuadro 5.** Distribución de los tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar.

Distribución al azar de los tratamientos en cada bloque						Bloques
T7 B1 <sup>\$</sup>	T12 B1	T4 B1	T1 B1	T2 B1	T9 B1	Bloque 1
T11 B1	T3 B1	T5 B1	T8 B1	T6 B1	T10 B1	
T13 B1	T12 B2	T10 B2	T13 B2	T5 B2	T9 B2	Bloque 2
T4 B2	T2 B2	T6 B2	T7 B2	T3 B2	T1 B2	
T11 B2	T8 B2	T9 B3	T8 B3	T10 B3	T4 B3	Bloque 3
T2 B3	T11 B3	T7 B3	T13 B3	T12 B3	T1 B3	
T3 B3	T6 B3	T5 B3	T10 B4	T4 B4	T11 B4	Bloque 4
T3 B4	T5 B4	T9 B4	T2 B4	T1 B4	T7 B4	
T8 B4	T6 B4	T13 B4	T12 B4	T4 B5	T5 B5	Bloque 5
T7 B5	T3 B5	T10 B5	T12 B5	T2 B5	T1 B5	
T9 B5	T8 B5	T13 B5	T6 B5	T11 B5	T1 B6	Bloque 6
T11 B6	T13 B6	T9 B6	T6 B6	T12 B6	T7 B6	
T4 B6	T3 B6	T10 B6	T8 B6	T5 B6	T2 B6	

T= tratamiento, B= bloque, \$= representa tratamiento distribuido al azar en el bloque.

## 4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación fue estructurado bajo los lineamientos de un diseño experimental bloques completamente al azar. Este diseño permitió utilizar análisis de varianza, comparación de medias (Tukey) y análisis de regresión lineal con los niveles de nitrógeno propuestos para cada uno de los abonos orgánicos de cada variable dependiente, mediante el paquete estadístico SAS versión 9.3. para Windows.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 RENDIMIENTO DE FRUTA

El análisis de varianza (Cuadro 6), mostró la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. Esta variable está dada con base a materia seca de la fruta en gramos por maceta de dos plantas, aunque en algunos casos se estimó el rendimiento por hectárea utilizando la densidad tradicional de plantas por unidad de superficie.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para rendimiento de materia seca (ms) de fruta de jitomate (g maceta<sup>-1</sup>).

Source	Anova		Mean	F	
	DF	SS	Square	Value	Pr > F
TRA	12	166238.9394	13853.2450	2.63	0.0069*
BLO	5	57411.8611	11482.3722	2.18	0.0684

TRA= tratamiento, BLO= bloque, DF= grados de libertad, F Value= f tabulada,

Pr> F= f calculada, \* Existencia de diferencia significativa.

El análisis de varianza indica que por lo menos un tratamiento es diferente a todos los demás. Ramos *et al.* (2011), encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar el efecto del estiércol bovino y lombricompost en el rendimiento de jitomate, siendo el primero que tuvo el mayor rendimiento total. Por otro lado, López *et al.* (2001), en su estudio con jitomate reportaron que la fertilización inorgánica 120-40-00 de N-P-K, presentó los rendimientos más altos en comparación a compost y lombricompost.

En nuestro trabajo, se observó que los abonos orgánicos (compost y lombricompost) presentaron mayores rendimientos. Estos comportamientos no ocurrieron con los agentes antagonicos, ya que presentaron los rendimientos más bajos (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate (g maceta<sup>-1</sup>) y comparación de medias con procedimiento Tukey.

AGRUPACION TUKEY	RENDIMIENTO O (g.maceta <sup>-1</sup> )	NO. DE TRAT.	TRATAMIENTOS
A*	212.27	7	100 N compost
A	179.04	11	150 N lombricompost
AB	170.73	10	100 N lombricompost
AB	147.19	8	150 N compost
AB	139.28	2	Inóculo ( <i>T. harzianum</i> + <i>P. tolaasii</i> )
AB	134.39	5	100 N lombricompost + inoculo (T+P)
AB	128.92	9	50 N lombricompost
AB	112.6	3	Fertilización tradicional (100-80-60)
AB	98.48	1	Testigo
AB	94.41	4	100 N compost + inoculo (T+P)
AB	82.49	12	Inóculo de <i>T. harzianum</i>
AB	77.47	6	50 N compost
B	33.15	13	Inóculo de <i>P. tolaasii</i>

TRA= tratamiento, \*= Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, p≤ 0.05).

Al observar los valores medios de la comparación de tukey, la mayoría de los tratamientos son estadísticamente no diferentes, excepto el tratamiento 13, que corresponde a *Pseudomonas tolaasii* que sólo logro un rendimiento de 33.15 g de materia seca (MS) por maceta en todo el ciclo de producción, siendo este el tratamiento con menor rendimiento. Estos resultados contrastan con los reportados por Pérez (2012), quien encontró que al utilizar esta bacteria promotora de crecimiento (*Pseudomonas tolaasii*) obtuvo un rendimiento de hasta 12.9 kg/planta en cultivo de pepino en maceta, siendo este el mejor tratamiento. De igual manera se ha demostrado para el cultivo de jitomate en maceta, que la inoculación de *Pseudomonas* en la planta ha logrado producir hasta 33.2 Ton/ha (Hernández y Chailloux 2004). Sánchez *et al.* (2012), también recomiendan amplia mente el uso de *Pseudomonas* sp., debido a que genera incrementos en la producción de jitomate. Los resultados obtenidos por estos autores, son opuestos a los encontrados en este trabajo experimental, probablemente por efecto de otros factores. *Pseudomonas* son organismos que pueden llegar a producir un compuesto llamado ácido cianhídrico (HCN), que es determinante para consolidar un control biológico, pero si este compuesto es producido en grandes cantidades, hay un alto riesgo de que las plantas sufran alteraciones fisiológicas hasta llevarlas a la muerte (Hernández y Escalona, 2003).

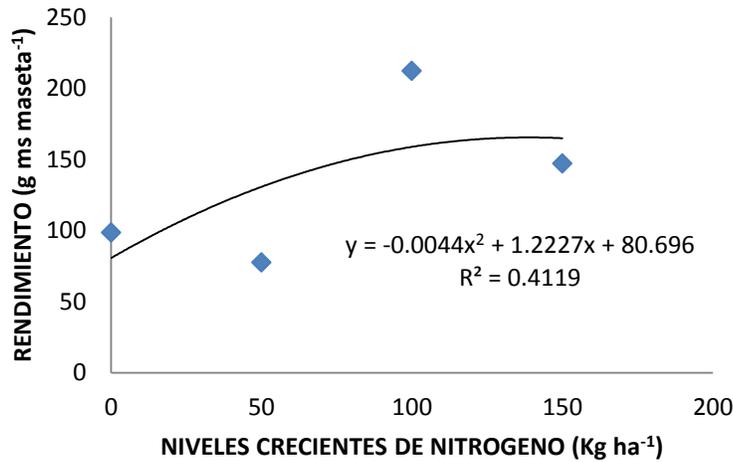
Este último proceso de acción de la rizobacteria, posiblemente fue el causante de que el tratamiento (T13) presentara el rendimiento más bajo, debido probablemente al exceso de producción de HCN por *Pseudomonas tolaasii*. También es probable que la conductividad eléctrica (CE) del suelo haya afectado a todos los tratamientos de forma negativa, se desconocía como sería su comportamiento en la maceta y que efectos

traería a la planta, se dio por hecho que sería igual como si estuviera en condiciones normales de siembra (sin macetas). Al momento de monitorear la CE en las macetas, sus valores estaban cerca de los 11.5 dS/m, sometiendo a la planta a un estrés fisiológico grave, cuando ésta no debió superar los 3 dS/m., esto se debió a la textura arcillosa del suelo, provocando un precario drenaje. Por consiguiente, ocurrió la acumulación de los iones que aumento la CE, además de la limitación de espacio para el libre desplazamiento de los iones, incrementando la conductividad eléctrica. En concreto, los altos niveles de CE sometieron elevado estrés fisiológico en la planta contribuyendo a un decremento en el rendimiento (Martínez *et al.*, 2011). El tratamiento siete (T7) correspondiente a 100 unidades de Nitrógeno de compost, el cual produjo 29.9 g de ms/planta y el T 13 (*Pseudomonas tolaasii*), solo 5.5 g/planta, siendo 24.4 g/planta de ms la diferencia (84.4 %) entre ambos. Mendoza *et al.* (2003), reportaron rendimientos de 12.7 ton/ha de tomate en maceta producidas con compost usando dosis de 130 kg N\* ha<sup>-1</sup> elevando los rendimientos en un 32%. De la cruz *et al.* (2009), usando dosis de 160 kg N\* ha<sup>-1</sup> obtuvo rendimientos de jitomate en maceta de 39.8 ton/ha., con compost. Por otro lado, al comparar el T-13 (*Pseudomonas tolaasii*) con el testigo (T-1), sigue guardando el mismo comportamiento. El testigo (T-1) presentó un rendimiento de 98.5 g de MS en todo el experimento, es decir que produjo 66.3 % más de MS., que el T-13. Alfonso *et al.* (2005) al comparar su testigo con los tratamientos inoculados con rizobacterias (entre ellas *Pseudomonas*) reportaron que se obtuvo un rendimiento de 17.41 ton/ha<sup>-1</sup> de tomate en maceta, 25% más que sus demás tratamientos.

*Trichoderma harzianum* (T 12) al compararlo con el tratamiento T 7 (100 kg N de compost), el T 7 mostró 61.1 % más rendimiento de ms que el T 12, esto es 29.9 g de ms maceta<sup>-1</sup> en comparación a los 13.7 g ms planta<sup>-1</sup> producidos por el T 12. El testigo fue 16.2 % superior a T 12 en la producción de ms, mientras que T 12 fue superior a T 13 (*Pseudomonas tolaasi*) (Cuadro 7.). Yoerlandy *et al.* (2010), encontraron que su tratamiento (*Trichoderma harzianum*) rindió 46.56 ton ha<sup>-1</sup> de jitomate en maceta. Lo mismo sucede con Melgar (2007), que reportó rendimientos de jitomate en maceta de hasta 66.15 t ha<sup>-1</sup>. Ambos autores incrementaron sus rendimientos en un 15% con respecto a sus tratamientos que usaron.

El resto de los tratamientos como ya se mencionó anteriormente, son estadísticamente iguales (Cuadro 7.)

El rendimiento de los tratamientos con niveles de nitrógeno (de compost y lombricompost) se analizó por medio de regresión lineal, para determinar respuestas en rendimiento de acuerdo a las dosis crecientes de nitrógeno (Figuras 2 y 3.), que no se pudo demostrar con la comparación de medias. El resto de los valores de cada tratamiento fueron interceptados en la curva del modelo de regresión construido con los siete valores obtenidos con los niveles crecientes de aplicación de nitrógeno de compost y lombricompost, esto para estimar el nivel de Nitrógeno que se necesitaría para obtener los rendimientos dados por esos tratamientos.

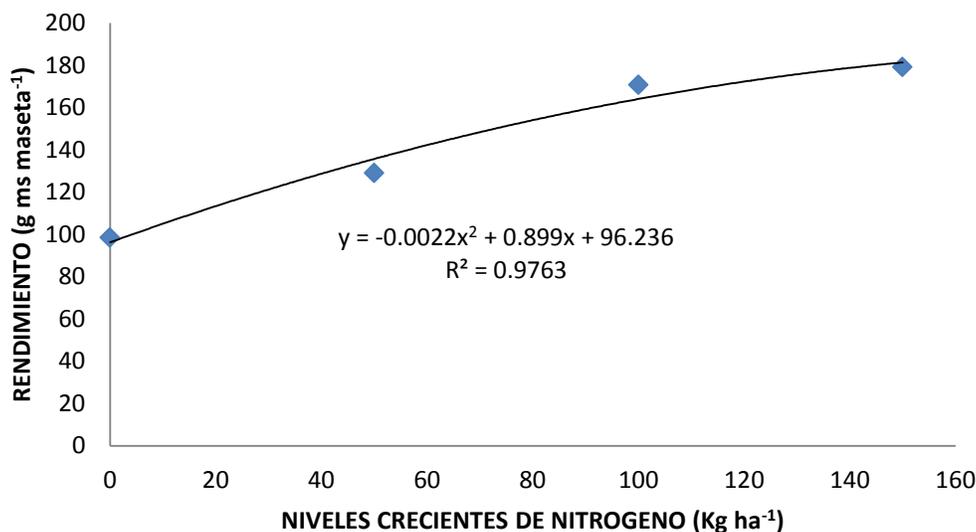


**Figura 2.** Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost (C).

En la Figura 2, se puede observar claramente, que a partir de los 150 Kg N ha<sup>-1</sup>, la tendencia promedio de rendimiento comienza a decaer, siendo 100 Kg ha<sup>-1</sup> el punto más alto (92.87 t ha<sup>-1</sup>). Estos datos son similares a los resultados encontrados por Villarreal *et al.* (2002), al probar dosis de 0 a 450 kg N ha<sup>-1</sup> donde reporto que a dosis de 250 Kg N ha<sup>-1</sup> se alcanzaron rendimientos más altos, con 77.5 t ha<sup>-1</sup>. González y Ruz (1999), demostraron que al utilizar niveles superiores de 50 kg N ha<sup>-1</sup> con 150 y 300 Kg N ha<sup>-1</sup>, los rendimientos disminuían, produciendo entonces 94.87 t ha<sup>-1</sup>. Los autores mencionados corroboran que al aumentar dosis de nitrógeno, los rendimientos tienden a disminuir.

En la Figura 3, se puede observar, que la tendencia es similar a la descrita anteriormente, con la diferencia de que en este experimento, nivel de 150 Kg N ha<sup>-1</sup>, es el punto máximo de rendimiento (78.33 t ha<sup>-1</sup>), después disminuye gradualmente.

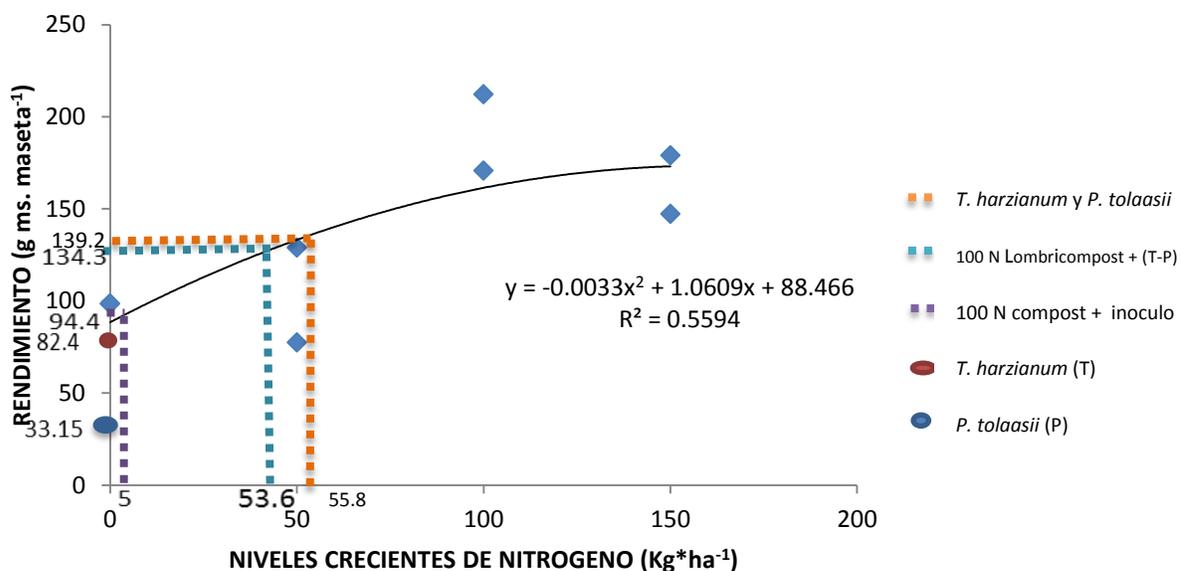
Comparando compost y lombricompost en los niveles con mayor producción, la diferencia es 15 % mayor con compost.



