



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Instituto de Ciencias
Centro de Agroecología

Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

MANEJO AGROECOLÓGICO DE ENFERMEDADES CON
ORIGEN EN SUELO, EN JITOMATE BAJO INVERNADERO EN
CALA-SUR-ATEMPAN, PUEBLA

TESIS

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

Presenta

NICANOR LINO GARCÍA

Director de la Tesis

DR. MANUEL HUERTA LARA

Codirector de la Tesis

DR. OMAR ROMERO ARENAS

Puebla, Pue.

Septiembre, 2014



BUAP

La presente tesis, titulada: **Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo, en jitomate bajo invernadero en Cala-Sur-Atempan, Puebla**, realizada por el alumno **Ing. Nicanor Lino García**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN


MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

COMITÉ TUTORAL:


DIRECTOR: _____


Dr. MANUEL HUERTA LARA

CODIRECTOR: _____


Dr. OMAR ROMERO ARENAS


ASESOR EXTERNO: _____


Dra. JULIANA BAUTISTA CALLES

ASESOR: _____


Dr. JOSÉ ANTONIO RIVERA TAPIA

REVISOR EXTERNO: _____


DR. DÉLFINO REYES LÓPEZ

Puebla, Pue., septiembre de 2014.

Instituto
de Ciencias

Edif. 103 E, Ciudad Universitaria,
Col. San Manuel, Puebla, Pue.
C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7050 y 7051

Este trabajo de investigación fue realizada dentro del marco de apoyo económico que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) otorga como beca a mis estudios de maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas, en el Centro de Agroecología, del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, cursado durante el periodo que comprende de Agosto de 2012 a Julio de 2014.

Manifiesto mi reconocimiento al CONACyT por su destacada labor en la formación de recursos humanos y del impulso de la investigación agroecológica en México.

Mi reconocimiento y respeto también, a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), al Instituto de Ciencias (ICUAP) y al Centro de Agroecología (CENAGRO), por brindarme una oportunidad de desarrollo académico al cobijarme durante todo el periodo de la maestría, por compartir nuevas propuestas de generación del conocimiento, por ofrecer nuevos ámbitos de interacción, de estudio y de investigación, pero sobre todo, por establecer los cimientos de una maestría con compromiso ecológico, social, económico y cultural, como lo es, la Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas (Masagro).

Nicanor Lino García

Puebla, Pue., Agosto de 2014.

Agradecimientos:

Agradecer primero a Dios, por permitirme encontrar en cada mañana nuevas oportunidades para ser feliz, para poder enfrentar retos, resolver problemas, para compartir y lo más importante, por permitirme vivir junto a mi familia, amigos y compañeros cada momento como si fuera el último!

Deseo agradecer al gran equipo que conformó el comité Tutoral, al Dr. Omar Romero Arenas, al Dr. Antonio Rivera Tapia, a la Dra. Juliana Bautista Galles, quienes con insistencia bien intencionada marcaban los lineamientos para el óptimo desarrollo del presente trabajo, y por supuesto, al Dr. Manuel Huerta Lara director de tesis, quien punteó cada actividad con acierto, dedicación y profesionalismo para que trabajos como éste, alcancen los satisfactores y exigencias scables.

Asimismo, agradecer a todos los profesores del Masagro, quienes activamente participan encausando a cada estudiante de la maestría a encontrar sus avideces académicas, educándolo y transformando sus paradigmas. Con agradecimiento especial al Dr. Agustín Aragón García, quien con atenciones y servicio facilitó la culminación del presente trabajo, haciendo evidente su tan eficiente y atinada conducción de la coordinación del Masagro.

Finalmente, Agradecer al Dr. Manuel Alberto D. por las facilidades otorgadas para realizar el experimento en el invernadero de su propiedad.

Dedicatorias:

Deseo dedicar el presente logro, a la memoria de mis padres Justino Lino Gutiérrez y Matilde Isabel García Jacinto, consciente de que la vida entera, no me bastará para agradecerles sus atenciones, cuidados y amor incondicional, que nunca carecí de ello mientras Dios les daba luz.

Dedicar también éste trabajo, a los pilares de mi vida, a Gil mi esposa, compañera y amiga por más de 25 años, a Xareny y Yarizel mis hijas y también mis luceros, ellas son la familia que le da razón a mi existir, cobijo a mi ser y fortaleza a mi vida.

Y claro, dedicar este trabajo a mis hermanos Carmelo, Vicki y Raúl, quienes siempre han apoyado mis decisiones, maximizado mis logros y minimizado mis fracasos.

A todos mis familiares, mis amigos, mis compañeros, mis maestros y a mi Dios... les dedico el presente trabajo.