**Figura 3.** Rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost (LC).

Yepis *et al.* (1999) encontraron que 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno aportados con lombricompost, es la dosis ideal de jitomate para una buena cosecha de jitomate. Al aumentar las dosis (180 a 240 kg N ha<sup>-1</sup>), los rendimientos disminuyeron. En nuestro caso la dosis de 150 Kg N ha<sup>-1</sup> fue la que presentó el mayor efecto en el rendimiento. Villarreal *et al.* (2009), al aplicar niveles de 450 kg N ha<sup>-1</sup>, lograron obtener rendimientos de hasta 86.120 t ha<sup>-1</sup>. Nuevamente Imhoff *et al.* (1998), concluyeron que suministrando 250 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno con fertilización nitrogenada, se obtienen 250 t ha<sup>-1</sup> de producción bajo condiciones de invernadero y maceta. Pero si se aumenta la dosis, la producción decae.

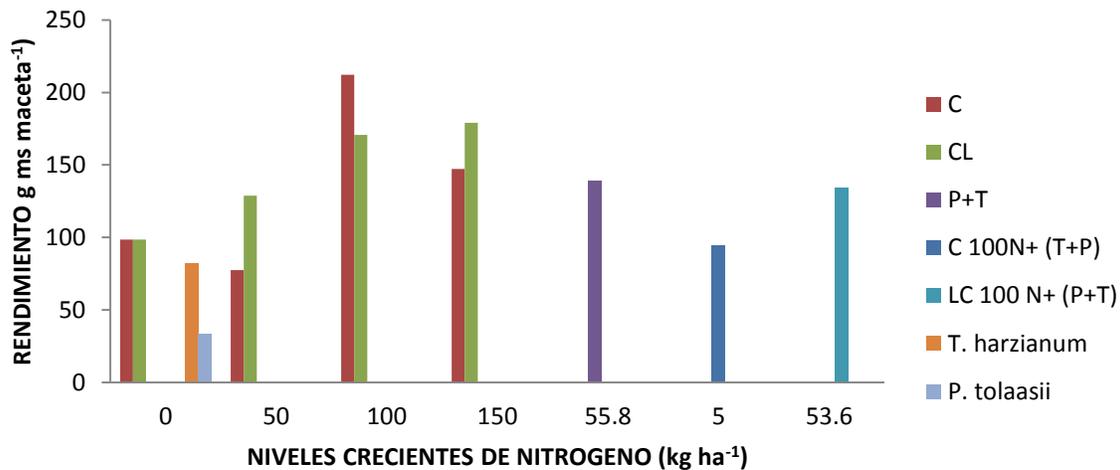
En la Figura 4, se ejemplificaron las intersecciones en las curvas de tendencia de rendimiento generadas por los modelos de regresión polinomial.



**Figura 4.** Curva de rendimiento de materia seca de fruta de jitomate a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y nitrógeno de lombricompost, e Intersección del rendimientos con diferentes tratamientos inoculados con *T. harzianum* y *P. tolaasii*.

Con base a la ecuación de regresión de la figura 4, al interceptar el rendimiento de materia seca generado por los diferentes tratamientos inoculados con organismos antagónicos, el tratamiento con el inoculo de *T. harzianum* y *P. tolaasii* mostró mayor rendimiento de ms de fruto estimándose 139.2 g ms maceta<sup>-1</sup> (60.94 t ha<sup>-1</sup>). Esto se hubieran producido si se agregaran 55.8 Kg de N ha<sup>-1</sup>. Datnoff *et al.* (1995), reportaron que agregando esta cantidad de Nitrógeno 55.8 kg, lograron rendimientos de 19.2 t ha<sup>-1</sup> de tomate en maceta bajo condiciones de invernadero. Existen reportes donde

describen que se han llegado a producir jitomate en maceta de hasta 30.8 t ha<sup>-1</sup>, bajo condiciones de invernadero con sólo 55.8 Kg. N ha<sup>-1</sup> (Mesa *et al.*, 2013).



**Figura 5.** Rendimiento de materia seca de jitomate por la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y lombricompost, en comparación a los diferentes tratamientos inoculados con *P. tolaasii* (P) y *T. harzianum* (T).

En la Figura 5., se pudo observar que el rendimiento que produjo T2 (*P. tolaasii* + *T. harzianum*), 139 g ms de fruta de jitomate por maceta equivale a 60.94 t ha<sup>-1</sup>, el cual es equivalente al rendimiento que hubiera producido con una fertilización nitrogenada de 55.8 Kg ha<sup>-1</sup>. Leyva *et al.* (2011), reportaron rendimientos de 48 t de fruto fresco ha<sup>-1</sup> aumentando un 41% la cosecha usando fertilización nitrogenada cultivando en maceta y bajo condiciones de invernadero. Sin embargo, Pérez *et al.* (2012), con sistema hidropónico encontró producciones de 50 t ha<sup>-1</sup> (21.8 % menos productivo), siendo este un dato cercano a lo producido en este trabajo.

**Cuadro 8.** Comparación de tratamientos por medio de p-value ajustado.

TRA	_TRA	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adj P
1	2	-48.96	49.2116	49	-0.99	0.3247	0.9984
1	3	-16.944	47.0809	49	-0.36	0.7205	1
1	4	-23.444	48.9225	49	-0.48	0.6339	1
1	5	-43.088	52.0634	49	-0.83	0.4119	0.9997
1	6	1.976	47.0261	49	0.04	0.9667	1
1	7	-94.0907	48.0535	49	-1.96	0.0559	0.7534
1	8	-58.448	51.8485	49	-1.13	0.2651	0.9948
1	9	-36.528	52.2533	49	-0.7	0.4878	1
1	10	-52.5573	55.5515	49	-0.95	0.3487	0.999
1	11	-60.864	51.9829	49	-1.17	0.2473	0.9928
1	12	19.184	55.6805	49	0.34	0.7319	1
1	13	85.0293	46.2875	49	1.84	0.0723	0.8215
2	3	32.016	26.9663	49	1.19	0.2408	0.9919
2	4	25.516	30.0664	49	0.85	0.4002	0.9997
2	5	5.872	34.9453	49	0.17	0.8672	1
2	6	50.936	26.8706	49	1.9	0.0639	0.7898
2	7	-45.1307	28.6306	49	-1.58	0.1214	0.9288
2	8	-9.488	34.6243	49	-0.27	0.7852	1
2	9	12.432	35.2276	49	0.35	0.7257	1
2	10	-3.5973	39.9567	49	-0.09	0.9286	1
2	11	-11.904	34.8253	49	-0.34	0.7339	1
2	12	68.144	40.1359	49	1.7	0.0959	0.886
2	13	133.99	25.556	49	5.24	<.0001	0.0002 <sup>&amp;</sup>
3	4	-6.5	26.4351	49	-0.25	0.8068	1
3	5	-26.144	31.8747	49	-0.82	0.4161	0.9998
3	6	18.92	22.7344	49	0.83	0.4093	0.9997
3	7	-77.1467	24.7898	49	-3.11	0.0031	0.1222
3	8	-41.504	31.5225	49	-1.32	0.1941	0.9809
3	9	-19.584	32.184	49	-0.61	0.5457	1
3	10	-35.6133	37.301	49	-0.95	0.3444	0.9989
3	11	-43.92	31.7431	49	-1.38	0.1727	0.9719
3	12	36.128	37.4929	49	0.96	0.34	0.9988
3	13	101.97	21.1644	49	4.82	<.0001	0.0009
4	5	-19.644	34.537	49	-0.57	0.5721	1
4	6	25.42	26.3374	49	0.97	0.3392	0.9988
4	7	-70.6467	28.1308	49	-2.51	0.0154	0.3902
4	8	-35.004	34.2122	49	-1.02	0.3113	0.9979
4	9	-13.084	34.8226	49	-0.38	0.7087	1

4	10	-29.1133	39.6001	49	-0.74	0.4657	0.9999
4	11	-37.42	34.4155	49	-1.09	0.2822	0.9963
4	12	42.628	39.7809	49	1.07	0.2892	0.9967
4	13	108.47	24.9947	49	4.34	<.0001	0.0043
5	6	45.064	31.7937	49	1.42	0.1627	0.9663
5	7	-51.0027	33.2945	49	-1.53	0.132	0.9413
5	8	-15.36	38.5702	49	-0.4	0.6922	1
5	9	6.56	39.1126	49	0.17	0.8675	1
5	10	-9.4693	43.4207	49	-0.22	0.8283	1
5	11	-17.776	38.7507	49	-0.46	0.6485	1
5	12	62.272	43.5856	49	1.43	0.1594	0.9643
5	13	128.12	30.6907	49	4.17	0.0001	0.0071
6	7	-96.0667	24.6856	49	-3.89	0.0003	0.0163
6	8	-60.424	31.4406	49	-1.92	0.0605	0.7748
6	9	-38.504	32.1038	49	-1.2	0.2362	0.9911
6	10	-54.5333	37.2318	49	-1.46	0.1494	0.9572
6	11	-62.84	31.6618	49	-1.98	0.0528	0.7372
6	12	17.208	37.4241	49	0.46	0.6477	1
6	13	83.0533	21.0423	49	3.95	0.0003	0.0139
7	8	35.6427	32.9575	49	1.08	0.2848	0.9964
7	9	57.5627	33.5907	49	1.71	0.0929	0.8795
7	10	41.5333	38.5213	49	1.08	0.2862	0.9965
7	11	33.2267	33.1685	49	1	0.3214	0.9983
7	12	113.27	38.7071	49	2.93	0.0052	0.1827
7	13	179.12	23.2478	49	7.7	<.0001	<.0001
8	9	21.92	38.8261	49	0.56	0.5749	1
8	10	5.8907	43.1628	49	0.14	0.892	1
8	11	-2.416	38.4615	49	-0.06	0.9502	1
8	12	77.632	43.3287	49	1.79	0.0794	0.8442
8	13	143.48	30.3248	49	4.73	<.0001	0.0012
9	10	-16.0293	43.6482	49	-0.37	0.715	1
9	11	-24.336	39.0054	49	-0.62	0.5356	1
9	12	55.712	43.8123	49	1.27	0.2095	0.9856
9	13	121.56	31.0118	49	3.92	0.0003	0.0151
10	11	-8.3067	43.3241	49	-0.19	0.8487	1
10	12	71.7413	47.6977	49	1.5	0.139	0.9483
10	13	137.59	36.2945	49	3.79	0.0004	0.0217
11	12	80.048	43.4894	49	1.84	0.0717	0.8196
11	13	145.89	30.554	49	4.77	<.0001	0.0011
12	13	65.8453	36.4916	49	1.8	0.0773	0.838

---

TRA= tratamiento, Pr> |t|= p-value, Adj P= p-value ajustado, &= diferencia significativa ajustada usando un alpha de 0.05 que garantiza la significancia proporcionada por p-value.

Al realizar la confrontación por medio de contrastes (Cuadro 8.), el único tratamiento que mostró diferencias significativas fue P. tolaasii (T13), al mostrarse inferior a todos los demás tratamientos, sin embargo, al contrastar T6 (50 N de compost) contra T7 (100 N de compost), se encontró que entre ellos existe una diferencia significativa, siendo el T 7 ( $92.87 \text{ t ha}^{-1}$ ) 64 % superior al T6 ( $33.15 \text{ t ha}^{-1}$ ). Este comportamiento entre compostas, claramente está determinado por los diferentes niveles de Nitrógeno, como lo reportaron Ochoa *et al.* (2009), que al incorporar composts con diferentes niveles de Nitrógeno, los rendimientos diferenciaron 17% ( $21 \text{ t ha}^{-1}$  Nivel alto de Nitrógeno,  $17.4 \text{ t ha}^{-1}$  nivel bajo de Nitrógeno), al contrastar el máximo resultado con los obtenidos en la presente investigación, la diferencia es abismal, 342.23 % superior al rendimiento de Ochoa *et al.* (2009).

## 5.2 NUMERO DE FRUTOS

Los resultados arrojados del número de frutos por los análisis estadísticos, fueron muy similares a los anteriores, debido a que las dos variables guardan una relación de mayor número de frutos, con mayor rendimiento.

El análisis de varianza (Cuadro 9), arrojó una diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que por lo menos un tratamiento fue diferente al resto.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para la variable dependiente número de frutos.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio del error	F Value	Pr > F
TRA	12	5248.1282	437.344017	2.56	0.0084*
BLO	5	2028.2179	405.64359	2.37	0.0497

TRA= tratamiento, \*= diferencia significativa

Al realizar la comparación de medias con procedimiento Tukey (alpha 0.05), se observó en el Cuadro 10, que los resultados de los tres primeros tratamientos dan la misma información que la variable rendimiento. De igual manera ocurrió para el tratamiento inoculado con *P. tolaasii* con el cual se obtuvo el menor número de frutos que fue la misma información que se obtuvo con la variable rendimiento. El tratamiento inoculado con *P. tolaasii*, fue el único diferente estadísticamente a los demás tratamientos, ya que el resto de los tratamientos comparte la misma letra.

**Cuadro 10.** Comparación de medias por procedimiento Tukey (alpha 0.05).

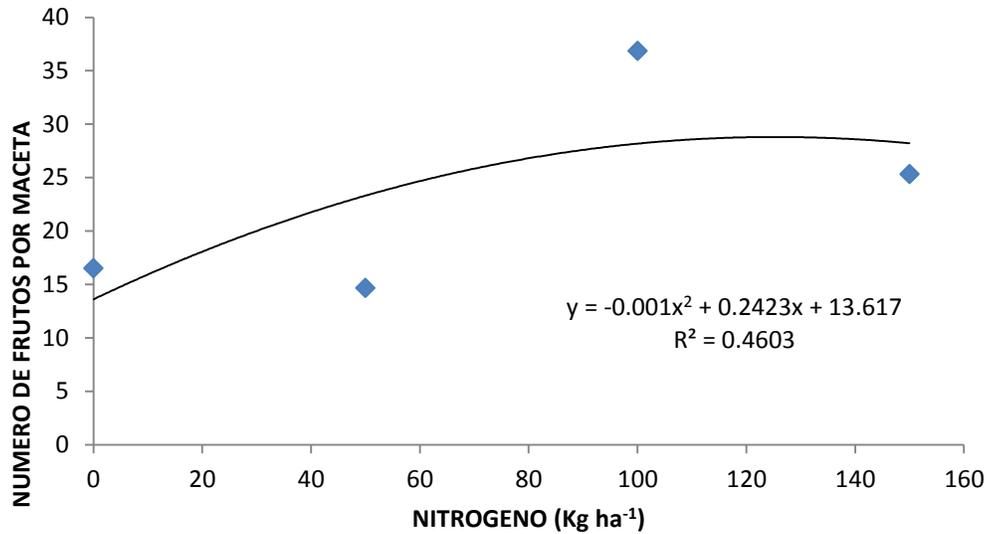
Tukey Grouping	Mean (# frutos)	TRA	Tipo de tratamiento
*A	36.833	7	100 N de compost
A	33.667	11	150 N de lombricompost
<b>B</b>	30.5	10	100 N de lombricompost
<b>B</b>	27.667	2	Inóculo <i>T. harzianum</i> + <i>P. tolaasii</i>
<b>B</b>	26	9	50 N de lombricompost
<b>B</b>	25.333	8	150 N de compost
<b>B</b>	22.5	5	100 N de lombricompost + (T + P)
<b>B</b>	20	3	Fert. Tradicional (100-80-60)
<b>B</b>	17.5	4	100 N de compost + (T + P)
<b>B</b>	16.5	1	Testigo
<b>B</b>	15.5	12	Inóculo de <i>T. harzianum</i>
<b>B</b>	14.667	6	50 N de compost
<b>*B</b>	6.5	13	Inóculo de <i>P. tolaasii</i>

TRA= tratamiento, \*= medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0.05$ )

Al comparar el testigo (T1) con el T7, siendo este el de mayor número de frutos, existe una diferencia del 55.2% sobre el testigo y al comparar nuevamente el testigo con el T13 (*P. tolaasii*), hubo una diferencia del 60.6% sobre el T1. Sin embargo, al comparar el T7 con el T13, se encontró una diferencia del 82.3 % sobre el T7. Para todos los casos el T7 fue superior.

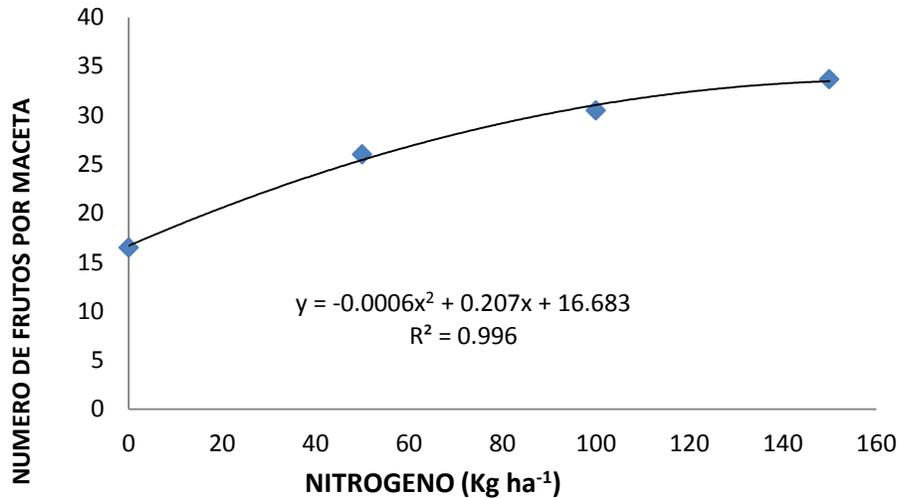
Al contrastar los resultados con los de otros trabajos, se encontró que el testigo casi fue idéntico a lo reportado por González *et al.* (2005), donde reportan 16.24 frutos por planta, siendo solo 1.5% inferior al testigo de esta investigación y 55.9% inferior al T7 (100 N de compost), sin embargo, al comparar al T13 (inoculado con *P. tolaasii*), éste fue 59.9% inferior a lo reportado por González *et al.* (2005).

Los tratamientos a los cuales se les aplicó abono orgánico (compost o lombricompost) (Figuras 13 y 14) con cuatro niveles de nitrógeno de compost y lombricompost se corrió una regresión polinomial para ver la tendencia de respuesta de cada uno de los abonos orgánicos. El resto de los tratamientos fueron interceptados en la curva de regresión para estimar el nivel de Nitrógeno que se hubiera requerido para obtener la misma cantidad de frutos.



**Figura 6.** Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost en el cultivo de jitomate.

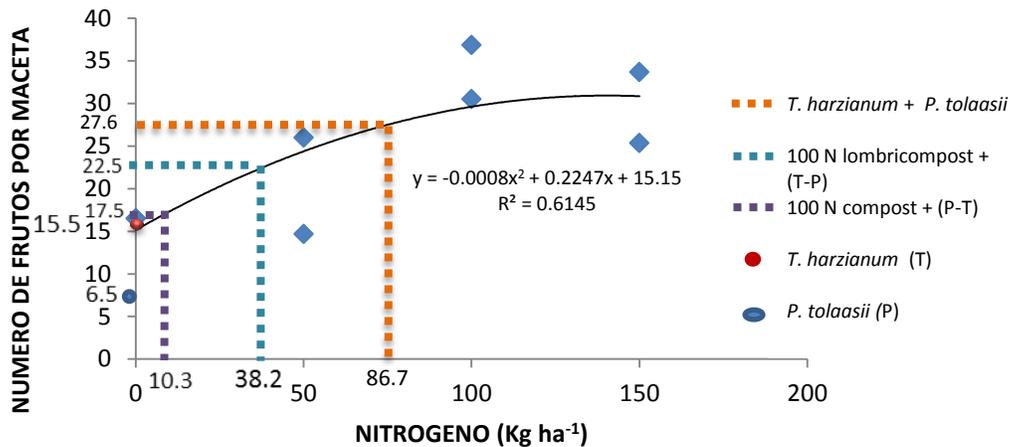
En la Figura 14, se ve claramente el comportamiento de la tendencia de fructificación, a medida que el nivel de Nitrógeno aumenta hasta 100 kg ha<sup>-1</sup> el número de frutos incrementó, llegando al nivel de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, el número de frutos decreció en un 31.2%. Ortega *et al.* (2010) encontraron una tendencia muy parecida a la mostrada; ellos afirmaron que a media que aumentaron las dosis de Nitrógeno, el número de frutos decayó hasta en un 14.6%.



**Figura 7.** Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost en el cultivo de jitomate.

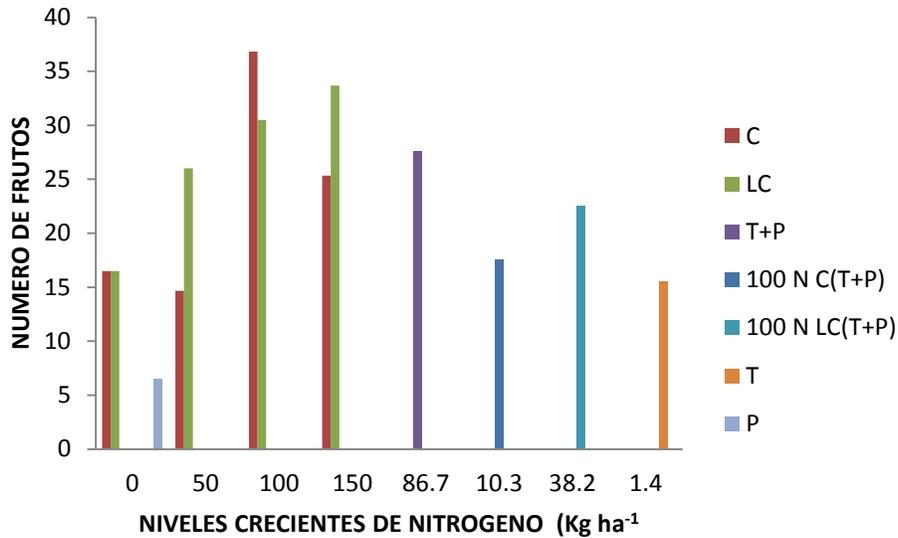
En la Figura 15, se muestra una tendencia muy similar a la de la Figura 14. A medida que aumentaron los niveles de Nitrógeno, se incrementó la fructificación, alcanzando el máximo número de frutos con el nivel de 150 kg N ha<sup>-1</sup>.

Rodríguez *et al.* (2008) demostraron que para lograr un número alto de fructificación a base de lombricompost, tuvieron que aumentar hasta 200 ppm de Nitrógeno, obteniéndose con ello 27 frutos por planta; sin embargo este valor reportado por ellos es 19.6 % inferior a la fructificación lograda en este trabajo experimental.



**Figura 8.** Número de frutos por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost y la intercepción de tratamientos inoculados con *T. harzianum* y *P. tolaasii* en la curva.

Se corrió una regresión con niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost en relación con el número de frutos por maceta para ubicar gráficamente los valores de los tratamientos de esta variable en la curva de regresión que no pertenecen a niveles crecientes de nitrógeno (Fig. 16). Se puede observar que el tratamiento con el inoculo de *T. harzianum* y *P. tolaasii* solo produjo 27.6 frutos. Esto logró superar al nivel de 50 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno. Ramos *et al.* (2002) reportaron que al aplicar 240 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno lograron producir 11 frutos por maceta, mientras que en esta investigación se logró un 60% más fructificación (27 frutos) con la aplicación de *T. harzianum* y *P. tolaasii*.



**Figura 9.** Número de frutos de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de Compost y de Vermicompost y los tratamientos con inoculación de *T. harzianum* y *P. tolaasii* (T + P).

En la Figura 17, se muestra el efecto de niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost en la fructificación del tomate, observándose que hubo una respuesta positiva en número de frutos a medida que aumentó la aplicación de nitrógeno. El máximo número de frutos se obtuvo con 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno de compost y 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno de lombricompost. El tratamiento inoculado con nivel cero con respecto a *T. harzianum* + *P. tolaasii* se mostró 40% inferior, y con respecto al nivel 100 de Nitrógeno, el testigo fue 50.8% inferior. Santiago *et al.* (1998) reportaron fructificaciones de 57 frutos por planta, dejando abajo con el doble de fructificación con un 51.5% a la combinación de agentes antagónicos usados en este experimento.

En el Cuadro 11, se contrastaron todos los tratamientos para determinar cuidadosamente algún otro tratamiento que fuera significativo a parte del T 13 (*inoculado con P. tolaasi*), ya que éste al contrastarlo con todos los tratamientos fue significativo tal y como lo indico Tukey. Para corroborar el p-value se utilizó p-value ajustado en los contrastes.

**Cuadro 11.** Comparación de tratamientos por medio de p-value ajustado.

TRA	_TRA	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Adj P
1	2	-13.3882	7.2051	49	-1.86	0.0692	0.8103
1	3	-4.1882	5.7385	49	-0.73	0.469	0.9999
1	4	-4.659	6.917	49	-0.67	0.5038	1
1	5	-7.83	6.331	49	-1.24	0.2221	0.9885
1	6	0.03552	6.7064	49	0.01	0.9958	1
1	7	-16.8413	6.1364	49	-2.74	0.0084	0.2613
1	8	-8.9486	7.7183	49	-1.16	0.2519	0.9934
1	9	-11.4	8.3573	49	-1.36	0.1788	0.9748
1	10	-10.508	7.7547	49	-1.36	0.1816	0.9761
1	11	-13.6747	7.7012	49	-1.78	0.082	0.8519
1	12	1.2118	7.6816	49	0.16	0.8753	1
1	13	13.492	6.65	49	2.03	0.0479	0.7095
2	3	9.2	4.6287	49	1.99	0.0525	0.7354
2	4	8.7292	6.0235	49	1.45	0.1537	0.9603
2	5	5.5583	5.3967	49	1.03	0.3081	0.9977
2	6	13.4237	5.8393	49	2.3	0.0258	0.5286
2	7	-3.4531	5.1618	49	-0.67	0.5066	1
2	8	4.4397	6.9724	49	0.64	0.5273	1
2	9	1.9882	7.6886	49	0.26	0.797	1
2	10	2.8802	7.0088	49	0.41	0.6829	1
2	11	-0.2864	6.9496	49	-0.04	0.9673	1
2	12	14.6	6.8921	49	2.12	0.0392	0.651
2	13	26.8802	5.7629	49	4.66	<.0001	0.0015 <sup>&amp;</sup>
3	4	-0.4708	4.1591	49	-0.11	0.9103	1
3	5	-3.6417	3.1845	49	-1.14	0.2584	0.9941
3	6	4.2237	3.8877	49	1.09	0.2826	0.9963

3	7	-12.6531	2.7677	49	-4.57	<.0001	0.0021
3	8	-4.7603	5.4434	49	-0.87	0.3861	0.9995
3	9	-7.2118	6.3349	49	-1.14	0.2605	0.9944
3	10	-6.3198	5.49	49	-1.15	0.2553	0.9938
3	11	-9.4864	5.4141	49	-1.75	0.086	0.8627
3	12	5.4	5.3402	49	1.01	0.3169	0.9981
3	13	17.6802	3.7719	49	4.69	<.0001	0.0014
4	5	-3.171	5.0058	49	-0.63	0.5294	1
4	6	4.6945	5.4523	49	0.86	0.3934	0.9996
4	7	-12.1823	4.7447	49	-2.57	0.0133	0.3564
4	8	-4.2896	6.6506	49	-0.64	0.5219	1
4	9	-6.741	7.4192	49	-0.91	0.368	0.9993
4	10	-5.849	6.7076	49	-0.87	0.3875	0.9995
4	11	-9.0157	6.6457	49	-1.36	0.1811	0.9759
4	12	5.8708	6.586	49	0.89	0.3771	0.9994
4	13	18.151	5.3925	49	3.37	0.0015	0.0669
5	6	7.8655	4.7102	49	1.67	0.1013	0.897
5	7	-9.0114	3.8552	49	-2.34	0.0235	0.5025
5	8	-1.1186	6.0647	49	-0.18	0.8544	1
5	9	-3.57	6.8762	49	-0.52	0.606	1
5	10	-2.678	6.1109	49	-0.44	0.6631	1
5	11	-5.8447	6.0428	49	-0.97	0.3382	0.9987
5	12	9.0417	6.0181	49	1.5	0.1394	0.9487
5	13	21.322	4.6292	49	4.61	<.0001	0.0019
6	7	-16.8769	4.4392	49	-3.8	0.0004	0.021
6	8	-8.9841	6.4308	49	-1.4	0.1687	0.9698
6	9	-11.4355	7.2233	49	-1.58	0.1198	0.9267
6	10	-10.5435	6.4951	49	-1.62	0.1109	0.9138
6	11	-13.7102	6.4311	49	-2.13	0.0381	0.642
6	12	1.1763	6.418	49	0.18	0.8553	1
6	13	13.4565	5.1258	49	2.63	0.0115	0.3235
7	8	7.8928	5.8608	49	1.35	0.1843	0.9772
7	9	5.4413	6.6974	49	0.81	0.4205	0.9998
7	10	6.3333	5.9115	49	1.07	0.2893	0.9967
7	11	3.1667	5.8411	49	0.54	0.5902	1
7	12	18.0531	5.8084	49	3.11	0.0031	0.1233
7	13	30.3333	4.3627	49	6.95	<.0001	<.0001
8	9	-2.4514	8.1715	49	-0.3	0.7654	1
8	10	-1.5594	7.5385	49	-0.21	0.837	1
8	11	-4.7261	7.4835	49	-0.63	0.5306	1
8	12	10.1603	7.4637	49	1.36	0.1796	0.9752
8	13	22.4406	6.3966	49	3.51	0.001	0.0466

9	10	0.892	8.2058	49	0.11	0.9139	1
9	11	-2.2747	8.1553	49	-0.28	0.7815	1
9	12	12.6118	8.1368	49	1.55	0.1276	0.9364
9	13	24.892	7.171	49	3.47	0.0011	0.0512
10	11	-3.1667	7.5232	49	-0.42	0.6757	1
10	12	11.7198	7.4978	49	1.56	0.1245	0.9327
10	13	24	6.4431	49	3.72	0.0005	0.0261
11	12	14.8864	7.4424	49	2	0.051	0.7276
11	13	27.1667	6.3785	49	4.26	<.0001	0.0055
12	13	12.2802	6.3486	49	1.93	0.0589	0.7675

TRA= tratamiento, Pr> |t|= p-value, Adj P= p-value ajustado, &= diferencia significativa ajustada usando un alpha de 0.05 y garantiza la significancia proporcionada por p-value.