Nicanor Lino García

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	4
2.1. Jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill).....	4
2.1.1. Origen del jitomate.....	4
2.1.2. Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.3. Requerimientos agroclimáticos.....	6
2.1.4. Fenología del cultivo.....	6
2.1.5. Principales enfermedades del jitomate.....	7
2.1.5.1. Enfermedades causadas por <i>Phytophthora</i> spp en jitomate.....	7
2.1.5.1.1. Pudrición de cuello y raíz.....	8
2.1.5.1.2. Tizón tardío.....	8
2.1.5.2. Enfermedades causadas por <i>Fusarium</i> spp en jitomate.....	9
2.1.5.2.1. Pudrición de la corona.....	9
2.1.5.2.2. Marchitez por <i>Fusarium</i>	9
2.1.5.3. Enfermedades causadas por <i>Pythium</i> spp y <i>Rhizoctonia solani</i> en jitomate.....	10
2.1.5.3.1. Damping Off o secadera.....	11
2.1.5.4. Enfermedades causadas por <i>Alternaria</i> spp en jitomate.....	11
2.1.5.4.1. Tizón temprano.....	12
2.1.5.5. Enfermedades causadas por <i>Botrytis cinérea</i> en jitomate.....	12
2.1.5.5.1. Moho gris.....	12
2.1.6. Producción de plántula.....	13
2.2. Agroecología.....	14
2.3. Agroecosistema.....	15

2.4. Abonos orgánicos.....	16
2.4.1. Sustrato Orgánico.....	17
2.4.2. Enmienda Orgánica.....	17
2.4.3. Aplicación de Abonos orgánicos al suelo.....	18
2.4.4. Lombricomposta.....	20
2.4.5. Bocashi.....	21
2.4.6. Fibra de coco.....	21
2.4.7. Antagonista <i>Trichoderma</i> spp.....	22
2.5. Manejo agroecológico de enfermedades.....	23
III. JUSTIFICACIÓN.....	25
IV. OBJETIVOS.....	26
4.1. Producción de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos.....	26
4.1.1. General.....	26
4.1.2. Particulares.....	26
4.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo invernadero.....	26
4.2.1. General.....	26
4.2.2. Particulares.....	26
V. HIPÓTESIS.....	28
5.1. Producción de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos.....	28
5.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo invernadero.....	28
VI. METODOLOGÍA.....	29
6.1. Producción de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos.....	29
6.1.1. Localización del experimento.	29
6.1.2. Establecimiento del experimento.	29
6.1.3. Variables evaluadas.	32
6.1.4. Análisis Estadístico.....	37

6.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo invernadero.....	37
6.2.1. Localización del experimento.	37
6.2.2. Establecimiento del experimento.	38
6.2.3. Variables evaluadas.	41
6.2.4. Análisis estadístico.	42
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
7.1. Producción de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos.....	43
7.1.1. Porcentaje de brotación.	43
7.1.2. Diámetro del tallo.....	45
7.1.3. Altura de la plántula (AP).	46
7.1.4. Número de hojas (NH).	48
7.1.5. Peso fresco (PF) y peso seco (PS).	50
7.1.6. Índice de calidad de Dickson (ICD).....	52
7.1.7. Análisis económico de la producción de plántula.....	53
7.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo invernadero.....	56
7.2.1. Desarrollo del cultivo.....	56
7.2.1.1. Diámetro del tallo de la planta.....	56
7.2.1.2. Altura de Planta.....	59
7.2.1.3. Número de Hojas.....	61
7.2.2. Incidencia de enfermedades.....	63
7.2.2.1. Identificación de enfermedades.....	63
7.2.2.1.1. Identificación de enfermedades de suelo.....	64
7.2.2.1.2. Identificación de enfermedades aéreas.....	65
7.2.2.2. Porcentaje de Incidencia de enfermedades.....	66
7.2.2.2.1. Porcentaje de Incidencia de enfermedades con origen en el suelo.	66
7.2.2.2.2. Porcentaje de Incidencia de enfermedades aéreas.....	70
7.2.3. Correlación Humedad relativa (HR) - Temperatura (T°) - Incidencia de enfermedades.....	72