Al examinar cuidadosamente los contrastes, se encontró que existen dos tratamientos diferentes del T13 (inoculado con *P. tolaasii*) que mostraron diferencias significativas, estos fueron T7 (100 N de compost) vs T3 (fertilización tradicional 100-80-60) y T7 vs T6 (50 N de compost). En el primer contraste, el T7 fue 45.6 % superior su fructificación que T3. Este dato antepone a lo reportado por Petit *et al.* (2009) que informaron que al comparar una fertilización química contra una orgánica (compost), el número de frutos no varió significativamente, presentándose 14 frutos por planta. Sin embargo, este dato reportado por estos autores, es inferior en promedio en un 50 % al T7 y T3.

En el segundo contraste, nuevamente el T7 superó la fructificación ahora con 60.3 % al T6. A pesar de la gran diferencia que se tuvo entre T7 y T6, ambos tratamientos superaron la fructificación reportada por Márquez *et al.* (2013), quienes lograron producir solo 10 frutos por planta, siendo esta diferencia 60 %.

### 5.3 BIOMASA SECA

La variable biomasa seca que incluyó frutos, hojas y tallos de jitomate, arrojó el análisis de varianza que se indica en el cuadro 12.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para variable Biomasa seca del cultivo de jitomate

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio del error	F Value	Pr > F
TRA	12	60074.833	5006.2361	0.94	0.5143ns
BLO	5	23782.379	4756.4759	0.89	0.4915

TRA= tratamiento, \*= no hay diferencia significativa.

Este análisis de varianza no muestra diferencias significativas entre los tratamientos señalando que ninguno de ellos es diferente estadísticamente. La prueba de Tukey con alpha 0.05 se muestra en el Cuadro 13 y en él se pueden observar las diferencias que existen en el rendimiento de biomasa seca total para cada uno de los tratamientos, a pesar de que no hay diferencia significativa.

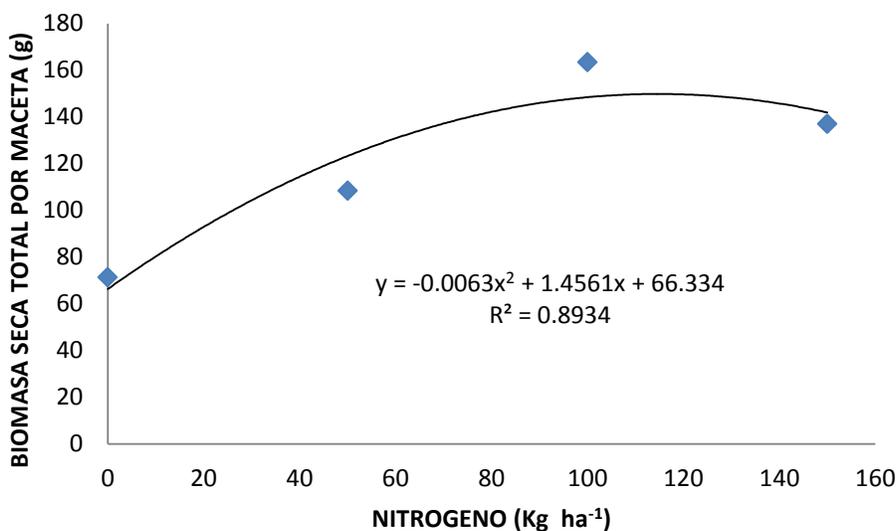
**Cuadro 13.** Comparación de medias, del rendimiento total de biomasa en el cultivo de jitomate, mediante el procedimiento Tukey.

Tukey Grouping	Mean	TRAT.	Tipo de tratamiento
A*	163.44	T7	100 N de compost
A	148.18	T10	100 N de lombricompost
A	136.91	T8	150 N de compost
A	136.79	T11	150 N de lombricompost
A	122.91	T5	100 N de lombricompost + inóculo
A	122.33	T12	Inóculo de <i>T. harzianum</i>
A	115.21	T3	Fert. Tradicional (100-80-60)
A	108.29	T6	50 N de compost
A	107.61	T9	50 N de lombricompost
A	98.68	T13	Inóculo de <i>P. tolaasii</i>
A	77.88	T4	100 N de compost + inóculo
A	71.91	T2	Inóculo ( <i>T. harzianum</i> + <i>P. tolaasii</i> )
A	71.33	T1	Testigo

TRA= tratamiento, \*= con misma letra no hay diferencia significativa (Tukey  $p \leq 0.05$ )

De acuerdo con esta prueba que se muestra en el cuadro 13, se observa que el rendimiento más alto de biomasa total, se obtuvo con el tratamiento 100 kg N ha<sup>-1</sup> de compost (163.44 g maceta<sup>-1</sup>) y el más bajo (71.33 g maceta<sup>-1</sup>) con el testigo.

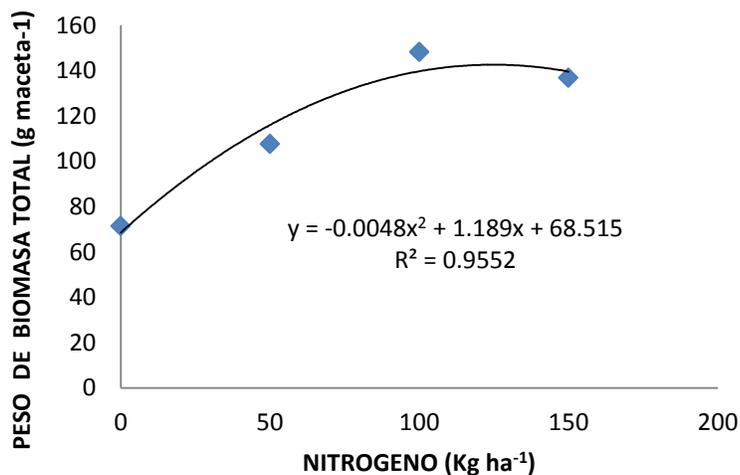
Al comparar estos datos, con los reportados por Nuñez *et al.* (2012) encontraron que al final del ciclo del tomate, logro producir 461 g por planta. Este dato contrasta fuertemente, al valor de materia seca obtenido en este trabajo, superándolo con el 64.5% al T 7, que fue el tratamiento que produjo mayor cantidad de materia seca. Sin embargo, al comparar el mismo valor del T 7 con la biomasa reportada por Duarte *et al.* (2010), que fue de 210 gramos por planta, la diferencia que existe sobre el T 7 es solo de 22%. La lombricompost, sigue mostrando sus bondades para incrementar la producción de este cultivo. El compost, también ha demostrado buenos efectos en el rendimiento de materia seca total.



**Figura 10.** Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost

La Figura 26 muestra de manera muy precisa que la variable biomasa total de jitomate incrementa a medida que aumentan los niveles de nitrógeno; sin embargo a partir de 100 kg ha<sup>-1</sup> empiezan a decrecer. Esto indica que fisiológicamente el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Este comportamiento también fue registrado por Salas y Ramírez (2001) quienes encontraron que al aumentar la dosis de Nitrógeno 90 kg N ha<sup>-1</sup>, aumentó el rendimiento, y a partir de aquí comenzó a disminuir la producción de biomasa obteniendo solo 90 g de materia seca por planta, siendo 44.9% inferior a la biomasa obtenida en este trabajo.

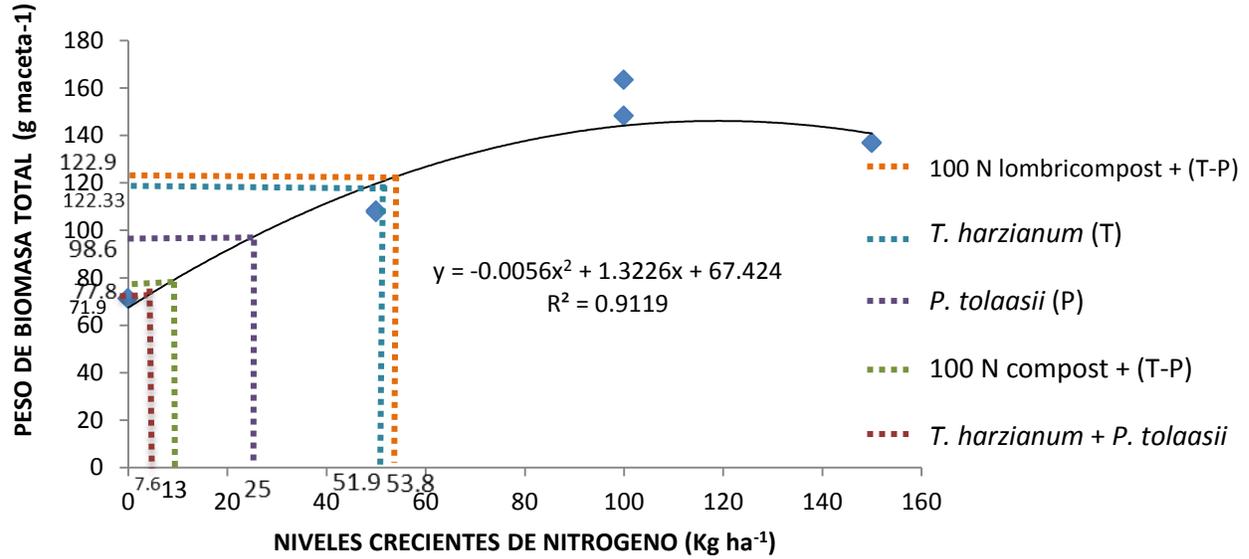
Además del factor Nitrógeno, hubo otros de carácter fitosanitario que contribuyeron a la disminución de biomasa como hongos fitopatógenos foliares entre ellos cenicilla y tizón. Torres *et al.* (2010) señalan que las aplicaciones de de Nitrógeno están directamente relacionados con los problemas fitosanitarios, tanto de los foliares como del suelo.



**Figura 11.** Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost

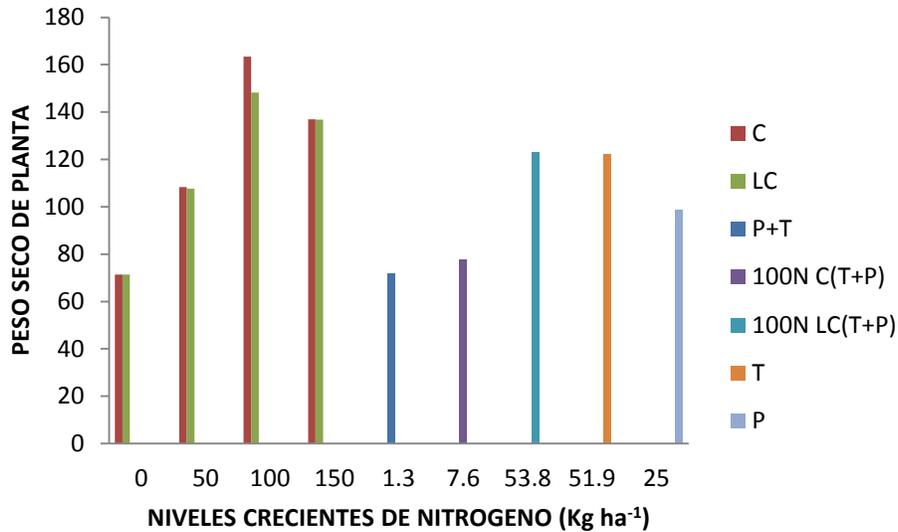
La respuesta de peso de biomasa seca total a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost fue similar a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost. Es decir, que el rendimiento de biomasa seca total más alto se obtuvo con el nivel de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  de ambos abonos orgánicos. –Aplicaciones mayores de nitrógeno influyeron en un decremento de rendimiento de biomasa seca total. Acevedo y Pire (2004) reportaron datos similares al usar vermicompost de equino, obteniendo 78 g de biomasa seca total por planta. Este valor fue 33% inferior a lo encontrado en este trabajo.

Al igual que en las variables anteriores, los tratamientos que no corresponden a niveles crecientes de Nitrógeno de ambos abonos orgánicos, para su discusión, se apoyó con la curva de regresión de niveles crecientes de nitrógeno.



**Figura 12.** Peso de biomasa seca total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de lombricompost y los tratamientos inoculados con *T. harzianum* y *P. Tolaasii*.

El tratamiento con la inoculación de *T. harzianum* y *P. tolaasii* (Figura 28), su intercepción indica un rendimiento de biomasa seca total de 71.9 g maceta<sup>-1</sup>. Este valor es 1% menor que el testigo señalando que la inoculación de *T. harzianum* y *P. tolaasii* afectó negativamente el rendimiento de biomasa. Al comparar el rendimiento que se obtuvo con 100 kg N ha<sup>-1</sup> este es superior en un 87%. Ramírez y Nienhuis (2012), bajo sistema hidropónico reportaron que usando agentes antagónicos, lograron desarrollar 221.7 gramos de materia seca por planta, superando con un 67.9% al tratamiento usado en esta investigación.



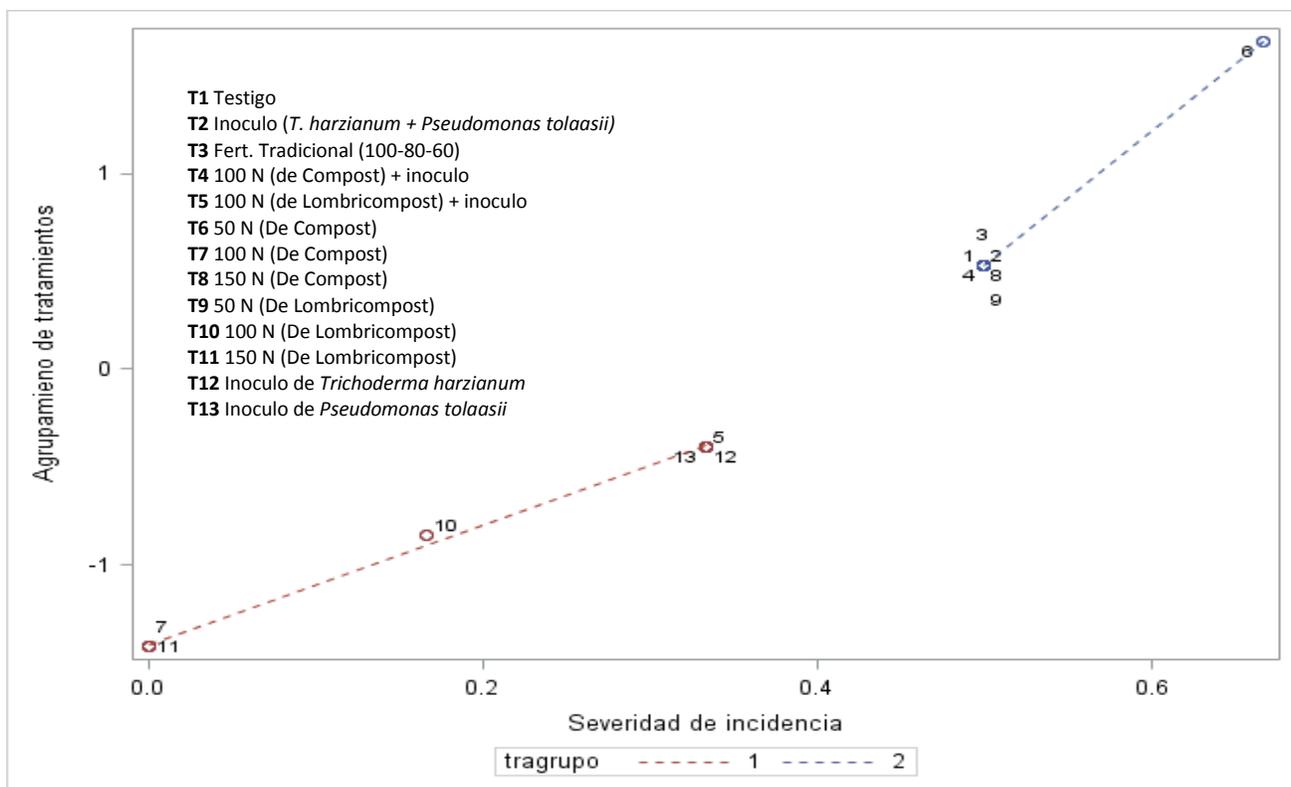
**Figura 13.** Peso de biomasa total de jitomate por maceta a la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno de compost y de lombricompost y los tratamientos inoculados con *T.harzianum* y *P. tolaasii*.

Al comparar el tratamiento con inoculación de *T. harzianum* y *P. tolaasii* (agentes antagonísticos) en la Figura 29, se puede observar que superan al testigo en solo un 0.8%. Sin embargo estos son superados por el nivel 100 k N en un 53.8%. Flores *et al.* (2010), al utilizar agentes antagonísticos en un sistema de cultivo en maceta, reportaron una producción de biomasa seca de 69 g por planta, siendo apenas 4% inferior a lo generado por los antagonísticos usados en este trabajo.

#### 5.4 NUMERO DE PLANTAS MUERTAS.

Para esta variable, su análisis estadístico fue muy especial, debido a que la recopilación de datos se realizó numerando con un uno las plantas que fueron afectadas por los hongos fitopatógenos y las sanas con un cero; estos unos y ceros imposibilitaron la utilización de un análisis de varianza, comparación de medias y

regresión lineal. Sin embargo se usó un método que agrupó a los tratamientos de acuerdo a la severidad de incidencia causada por la enfermedad. En otras palabras, se hicieron cinco subgrupos de tratamientos, los cuales compartieron entre si un grado de enfermedad igual. Estos subgrupos fueron distribuidos en una gráfica (Figura 38.) de acuerdo a su grado de severidad causado por los hongos fitopatógenos, considerando que esta variable es una de las más importantes de acuerdo con la temática de investigación.



**Figura 14.** Incidencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de jitomate por grupos de tratamientos con abonos orgánicos y antagonistas en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.

Como se puede observar en la Figura 38, los cinco subgrupos de tratamientos están interceptados por dos rectas; estas rectas forman dos grupos, el grupo uno que sufrió

incidencia baja de fitopatógenos baja y el otro grupo que sufrió una incidencia alta. Los subgrupos que están sobre la línea roja, son aquellos tratamientos que resultaron ser los menos afectados por hongos fitopatógenos, estos están ordenados de menor a mayor incidencia (7 y 11 < 10 < 13, 5 y 12). Los subgrupos que están señalados por la recta azul, son los que presentaron un mayor daño severo, y de igual manera están señalados de menor a mayor incidencia (1, 2, 3, 4, 8 y 9 < 6).

El comportamiento que mostraron los tratamientos, es un tanto complejo de explicar. Sin embargo, la gráfica muestra dos cosas muy claras:

1. Entre más poca sea la existencia de materia orgánica en el suelo, mayor será la incidencia de agentes fitopatógenos en los cultivos.
2. La lombricompost mostró un mayor efecto antagónico que el resto de los tratamientos.

El punto 1, concuerda con lo reportado por Wild (1992), quien afirmó que un suelo naturalmente fértil es aquel que cuenta con organismos edáficos que van liberando nutrientes a partir de reservas orgánicas, con velocidades suficientes para mantener un crecimiento rápido de las plantas y de las poblaciones de microorganismos, conservando así una actividad biológica en los suelos que proporciona un medio adecuado para el desarrollo de la planta, protegiéndola nutricionalmente y fitosanitariamente. Sin embargo, Gros y Domínguez (1992) aseguran que para que todo esto suceda, los niveles deseables de materia orgánica en suelos arcillosos, como es en este caso particular, deben contener 2% como mínimo. Por otro lado Navarro *et al.* (1995) reportaron que el contenido de materia orgánica en los suelos suele ser escaso y son contados los casos las excepciones en los que los suelos superan el 2%.

No hay duda de que uno de los principales factores que afectan la productividad agrícola a causa de hongos fitopatógenos, son los bajos contenidos de materia orgánica en los suelos (Julca *et al.*, 2006).

La aseveración del punto número 2, es complicada de explicarla por el simple hecho de que el nivel 100 de Nitrógeno de compost no presento ningún daño por fitopatógenos, desafió así el mal comportamiento de los demás tratamientos de compost al desarrollar una de las mayores tasas de incidencia por hongos fitopatógenos. El nivel 100 de Nitrógeno de compost junto con el nivel 150 N de lombricompost, fueron los únicos dos tratamientos que no presentaron ninguna planta enferma.

Romero *et al.* (2009) mencionan que los hongos tanto como las bacterias aumentan su desarrollo (Unidades Formadoras de Colonia, UFC, en el caso de hongos) a niveles moderados de pH (5.7-6.5) que tienden hacia la neutralidad, esto indica, que el problema de la lombricompost usada en este trabajo de investigación fue su excesivo pH alcalino (8.7), según el análisis químico realizado. Por esta razón el nivel 100 de compost fue capaz de competir con la lombricompost al verse frenada por su pH. Ahora las ventajas del compost sobre lombricompost fueron tres muy importantes, de acuerdo a Thompson y Troeh (1988): una fue su alto nivel de materia orgánica (40% según análisis químico) contra el 24.7 de lombricompost, debido a que en ambientes ricos de materia orgánica la población fungosa predomina, donde la competencia por alimento y energía no es demasiado grande, sin embargo, al desintegrarse los materiales fácilmente degradables, estos hongos declinan rápidamente y son devorados por otros microorganismos, principalmente bacterias. Debido a estos

acontecimientos, es por ello que la compost no mostró mayor resistencia a los fitopatógenos, a excepción del nivel 100 de compost donde probablemente era la abundancia de materiales fácilmente degradables, los cuales permitieron una población grande de agentes antagonistas para el combate de patógenos. Esto mismo sucedió con la lombricompost. La segunda gran ventaja de compost, fue que presentó un pH con tendencia ligera a la acidez según análisis químico (6.0), Wild (1992) mencionó que existe la posibilidad de que predominen los hongos siempre y cuando el pH sea ácido. La mayoría de los microorganismos en ambientes ácidos disminuye su población y más aún si hay un alto contenido de humedad (6.8%). De acuerdo a los análisis químicos el % de humedad en compost fue mayor (6.8%) que en lombricompost (4.6%). Y la tercera ventaja que menciona Wild (1992), es que los hongos toleran cantidades bajas de calcio, donde el compost presentó 1.6% y el lombricompost 5.7%. Esta última característica, permitió que los agentes antagónicos en la mayoría de los niveles de aplicación de compost declinaran.

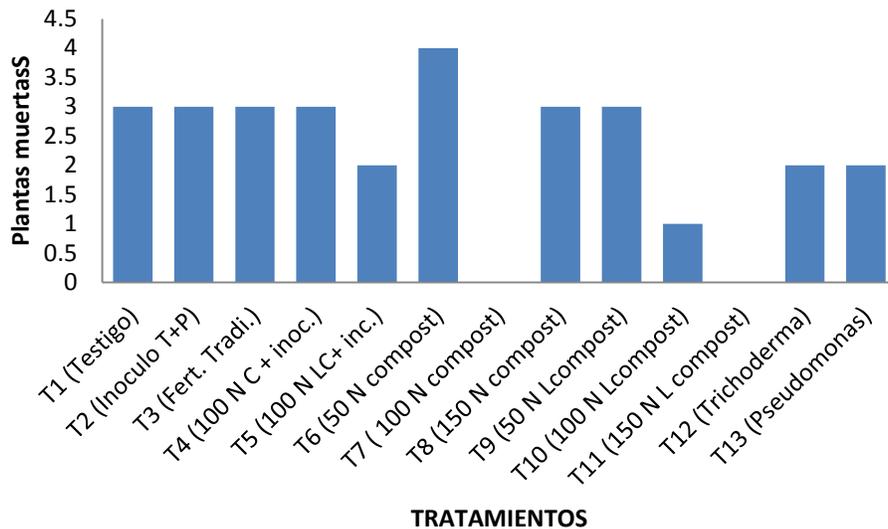
No cabe duda que a pesar de las grandes deficiencias que presentó el compost como medio para los agentes antagónicos, por lo menos un tratamiento que fue 100 unidades de Nitrógeno presentó las características ideales para el abatimiento de las enfermedades producidas por *Fusarium oxysporum* f. *sp. Lycopersici* y *Pythium* *sp.*

Un segundo análisis que se le realizó a la variable incidencia de fitopatógenos, fue una comparación de tratamientos a través de barras, para determinar porcentajes de incidencia causada por fitopatógenos.

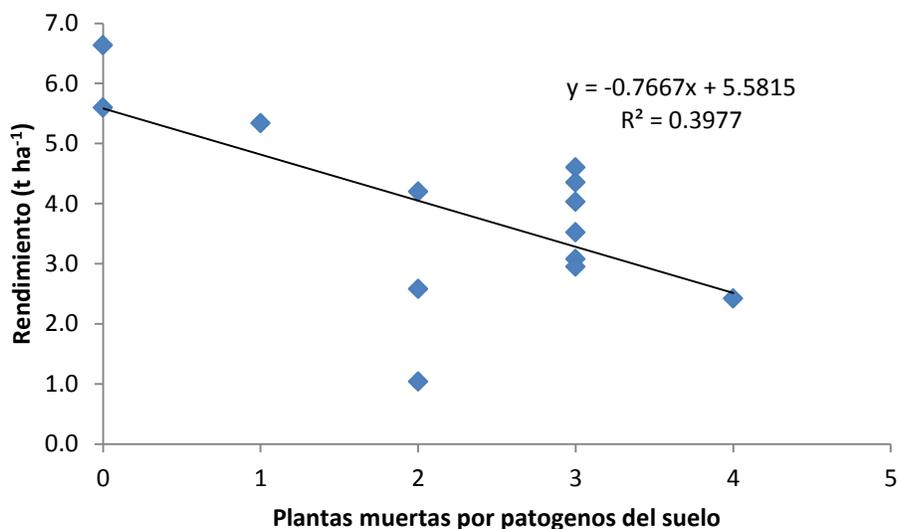
En la Figura 39, se puede observar que los tratamientos 7 y 11, son los únicos que no presentaron incidencia alguna de patógenos del suelo. Debido a esto quedaron exentos

de comparación alguna, ya que si se hicieran tendrían una diferencia del 100%, porque su incidencia fue cero plantas infectadas.

También se puede apreciar que hay un grupo de seis tratamientos, entre ellos el testigo, que presentaron igual número de plantas infectadas, tres. Al comparar el testigo (T1) con el T10 que sólo presentó una sola planta infectada, este tratamiento fue 66.6% menos afectado. Sin embargo, al comparar nuevamente el testigo ahora con T5, T12 y T13 que presentaron en común dos plantas enfermas, estos tratamientos fueron 33.3% menos afectados que el testigo.



**Figura 15.** Comparación de tratamientos sobre la incidencia de hongos fitopatógenos en Jitomate cultivado en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.



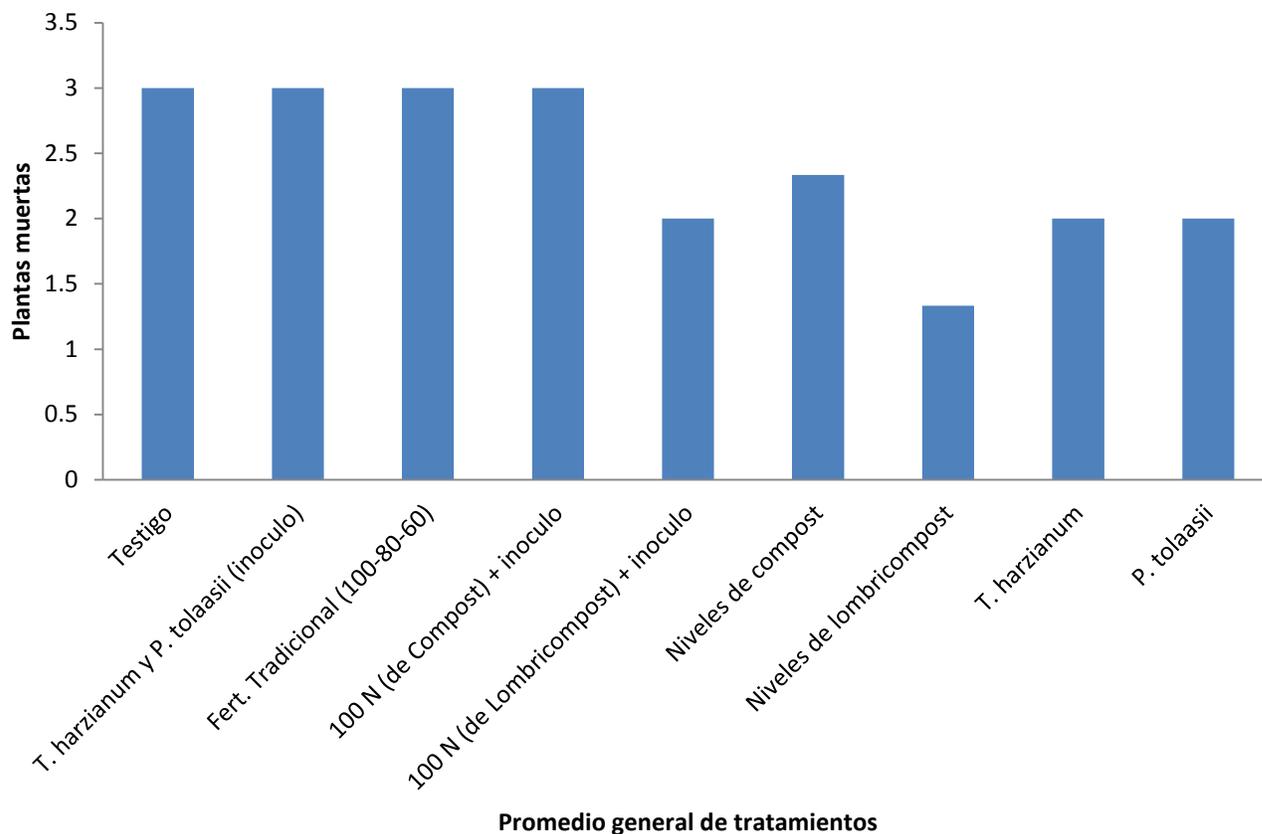
**Figura 16.** Relación entre el rendimiento de fruta fresca e incidencia de patógenos en el cultivo del jitomate en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.

En la Figura 40, se puede observar la relación entre el rendimiento y la incidencia de patógenos del suelo. Se ve claramente que a medida que aumenta el grado de incidencia de patógenos en el cultivo de jitomate el rendimiento de fruta fresca por hectárea disminuye marcadamente.

Al confrontar el T6, que resultó ser el tratamiento más afectado por los hongos fitopatógenos, con el testigo, mostró una diferencia de infestación sobre el testigo del 25%. Si comparamos el T6 con el T10, hay una diferencia de infestación sobre el T10 del 75%, y de igual manera si contrastamos T6 con T5, T12 y T13 que tienen en común dos plantas infectadas, la diferencia de infestación sobre este grupo es del 50%.

Ahora, si comparamos promedios generales, es decir, al comparar el promedio de infestación (de los tres niveles de Nitrógeno) de compost, lombricompost, así también de *T. harzianum*, *P. tolaasii*, el inóculo combinado (T+P), testigo, compost más inóculo,

lombricompost más inóculo y fertilización tradicional, se observó que tratamiento disminuyó más la incidencia a hongos fitopatógenos.



**Figura 17.** Comparación de incidencia de fitopatógenos con promedios generales en el cultivo de jitomate en un suelo de Ixtlilco el Grande, estado de Morelos.

La Figura 41, claramente vuelve a aseverar lo propuesto por la Figura 38. El lombricompost en fue en general el que mayor inhibición de incidencia presentó causada por fitopatógenos. La lombricompost presentó un 56.6% menos incidencia respecto al testigo y en promedio general presentó un 48% menos incidencia que el resto de los tratamientos.

Este comportamiento de lombricompost es reportado por Ramírez *et al.* (1998), quienes encontraron que al utilizar lombricompost, un tratamiento químico y la mezcla entre

ellos, encontraron efectos positivos con lombricompost para mitigar la pudrición blanca del tomate. Por otro lado también se han comprobado las diferencias que hay entre compost y lombricompost para suprimir el efecto de *Pythium myrioty* donde el lombricompost mostro ser más eficaz que otros tratamientos (Artavia *et al.*, 2010).

Para comprobar estas dos afirmaciones, se han realizado trabajos de investigación para probar la efectividad de lombricompost y suprimir los efectos negativos de los hongos fitopatógenos, tal es el caso del trabajo de Guédez *et al.* (2009) que señalaron que la utilización de lombricompost como controlador biológico inhibe el efecto de hongos fitopatógenos en un 26.6%, entre ellos *Fusarium* y *Pithyum*. Este dato reportado por este autor contrasta lo encontrado, ya que la efectividad demostrada de la lombricompost en esta investigación es un 44.5% más efectiva que lo citado anteriormente. Nuevamente Mendoza *et al.* (2003) afirmaron que al utilizar lombricompost, sólo presentó el 1.36% de infestación total, contrastando fuertemente al dato encontrado en esta investigación que sufrió un 20% de infestación en total por los tres niveles de Nitrógeno de lombricompost.

Hadar y Mandelbaum (1992) justificaron el uso de componentes orgánicos como el lombricompost o compost, ya que estos generaron un supresión por la actividad microbológica desarrollada durante el proceso de compostaje, inhibiendo notablemente a varios hongos fitopatógenos como; *Rhizoctonia solani* y *Pythium aphanidermatum*. Chen *et al.* (1987) demostraron que al utilizar desperdicios municipales y pasarlos por un proceso de lombricomposteo, estos tienen un efecto inhibitorio contra *Pythium ultimum*, del 100% de su cultivo, solo el 7.5 % mostró síntomas de enfermedad

causados por el agente fitopatológico, mostrando entonces 62.5% más eficiencia que la lombricompost usada en este trabajo de investigación.

Sin embargo Clive *et al.* (2004) encontraron, un dato igual al detectado por la investigación realizada. Ellos observaron que al utilizar vermicompost, redujeron en un 80% los problemas causados por *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*, solo presentando un 20% problemas de incidencia.

Algunas veces el uso de microorganismos antagónicos como *Trichoderma* y *Pseudomonas*, no logran mitigar los efectos fitopatológicos causados por hongos, tal y como lo reporta Pérez y Ayala (2012), donde encontró que al utilizar *Trichoderma* y *Pseudomonas* presentaron los índices de infección más altos, un 83% de infección. En esta investigación, estos mismos agentes antagónicos, disminuyeron en un 66% las infecciones, quedando por debajo de lombricompost.

## VI. CONCLUSION

En base a los análisis estadísticos realizados a las variables evaluadas en esta investigación, se obtuvieron dos conclusiones con lo siguiente:

- De todos los tratamientos evaluados, el compost con un nivel de 100 unidades de Nitrógeno y lombricompost con un nivel de 150 unidades de Nitrógenos permitieron obtener los máximos rendimientos y con ello el mayor número de frutos. Presentándose como una opción para incrementar los rendimientos de tomate para los productores de Ixtlilco el Grande.
- Para la variable principal que fue incidencia, promediando los resultados de todos los tratamientos, lombricompost permitió la máxima inhibición ante los agentes fitopatógenos, presentándose como la tecnología más eficaz y recomendable para combatir los problemas fitosanitarios que padece la comunidad de Ixtlilco el Grande, Tepalcingo, Morelos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Abdalla, M. E., M. A. Elwakil., and S. B. Mathur. 1998. *Fusarium oxysporum* associated with tomato seeds in Egypt. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 1: 92-96.
- Acevedo, I. C., y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del Lechosoero (*Carica papaya* L.). *INCI* 29(5): 274-279.
- Achicanoy L., H. 2001. Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 54(1): 1251-1273.
- Agamez R., E. Y., R. I. Zapata N., L. E. Oviedo Z., y J. L. Barrera V. 2008. Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Rev. Colomb* 10(2): 23-34.
- Agamez R., E., J. Barrera V., y L. Oviedo Z. 2009. Evaluación del antagonismo y multiplicación de *Trichoderma* sp., en sustrato de Plátano en medio líquido estático. *Acta Biológica Colombiana* 12: 23-28.
- Ahmed, S. 1999. Evaluación del potencial de *Bacillus* spp. y *Trichoderma harzianum* en el biocontrol de enfermedades del pimiento (*Capsicum annum*). Tesis de licenciatura, Universidad de Murcia, España.

Ahmed, S., C. Pérez., C. Egea., and M. E. Candela. 1999. Evaluation of the capacity of *Trichoderma harzianum* in controlling rot caused by *Phytophthora capsici* in pepper plants. *Plant Pathology* 48: 58-65.

Alcántar G., G., y L. I. Trejo T. 2009. Nutrición de cultivos. Ed, Mundi-Prensa México, D. F. 451p.

Alcántar G., G., M. Sandoval V., y P. Sánchez G. 1996. Desarrollo y situación actual de la nutrición vegetal en México. *Terra* 14(3): 349-353.

Alfonso, E. T., A. Leyva., A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como Biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Rev. Colomb* 7(2): 47-54.

Algecira, N., M. M. Martínez., C. A. Ramírez., y L. F. Pérez. 2002. Efecto de las variables, condiciones de la fermentación y del sustrato en la producción de *Trichoderma harzianum*. *Revista de protección vegetal* 4: 32-58.

Allen, T. W., A. Martínez., y L. L. Burpee. 2009. Quemazón del césped por *Pythium*. *The Plant Health Instructor* 10-19 pp. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0313-01.

- Artavia, S., L. Uribe., F. Saborío., L. F. Arauz., y L. Castro. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense* 34(1): 17-29.
- Ayala R., N. I., y A. L. Orrego F. 2009. Eficiencia del tratamiento químico para el control de la pudrición carbonosa del tallo en el cultivo de sésamo (*Sésamum indicum*). *Investigación Agraria* 11(2): 31-35.
- Baddi, M. H y A. Ruvalcaba. 2006. Fragmentación del habitat: el primer jinete del apocalipsis. *Calidad ambiental*, 11(3): 8-13
- Baddi, M. H., A. E. Flores., G. Ponce., H. Quiróz., R. Foroughbakhch., y R. Torres. 2003. Control biológico un método ambientalmente amigable. *Calidad ambiental* 8(3): 20-23.
- Baddi, M. H., J. Castillo., y A. Wong. 2005. Towards sustainability in urban areas. *Innovaciones de Negocios* 2(2): 8-13.
- Baddii, M. H y J. L. Abreu. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience* 1(1): 82-89.
- Badii, M. H. 2004. Sustentabilidad: fundamentos, perspectivas y limitaciones. *Innovaciones de Negocios* 1(2): 199-227.

- Baker, K., R. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman Company, San Francisco, USA, 433 p.
- Bastida, A. 2008. Los invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 123p.
- Bautista, G., H. Mendoza., and D. Uribe. 2007. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* in native potato (*Solanum phureja*) plants using native *Pseudomonas fluorescens*. Acta boil. Colomb 12(1): 19-32.
- Beltrán G., M. J., T. Ogura F., G. Manzo S., y C. A. Castro. 2006. Catalasas de hongos fitopatógenos: Factores de Virulencia y Resistencia a los Fungicidas. Rev. Mex. Fitopatología 24(1): 50-58.
- Ben Y., Y., Z. R. Frank., V. M. J. Malero., and E. J. De Vay. 2007. Effect of crop rotation and Metham-Sodium on *Verticillium dahlia*. NATO ASI Series Vascular wilt Diseases of Plants 28: 543-555.
- Benavides M., P., P. A. E. Bustillo., R. E. C. Montoya., M. R. Cárdenas., y C. G. Mejía M. 2002. Participación del control cultural, químico y biológico en el manejo de la broca del café. Revista Colombiana de Entomología 28(2): 161-165.

Benítez, T., A. M. Rincón., M. C. Limón., y A. C. Codón. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int. Microbiol* 7(4): 249-260.

Berlanger, I., y M. L. Powelson. 2005. *Verticillium* wilt. *The plant health instructor*. The American Phytopathological Society. Consultado el 31 de Mayo del 2014: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/VerticilliumWilt.aspx>.

Bolda, M. y S. Koike. 2013. Actualidades de marchitez de *Verticillium* en California en 2013. Agriculture and Natural Resources, University of California. Consultado el 31 de Mayo del 2014 en: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11047>.

Borrero, C. A., y S. H. Del Rosario. Efectos de *Trichoderma* (in vitro) en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisol clase IV del piedemonte llanero. *Revista ORINOQUIA* 9(2): 342-352.

Bouhot, D. 1975. Cuantificación de la técnica de estimación del potencial infeccioso de los suelos, mantillos y sustratos infectados por *Pythium* sp. *Phytopathology* 7(2): 147-150.

Bugarín M., R., A. Galvis S., P. Sánchez G., y D. García P. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Agrociencia* 3(4): 401-409.

Castañeda, M., V. Rodrigo., E. Ramos., V. Peniche., y R. del Rosal. 2007. Análisis y simulación del microclima de un invernadero. *Agrociencia* 2: 801-813.

Castellanos, G., C. Jara., y G. Mosquera. 2013. *Rhizoctonia solani*, manejo del hongo en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical: 2-23.

Castilla, N. and J. Hernández. 2005. The plastic greenhouse industry of Spain. *Chronica Horticulture* 45(3): 15-20.

Castro T., M. A., y C. A. Rivillas O. 2003. MANEJO SOSTENIBLE DE LA LLAGA MACANA EN CAFETALES RENOVADOS POR ZOCA. *Avances Técnicos, Cenicafé* 312: 1-8.

Cebolla, V., P. Martínez., A. Del busto., y B. Cases. 1993. Control de *Fusarium oxysporum* f. sp *dianthi* mediante solarización combinada con fumigantes a bajas dosis. *Actas de horticultura* 9:552-557.

Censo Agropecuario. 2007. El recurso tierra en las unidades de producción. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Universidad de Guadalajara. Consultado 21 de Mayo en:  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=16964&upc=702825044565&s=est&tg=0&f=2&cl=0&pf=Agro&ef=0>

César, A., y N. Pino N. 1982. Taller: Adiestramiento en prevención de riesgos en el uso de plaguicidas. Control integrado de plagas. Sanidad Vegetal, Secretaria de Agricultura., San Cristóbal de las Casas, Chipas, México.

Chaves M., N. P. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorn. Tesis de maestría en ciencias, Programa de educación para el desarrollo y la conservación, Escuela de posgrado, CATIE.

Chen W., H. A. J. Hoitink., and A. F. Schmitthenner. 1987. Factors affecting suppression of *Phytophthora damping-off* in container media amended with composts. *Phytopathology* 77: 755-760.

Cih D., I. R., J. L. Jaramillo V., M. A. Tornero C., y R. Schwentesius R. 2011. Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el estado de Jalisco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2011): 501-512.

Clive A., E., J. Domínguez., and A. Norman Q. 2004. The influence of vermicomposts on plant growth and pest incidence.- *Soil Zoology for Sustainable Development*: 397-420.

- Cook R and L. Calvin. 2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the North America fresh tomatoe industry. Economic Research Report 2. USDA. 86 p.
- Coronel L., R. J. 2009. Alternativas de mejora en el manejo pos cosecha de Tomate Riñón cultivados en la provincia de Santa Elena. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción. Guayaquil, Ecuador.
- Datnoff, L. E., S. Nemeček, and K. Pernezny. 1995. Biological control of fusarium crown and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. BIOLOGICAL CONTROL 5: 427-431.
- Davis J. R., O. C. Huisman., D. T. Westermann., S. L. Hafez., D. O. Everson., J. H. Sorensen., and A. T. Schneider. 1996. Effects of green manures on verticillium wilt of potato. Phytopathology 86(5): 444-453.
- De Costa, D. M., and H. R. U. T. Erabadupitiya. 2005. An integrated method to control postharvest diseases of banana using a member of the *Burkholderia cepacia* complex. Postharvest Biology and Technology 36: 31-39.
- De la Cruz L., E., M. A. Estrada B., V. Robledo T., R. Osorio O., C. Márquez H., y R. Sánchez H. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y Ciencia 25(1): 59-67.

- Défago, G., C. H. Berling., U. Burger., D. Haas., G. Kahr., C. Keel., C. Voisard., P. Wirthner., and B. Wuthrich. 1990. Suppression of black root rot of tobacco and other root diseases by strain of *Pseudomonas fluorescens*: potential applications and mechanism. *Biological Control of Soilborne Plant Pathogens* 93-108.
- Del Rosario, Y., y Y. Villareal Ch. 2011. Alternativas biológicas para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo del plátano. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira: 88 p.
- Díaz, F., J. Villaescusa., I. Trillas., P. Castillo., M. Aviles., M. Chebaani., R. Blanco., F. J. Gea., J. C. Tello., J. Sinobas., and J. Yelamos. 2002. Suppressiveness of the bacterial macrobiota present in the grapevines mark compost against phytopathogenic. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Duarte D., C., M. Ajete G., F. González R., C. Bonet P., y L. O. Sierra C. 2010. Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila. *Rev Cie Tec Agr* 19(3): 193- 204.
- Escalante, R., H. Catalán., L. Galindo., y O. Reyes. 2007. Desagrarización en México: tendencias actuales y retos hacia el futuro. *Redalyc* 4(59):87-116.

- Escalante R., H. Catalán., y L. Galindo. 2005. Evolución del producto de sector agropecuario mexicano, 1960-2002: algunas regularidades empíricas. Cuadernos Desarrollo Rural 54: 87-112.
- Escalante S., R., y E. F. Rello. 2000. El sector agropecuario mexicano: los desafíos del futuro. Comercio Exterior 50(11): 32-40.
- Ezziyyani, M., M. E. Requena., E. C. Gilabert., y M. E. Candela. 2007. Biological control of *Phytophthora* root of pepper using *Trichoderma harzianum* and *Streptomyces rochei* in combination. Journal of Phytopathology 155(6):342-349.
- Ezziyyani, M., S. C. Pérez S., A. Sid A., M. E. Requena., y M. E. Candela. 2004. *Trichoderma harzianum* como bifungicida para el control de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). Anales de Biología 26: 35-45.
- Fernández, O., y V. Larrea. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Manejo Integrado de Plagas 62: 96-100.
- Flores S., S., M. Palta Z., T. Solano C., y O. Espinosa G. 2010. Biocontrol de *Fusarium* spp., en el cultivo de tomate de mesa con *Trichoderma* spp. Ren. Brasileira de ciencias do solo 23(8):45-53.

Fraire, S. L. 1993. Extractos vegetales en el control del tizón temprano (*Alternaria solani*) y tizon tardío (*Phytophthora infestans*) en jitomate, en laboratorio, campo y vivero. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 23 de Oaxaca, Oax.- 106 p.

Freitas, S. S. 1989. Desenvolvimento de plântulas de café pela inoculado de *Pseudomonas* sp. Rev. Brasileira de Ciencias do Solo 13(1): 31-34.

Fundación produce Sinaloa. 2006. Producción de hortalizas bajo invernadero. Ed, Fundación produce, Culiacán, Sinaloa. 81 p.

Gamboa, S., y M. Sangiacomo. 2000. Clavel *Dianthus caryophyllus*, un cultivo que puede desarrollarse si bromuro de metilo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Garcia, M. C., S. F. Balasch., M. A. Alcon., and Z. Fernández. 2010. Characterization of technological levels in Mediterranean horticultural greenhouse. Spanish Journal of Agricultural Research 8(3): 509-525.

García, R., M. A. Durán., y R. Riera. 2006. Producción de biomasa de *Trichoderma harzianum* por fermentación líquida. FITOSANIDAD 10(4): 295-298.

- Gasoni, L., J. Cozzi., K. Kobayashi., V. Yossen., G. Zumelzu., y S. Babbitt. 1998. Suppressive effect of antagonistic agents on *Rhizoctonia* isolates on lettuce and potato in Argentina field plots. International Congress of Plant Pathology 5-44.
- Gea, F. J., y M. J. Navarro. 2008. EFECTOS DEL TÉ DE COMPOST Y DE VARIOS FUNGICIDAS SOBRE LA PRODUCCION DE CHAPIÑON. Centro de Investigación, Experimental y Servicios del champiñón 10 p.
- Godoy H, H., J. Z. Castellanos R., G. Alcántar G., M. Sandoval V., y J. de J. Muñoz R. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. Terra Latinamericana 27(1): 1-9.
- Gómez, T. L., A. Gómez M., y R. Schwentesius. 1999. Desafíos de la Agricultura Orgánica. S. N. T: 224 p.
- González A., M. I., y E. Ruz J. 1999. Efectos de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial. Agricultura Técnica 59(4): 320-330.
- González R., E., A. Benavides M., H. Ramírez., V. Robledo T., R. Maiti, A. Reyes L., A. F. Aguilera C., L. O. Fuentes L., y R. E. M. Hernández V. 2005. Crecimiento de jitomate y calidad de frutos con diferentes concentraciones de nitrato. TERRA Latinoamericana 23(1): 105- 111.

- González, I., Y. Arias., y B. Peteira. 2012. Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* en tomate. Rev. Protección Veg. (27):1-10.
- González, M., y G. Guenca. 2008. Respuesta de plantas de plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares nativos e introducidos, bajo condiciones de campo. Rev Fac Agron 25: 470-495.
- Gross, A., y A. Domínguez A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va edición. ediciones Mundi-prensa. Madrid, España: 450 p.
- Guédez, C., L. Cañizález., C. Castillo., y R. Olivar. 2009. Efecto antagónico de *Trichoderma harzianum* sobre algunos hongos patógenos postcosecha de la fresa (*Fragaria* spp). Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 29(1): 234- 344.
- Guédez, C., L. M. Cañizález., C. Castillo., y R. Olivar. 2009. Micoflora asociada a dos sustratos orgánicos y su efecto en el control de *Rhizactonia solani* Kuhn. Agronomía Colombiana 27(3): 395-399.
- Hada, Y., y R. Mandelbaum. 1992. Suppressive Compost for Biocontrol of Soilborne Plant Pathogens. Phytoparasitica 20: 113-116.

- Hadwan, H., A., y H. S. Khara. 1990. *In vivo* interaction of *Trichoderma* isolates with *Rhizoctonia solani* causing damping off fruit rot of tomato. Indian Journal of Ecology 17(2): 125-127.
- Harman, G. E., C. R. Howell., A. Viterbo., I. Chet., and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species-Opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat. Rev. Microbiol 2: 43-56.
- Hartman, A. 2005. Perspectives and challenges. GSF-Forschungszentrum, Bericht, Neürenberg 14 p.
- Hawes, M. C., G. Bengough., G. Cassab., and G. Ponce. 2003. Root caps and rhizosphere. J Plant Growth Reg 21: 352-367.
- Hernández L., A. N., S. Bautizta B., M. G. Velázquez Del V., y A. Hernández R. 2007. Uso de Microorganismos Antagonistas en el Control de Enfermedades Postcosecha en Frutos. Revista Mexicana de Fitopatología 25(1): 66-74.
- Hernández M., L. G., y M. A. Escalona A. 2003. Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana 16(1): 1-5.
- Hernández, J., y A. Cruz. 1993. Gallinaza. Boletín Informativo. consultado el 4 de junio del 2014 en: [www.infoagro.go.cr/tecnología/carne/gallinaza.htm](http://www.infoagro.go.cr/tecnología/carne/gallinaza.htm)

- Hernández, M. I., y M. Chailloux. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *Cultivos Tropicales* 25(2): 5-12.
- Herrera C., R. A. 2005. Control biológico de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Fusarium solani* en tomates bajo invernaderos. Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
- Hoitink H., A. J., A. G. Stone., y D. Y. Han. 1997. Supresión de enfermedades mediante el uso de compost. *Manejo Integrado de Plagas* 43: 31-39.
- Hoitink J., H. A., y J. M. Boehm. 2002. Control biológico en comunidades del suelo: un fenómeno de dependencia de sustrato. *Manejo Integrado de Plagas* 62: 4-17.
- Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolutions of current concepts. *Plant Dis* 87(1):4-10.
- Ibarra D., y A. Acosta. 2003. El dilema campesino. *Redalyc* 52(245) 151-220.
- Imhoff, S., M. Pilatti., y C. Paletto. 1998. Tomate bajo cubierta: un procedimiento para estimar el requerimiento de nitrógeno. *Rev. FAVE* 12(2): 59-71.

- Infante, D., B. Martínez., N. González., y Y. Reyes. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Rev. Protección Veg 24(1):1-5.
- Izzedin A., N., y L. Medina T. 2011. Efecto de control biológico por antagonistas fitopatógenos en vegetales de consumo humano. Salus 15(3): 18-27.
- Jaramillo N., J., V. Rodríguez P., M. Guzmán A., M. Zapata., y T. Rengifo M. 2007. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA). PRODUCCION DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS. 1<sup>era</sup>Ed.- Editorial; Alejandro Ramírez Madrid, Pedagogo, Coordinador Pedagógico UTF/COL/027/COL, Gerencia Seguridad Alimentaria y Nutricional MANA: 331 p.
- Jarvis, W. R y H. J. Thorpe. 1981. Control of *fusarium* foot rot of tomato by soil amendment with lettuce residues. Canadian Jurnal of Plant Pathology 3(1): 159-162.
- Jones, J. P. 1991. *Fusarium* wilt. In Compendium of Tomato Diseases. Ed. St. Paul, Minnesota, APS Press. 24 p.
- Julca O., A., L. Meneses F., R. Blas S., y S. Bello A. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESIA (Chile) 24(1): 49-61.

- Kang, Y., R. Carlson., W. Tharpe., and M. A. Schell. Characterization of Genes Involved in Biosynthesis of a Novel antibiotic from Burkholderia cepacia BC 11 and their role in Biological Control of Rhizoctonia solani, Applied. Env. Microbiology 64(10): 39-47.
- Katan, J., A. Greenberger., H. Alon., and A. Gristein. 1980. Solar pasteurization of soil for disease control, status and prospects. Plant Disease 64:450-454.
- Katan. J., A. Greenberger., H. Alon., y A. Grinstein. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann Rev. Phytopathol. 19: 211-236.
- Kehdi, N. 2003. Hongos parásitarios de las raíces. consultado el 31 de Mayo del 2014, en: [http://www.eurohydro.com/pdf/articles/sp\\_pythium.pdf](http://www.eurohydro.com/pdf/articles/sp_pythium.pdf).
- Larco R., E. S. 2004. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Tesis, Maestría en Ciencias, Programa de educación para el desarrollo y la conservación, Escuela de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Larrea F., O. 2002. Control biológico de plagas agrícolas, Managua, Serie Técnica CATIE 53: 160-184.

- Leyva P., A. R., L. Castellanos G., y A. De la cruz F. 2011. Alternativas de lucha contra nematodos nodulares en el cultivo de tomate en condiciones de organopónicos. Centro Agrícola 38(3): 5-9.
- Lin, A., T. M. Lee., y J. C. Rern. 1994. Tricholin, a new antifungal agent from *Trichoderma viride* and its action in biological control of *Rhizoctonia solani*. Journal of Antibiotics 47(7): 799-805.
- Liriano G., R., O. Mirabal G., R. Rodríguez B., y M. Viltres B. 2012. Uso del hongo *Trichoderma* spp., para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en tomate. Centro Agrícola 39(4): 49-54.
- López C., A. F. 2003. Manual para la preparación y venta de hortalizas: Del campo al mercado. Edición 151. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 179 p.
- López E., F. J., D. Nuñez S., M. A. Blanco L. 2003. Aislamiento de *Verticillium dahliae* de suelo y caracterización morfológica de sus macroesclerocios. Bol. San. Veg. Plagas, 29: 613-626.
- Louvet, J. 1973. Las perspectivas de lucha biológica control los hongos parásitos de los órganos subterráneos de las plantas. Simposio Internacional "Perspectivas de lucha biológica contra los hongos parásitos de las plantas cultivadas y de los tejidos leñosos. 233 p.

- Márquez H., C., P. Cano R., U. Figueroa V., J. A. Ávila D., N. Rodríguez D., y J. L. García H. 2013. Rendimiento y calidad con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Rev. Inter. de Bot. Exp* 82: 56-61.
- Márquez H., C., P. Cano R., Y. I. Chew M., A. Moreno R., y N. Rodríguez D. 2005. Sustrato en la producción orgánica de tomate Cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.
- Martínez G., G. A., G. Íñiguez C., Y. D. Ortiz H., J. Y. López C., y M. A. Bautista C. 2013. Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29(3): 209-216.
- Martínez V., N., C. V. López A., M. Basurto S., y R. Pérez L. 2011. Efecto por salinidad en el desarrollo vegetativo. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 5(3): 156-161.
- Masaguer, A. (2001). Los sustratos en los cultivos sin suelo: Materiales empleados. Curso de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivo. Universidad Politecnica de Madrid, España: 49 p.
- Mast Group. 2014. medios de cultivo. Mástil Casa, Derby Road, Bootle, Merseyside, Reino Unido. 43 p.

- Matallana, G. y C. Montero. 2001. Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación. 2ª Edición. Madrid: Mundi-prensa. 209 p.
- Matheus L., J., G. Graterol B., D. Simancas G., y O. Fernández. 2007. Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles. *Agricultura Andina* 13: 19-26.
- Melgar, J. 2007. Evaluación del efecto de *Trichoderma* sp., y *Glomus* sp., en la incidencia y severidad de enfermedades del suelo y en el rendimiento de tomate, chile dulce y pepino. *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola* 12: 1-3.
- Mendoza N., H., J. C. Carrillo R., C. Perales S., J. Ruiz V. 2003. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica para tomate de invernadero en Oaxaca, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70: 30-35.
- Mesa B., Y., C. Duarte D., y A. García L. 2013. Efectividad de aplicación de bioplággidas a través del sistema de riego localizado por microaspersión en el cultivo del tomate. *Rev. Cie. Téc. Agr* 22(2): 48-53.
- Michel A., A. C., M. A. Otero S., R. D. Martínez R., R. Ariza., A. Barrios A., y A. Rebolledo M. 2008. Control biológico *in vitro* de enfermedades fungosas en

- tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. *Avances en Investigacion Agropecuaria* 12(3): 55-68.
- Misaghi, I., and R. Donndeliger, L. 1990. Endophytic bacteria in symptom free cotton plants. *Phytopathology* 80: 808-811.
- Mitidieri, M. S., M. V. Brambilla., M. Piris., E. Piris., y L. Maldonado. 2005. El uso de portainjertos resistentes en cultivo de tomate bajo cubierta: resultados sobre la sanidad y el rendimiento del cultivo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: 1-8.
- Montealegre, R. J., R. Reyes., L. M. Pérez., R. Herrera., P. Silvia., and X. Besoain. 2003. Selection of bioantagonistic bacteria to be used in biological control of *Rhizoctonia solani* in tomato. *Electronic Journal of Biotechnology* 6(2): 1-10.
- Moreno, R., D. Aguilar., y G. Luevano. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en Mexico. *Revista Mexicana de Agro negocios* 29: 763-774.
- Morton, H. V. y P. A. Urech. 1988. History of the development of resistant to phenylamide fungicides. *C. J. Phytopathological Society, St. Paul* 59-60.

- Moulin, F y A. Cool. 1996. *Pythium aphanidermatum* responsible for root damages and yield reduction in soilless cultures of cucumber. IOBC wprs Bulletin, vol. 19(6): 12-18.
- Muñoz A., P., A. Antón., J. I. Montero. Fertilización nitrogenada en un cultivo hidropónico de tomate. Tecnología de producción 192: 8-13.
- Navarro P., J., H. Moral., L. Gómez., y B. Mataix. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. Servicio de publicaciones. Alicante, España: 108 p.
- Navarro, J. R., y G. Umaña. 1997. Combate de fitopatógenos en el almacigo de cebolla (*Allium cepa* L.). AGRONOMIA MESOAMERICANA 8(2): 107-111.
- Núñez R., F., R. L. Grijalva C., R. Macías D., F. Robles C., y C. Ceceña D. 2012. Crecimiento, Acumulación y Distribución de Materia Seca en Tomate de Invernadero. BIOtecnia 14(3): 25-31.
- Ochoa M., E., U. Figueroa V., P. Preciado R., A. Moreno R., y N. Rodríguez D. 2009. Té de compost como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Rev. Chapingo Serie Horticultura 15(3): 245-250.
- Orietta F., V. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Manejo Integrado de Plagas 61: 96-100.

- Ortega M., L. D., J. Sánchez O., J. Ocampo M., E. Sandoval C., B. A. Salcido R., y F. Manzo R. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai 6(3): 339-346.
- Ortega M., L. D., Ocampo M, J., Sandoval C, E., Martínez V, C., Huerta de la P, A., Jaramillo, J. L. 2014. Caracterización de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. Revista Bio Ciencias 2(4): 261-270.
- Osaky, M., Tamer, A. U., y Azeri, C. 2004. Antibacterial activity of some actinomicetes isolated, from farming soils of Turkey. Afric. J. Biotechnol 3:441-6.
- Osirio G., L. A., Castaño Z, J., Gutierrez R, L. B. Eficacia *in-vitro* de lixiviados de plátanos sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht, causante de la pudrición de raíces de arveja (*Pisum sativum* Linneo). Agron 20(1): 17-25.
- Oviedo L., J. C., P. Castrillon H., M. E. Ramírez C., y D. M. Vanegas H. 2009. Estudio preliminar de la producción de Acido L-Aspártico con *Pseudomonas fluorescens*. Rev. Investigaciones aplicadas 5: 26-33.

- Oyoque, G., G. H. Mena., V. Olalde., y V. A. Angoa. 2011. Uso de Extractos de *Pseudomonas* sp (PB11) para el control de la mancha bacteriana en tomate (*Solanum lycopersicum*). Información Tecnológica 22(5): 3-10.
- Papavizas, G. C. 1985. TRICHODERMA AND GLIOCLADIUM: BIOLOGY, ECOLOGY, AND POTENTIAL FOR BIOCONTROL. Ann. Rev. *Phytopathol* 23: 23-54.
- Paredes E., J. E., J. A. Carrillo F., R. S. García E., R. Allende M., J. A. Sañudos B., y J. B. Valdez T. 2008. Microorganismos antagonistas para el control del complejo de hongos causantes de la rabia del Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el estado de Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol 27(1): 42-53.
- Peil, R. M., y J. L. Galvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Rev. Bras. Agrociencia 11(1): 5-11.
- Peña Y., M., F. Casierra P., y O. I. Monsalve. 2013. Producción Hidroponica de tomate (*Solanum lycopersicum*) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. Rev. Colomb. Cienc. Horti. 7(2): 217-227.
- Perdomo, M., J. Peña., C. Guédez., C. Castillo., y L. Cásales. 2003. *Trichoderma harzianum* para el control de la enfermedad "Sancocho" en semilleros de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). ACADEMIA 6(12): 52-61.

- Pérez G., Y., J. L. Ayala A., y A. Calero H. 2012. Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* Rifai A-34 en el cultivo de tomate protegido. Rev. Infociencia 16(3): 1-10.
- Pérez N., J. C., y J. E. Leguizamón C. 1998. Interacciones entre micorrizas nativas, *Pseudomonas* spp., fluorescentes y calcio, en el manejo de *Fusarium* spp., en espárragos. Cenicafé 49(3): 211-223.
- Pérez R., E. 2012. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Maestría en Ciencias, Postgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados: 57-59.
- Pérez, C. N. 1994. Manejo Ecológico de plagas. La Habana: Universidad Agraria de La Habana, 35p.
- Pérez, C., L. De la Fuente., A. Arias. y N. Altier. 2000. Uso de *Pseudomonas fluorescentes* nativas para el control de enfermedades de implantación en *Lotus corniculatu* L. Agrociencia 4(1): 41-47.
- Pérez, H. 1994. Producción de biofertilizantes con la cria de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), utilizando cuatro tipos de sustratos diferentes en condiciones semicontroladas. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 12: 88.

- Pérez, J., G. Hurtado., V. Aparacio., Q. Argueta., y M. Larin, M. 2002. Cultivo de Tomate. <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf.->  
Consultado 30 de Abril 2014.
- Pérez, J., J. López., y F. Dolores. 2002. La agricultura del sureste: situación actual y tendencias de las estructuras de producción en la horticultura almeriense 2<sup>a</sup>. Edición Madrid: Editorial Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, 235 p.
- Petit A., G., J. R. Marcía S., y O. R. Portillo. 2009. Evaluación de la fertilización orgánica como alternativo suplementaria a la fertilización química en el sistema de producción del cultivo de tomate. *Hortalizas* 9: 70-83.
- Plaats, V. D., y A. J. Niterink. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. Studies in Mycology No. 21. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baam. 234 p.
- Podile, A. R., y D. V. Laxmi V. 1998. Seed bacterization with *Bacillus subtilis* AF1 increases phenylalanine ammonia lipase and reduce the incidence of fusarial wilt in pigeonpea. *Phytophatol* 146: 255-259.
- Ponce, C. P. 2013. Producción de tomates en invernadero en México. <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>. Consultado 30 de Abril 2014.

- Prashith, K., K. S. Shobha., y R. Onkarappa. 2010. Fascinating diversity and potent biological activities of Actinomycete metabolites. *J. Pharmacy Res* 3:250-6.
- Pratt, P. F., F. E. Broadbent., y J. P. Martin. 1973. Using organic wastes as nitrogen fertilizers. *California Agriculture* 27 (6): 10-13.
- Puente, M. L., J. E. Garcia., J. A. Ullé., y A. Peticari. 2009. Respuesta a la inoculación *Azospirillum brasilense* en plantines de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) producidos en sustratos vermicompostados. Informe técnico 10: 45-48.
- Ramírez V., C., y J. Nienhuis. 2012. Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 25 (1): 3-15.
- Ramírez. R., R. Santos., F. Bracho., L. Sandoval., y C. Castro de Rincón. 1998. Control de *Sclerotium rolfsii* Sacc con fungicidas y humus. *Rev. Fac. Agron* 15: 534-544.
- Ramos G., F., J. A. Aguilar R., M. A. López G., Y. M. Ochoa F., y O. Vázquez M. 2011. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Investigación y Ciencia* 51: 3-9.

- Ramos L., C., G. Alcántar G., A. Galvis Spinola., A. Peña L., y A. Martínez G. 2002. Eficiencia de uso del Nitrógeno en tomate en fertirriego. *Terra* 20:465-469.
- Reyes, A. R., B. Barranco M., G. Gracia R., y G. Jiménez M, G. 2002. Actividad *in vitro* de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium rolfsii* en plántulas de tomate. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 66: 45-48.
- Rivera A., O. U., A. C. Rivas D. 2006. Determinación de las dosis efectivas del biopreparado *Trichoderma (koningii y harzianum)* sobre *Sclerotium rolfsii* causante del mal del talluelo en chile dulce (*Capsicum annum*) en época lluviosa. Tesis de licenciatura, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad del Salvador.
- Robalino, M., y V. De Lourdes. 2002. Respuesta de seis híbridos de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) a dos distancias de siembra bajo manejo orgánico, en invernadero. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* 32: 24-31.
- Roberts, L. T. 2007. Breves Agronómicas: el estiércol, almacén, de nutrientes para las plantas. INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. 42p.
- Roblero R., H. R., E. Nava R., W. Valenzuela Q., J. R. Camacho B., y G. Rodríguez Q. 2014. Evaluación de cinco dosis de vermicompost en el cultivo de tomate

(*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa, México. Rev. Mex. Cienc. Agric. 8 1495-1500.

Rodríguez D., N., P. Cano R., E. Favela Ch., U, Figueroa V., V. de Paul A., A. Palomo G., C. Márquez H., y A. Moreno R. 2007. Vermicompost como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Rev. Chap. Ser. Hort. 13(2): 185-192.

Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela Ch., V. De P. Álvarez R., C. Márquez H., y A. Moreno R. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fit. Mex. 31(3): 265-272.

Rodríguez, A. D y Montilla, O. J. 2002. Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*. Manejo Integrado de Plagas (Costa rica) No. 63: 46-50.

Romero A., O., M. Huerta L., M. A. Damián H., F. Domínguez H., y D. A. Arellano V. 2008. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista colombiana de BIOTECNOLOGÍA 15(2): 12-23.

- Romero, M. P., D. M. Santamaría., C. A. Zafra. 2009. Bioingeniería y suelo: Abundancia microbológica, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión. Umbral Científico 15: 67-74.
- Roy, J., C. Boulard., S. Kittas y S Wang. 2002. Convective and ventilation transfers in greenhouse. Biosystem Engineering 83: 1-20.
- Ruiz C., J. A, G. Medina G, I. J. Gonzales A, C. Ortiz T, H. E. Flores L, R. Martínez P, K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf>.- Consultado 30 de Abril 2014.
- SAGARPA. 2014. Evolución del Índice Global de la Actividad Económica Sector primario. Consultado 06 de Mayo 2014 en: <http://www.siap.gob.mx/indice-global-de-la-actividad-economica-de-enero-2014/>
- Salas E., y C. Ramírez. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. Agronomía Costarricense 25(2): 11-23.
- Salazar, M. 1996. Evaluación inicial del grado de adopción de la estrategia para el control químico del tizón (*Phytophthora infestans* Mont) en seis comunidades de Morochata. Tesis Ing. Agr. UMSS, Cochabamba, Bolivia. 98 p.

- Sánchez L., D. B., R. M. Gómez V., M. F. Garrido R., y R. R. Bonilla B. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agric* 3(2): 34-40.
- Sandoval V., M. C., y M. C. I. Noelting Z. 2011. Producción de conidios de *Trichoderma harzianum* rifai en dos medios de multiplicación. *Fitosanidad* 15(4): 215-221.
- Santamaria R., S., Ferrera C, R., Almaraz S, J. J., Galvis S, A., Barois B, I. 2011. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-Total durante el composteo y vermicomposteo. *Agriciencia* 35: 377-384.
- Santa-marina, P., Roselló C, J., Barceló C, S., and Marín S, S. 2003. Effect of water activity and temperature on competing abilities of *Penicillium oxalicum* against *Fusarium oxysporum*. *Rev Iberoam Micol* 20: 154-159.
- Santander, C., J. R. Montealegre., y R. Herrera. 2003. Control biológico de *Rhizoctonia solani* en tomate en suelos previamente sometidos a solarización y Bromuro de metilo. *Cien Inv Agr* 30: 107-112.
- Santiago, J., M. Mendoza., y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 59-65.

Santillana V., N. 2006. Producción de biofertilizante utilizado *Pseudomonas* sp. *Ecología aplicada* 5(1): 87-91.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2011. Línea de acción: Determinación del nivel de riesgo fitosanitario para los cultivos de importancia económica en México. Dirección General de Estudios Agropecuarios y Pesqueros. Consultado 21 de Mayo del 2014 en: [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/potencialproductivo/especificos/problemas\\_fitosanitarios.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/potencialproductivo/especificos/problemas_fitosanitarios.pdf)

Secretaría de Economía. 2007. ProMéxico: Inversión y Comercio. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado 21 de Mayo del 2014 en: [http://www.promexico.gob.mx/es\\_es/promexico/Agroalimentaria](http://www.promexico.gob.mx/es_es/promexico/Agroalimentaria)

Sheh, B., B. Lee., y O. Akira. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. The American Phytopathological Society, St Paul Minnesota, USA, 129 p.

Takken, F., y M. Rep. 2010. The arms race between tomato and *fusarium oxysporum*. *Mol. Plant Pathol* 11(2): 309-314.

Tanada, Y., y H. K. Kaya. 2001. Insect pathology. Academic Press, New York. *Rev Entomol* 14: 197-270.

- Terry A., E., J. Ruiz P., y T. Tejeda P. 2010. Efecto de un bioproducto a base de *Pseudomonas aeruginosa* en el cultivo del tomat *Solanum lycopersicum* Mill. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 3: 20-32.
- Terry E., Z. Terán., R. Martínez V., y M. De los A P. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisoría para la producción hortícola en organopónicos. Cultivos Tropicales 23(3): 43-36.
- Thompson, L. M., y F. R. Troeh. 1988. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona, España: 135-169.
- Tojar, L., V. Escoín., F. Ingelmo., M. J. Molina., P. García A., y L. Lapeña. 2008. Estudio del efecto de la adición de compost sobre el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* var. Montecarlo). I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos: 40-52.
- Torres L., A. M., J. C. Quintero D., y L. Atehortua G. 2010. Efecto de nutrientes sobre la producción de biomasa del hongo medicinal *Ganoderma lucidum*.- Rev. Colomb. Biotecnol. 13(1): 103-109.
- Torrez, R., y G. Thiele. 1998. El uso de jampis, épocas de siembra y cultivares: diagnostico participativos y capacitación en el manejo integrado del tizón.

Compendio de Exposiciones XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Cochabamba, Bolivia 190-191

Trinidad S., A. Utilización de estiércoles. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION. Consultado el 11 de Junio de 2014 en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/Documents/fichasaapt/utilizaci%F3n%20de%20esti%E9rcoles.pdf>

Trujillo, I., A. Díaz., A. Hernández., y M. Heydrich. 2007. Antagonismo de cepas de *Pseudomonas fluorescens* y *Burkholderia cepacia* contra hongos fitopatógenos del arroz y el maíz. Rev. Protección Veg 22(1): 2224-4697.

Turlier, M. F., A. Epavier., and C. Alabouvette, C. 1994. Early dynamic interactions between *Fusarium oxysporum* f.sp. *lini* and the roots of *Linus usitatissimum* as revealed by transgenic GUS-marked Hyphae. Can. J. Bot. 72:1605-1612.

Venner R., C., y M. J. Martín H. 2009. Aislamiento y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en cultivos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con capacidad antagonica frente a *Fusarium* sp. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. 98 p.

- Vergani G., R. 2002. *Lycopersicum esculentum*: una breve historia del tomate.- <http://www.horticom.com/pd/imagenes/50/956/50956.pdf>.- Consultado 30 de Abril 2014.
- Villa, M. P., A. Frías., E. González. 2005. Evaluación de cepas de *Pseudomonas* spp., para el control de hongos fitopatógenos que afectan cultivos de interés económico. ICIDCA. Sobre los derivados de la Caña de Azúcar 34(3): 40-44.
- Villarreal R., M., R. S. García E., T. Osuna E., y A. D. Armenta B. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. TERRA 20(3): 311-320.
- Villarreal R., M., S. Parra T., P. Sánchez P., S. Hernández V., T. Osuna E., J. L. Corrales M., y A. D. Armenta B. 2009. Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo de tomate en un suelo arcilloso. INTERCIENCIA 34(2): 135-139.
- Villarreal R., M., S. Parra T., P. Sánchez P., S. Hernández V., T. Osuna E., y J. Basilio H. 2009. Cobertura vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. Rev. Mex. Cienc. Agric. 1(2): 32-41.

- Waissbluth, R. y J. Valenzuela. 2007. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. Proceedings VI World Avocado Congress.
- Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández.- Mundi-prensa, Madrid, España, 1045 p.
- Wilson, M., and P. A. Backman. 1998. Biological control of plant pathogens. Hand book of pest management, 309-335 p.
- Wisniewski, M. E and C. L. Wilson. 1992. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: Recent advances. HortScience 27: 94-98.
- Yanes, M. L., A. Fernández., A. Arias., y N. Altier. 2004. Método para evaluar protección contra *Pythium debaryanum* y promoción del crecimiento de alfalfa por *Pseudomonas*. Agrociencia 8(2): 23-32.
- Yepis V., O., O. Fundora H., C. Pereira M., y T. Crespo B. 1999. La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilización nitrogenados en el cultivo del tomate. SCIENTIA *gerundensis* 24: 5-12.

Yoerlandy, S., A. Del Buso., R. Cruz., I. Aguiar., y L. Palomino. 2010. Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp., en el manejo de *Meloidogyne* spp. Rev. Bras. De Agroecología 5(2): 224-233.

Zavaleta M., E. 2000. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra 7(3): 201-207.

Zelinger, S. y M. Omann. 2007. *Trichoderma* biocontrol: Signal transduction Pathways involved in host sensing and mycoparasitism. Gen. Reg. Syst. Biol. 1:227-234.