7.2.3.1. Comportamiento Temperatura.....	73
7.2.3.2. Comportamiento Humedad relativa.....	74
7.2.3.3. Correlación de temperatura y humedad relativa con la incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea.....	74
7.2.4. Rendimiento del cultivo de tomate.....	76
7.2.5. Análisis económico de la producción agroecológica de jitomate bajo condiciones de invernadero.....	80
VIII. CONCLUSIONES.....	84
IX. RECOMENDACIONES.....	87
X. LITERATURA CITADA.....	88
XI. ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Propiedades de los abonos orgánicos utilizados en la producción de plántula y producción de Jitomate bajo invernadero 2013.....	30
Cuadro 2.	Abonos orgánicos para la producción de jitomate bajo invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla. 2013.....	38
Cuadro 3.	Porcentaje promedio de brotación de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	43
Cuadro 4.	Diámetro promedio de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	45
Cuadro 5.	Comparación de medias de altura de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	47
Cuadro 6.	Comparación de medias de número hojas de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	49
Cuadro 7.	Comparación de medias de peso fresco, peso seco, índice de esbeltez, relación PSA/PSR e índice de calidad de Dickson de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	51
Cuadro 8.	Comparación de indicadores estimados para la evaluación económica en la producción de plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), utilizando diferentes sustratos orgánicos bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	53
Cuadro 9.	Comparación de medias de diámetro (cm) de tallo de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones	

	de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.....	57
Cuadro 10.	Comparación de medias de altura (cm) de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.....	59
Cuadro 11.	Comparación de medias de número de hojas de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.....	62
Cuadro 12.	Comparación de medias de porcentaje de incidencia de enfermedad con origen en el en suelo de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.....	67
Cuadro 13.	Comparación de medias de porcentaje de incidencia de enfermedad aérea de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México. 2013.....	71
Cuadro 14.	Correlaciones de humedad relativa y temperatura con la incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México. 2013.....	75
Cuadro 15.	Comparación de medias de rendimiento de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México.....	77
Cuadro 16a-16b.	Comparación de indicadores para la evaluación económica de la producción de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Producción de plántula en el Municipio de Yaonáhuac, Puebla. 2013.	29
Figura 2.	Producción de Jitomate en el Municipio de Atempán, Puebla. 2013.	37
Figura 3.	Croquis del diseño experimental de bloques completos al azar y distribución de tratamientos para la producción de jitomate en el Municipio de Atempán, Puebla. 2013.....	40
Figura 4.	Diámetro promedio de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	46
Figura 5.	Altura promedio de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	48
Figura 6.	Número de hojas promedio de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.....	50
Figura 7.	Diámetro promedio de plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.....	58
Figura 8.	Altura promedio de plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.....	60
Figura 9.	Número de hojas promedio de plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.	63
Figura 10.	Identificación de síntomas de <i>Fusarium</i> spp. Estrangulamiento de la base del tallo.....	64
Figura 11.	<i>Phytophthora</i> spp. Marchitez de la planta, pudrición de la raíz.....	64

Figura 12. Aislamiento de enfermedades con origen en suelo.....	65
Figura 13. <i>Phytophthora</i> spp. Posible <i>P. infestans</i>): Tizón tardío: Pudrición de raíz, tallos, hojas y frutos.....	65
Figura 14. <i>Alternaria</i> spp: Tizón temprano: <i>Manchas con anillos concéntricos</i>	66
Figura 15. Identificación de esporangios y conidios de <i>Phytophthora</i> spp y <i>Alternaria</i> spp:	66
Figura 16. Incidencia de enfermedad con origen en suelo de plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.....	69
Figura 17. Incidencia de enfermedad aérea de plantas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.....	72
Figura 18. Comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa media en el cultivo de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) establecido en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.....	73
Figura 19. Rendimiento promedio del cultivo de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.....	78

RESUMEN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) ocupa el primer lugar mundial en superficie y volumen de producción. En México crea importantes divisas para el país, ya que genera un gran valor económico y una gran demanda de mano de obra. No obstante, la falta de conocimientos sobre el manejo de fitopatógenos, ha ubicado al jitomate como uno de los cultivos que más riesgo de contaminación presenta por uso excesivo de agroquímicos para controlar enfermedades causadas por hongos principalmente. El propósito de esta investigación fue implementar un manejo agroecológico contra enfermedades con origen en suelo del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero, a través del planteamiento de dos objetivos. El primero, fue evaluar la calidad y economía de la plántula de jitomate producida en charolas, utilizando diferentes sustratos orgánicos en condiciones de invernadero, aplicando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y nueve tratamientos. Las variables evaluadas fueron brotación, desarrollo de plántula, peso fresco, peso seco, índice de calidad de Dickson (ICD) y el análisis económico. La mayor germinación se dio en el sustrato LO a los 30 días con 94.8% y la menor germinación se dio en el tratamiento BO con 11.3%. El tratamiento LO obtuvo los mejores valores en desarrollo de plántula a los 40 días. El ICD mostro los mejores resultados en los tratamiento LO con 0.039 y LOTR con 0.038, así también, estos mismos tratamientos destacaron en los indicadores de evaluación económica. El sustrato lombricomposta presentó resultados que lo ubican como una alternativa ecológica y económica para productores de plántulas de jitomate del municipio de Yaonáhuac Puebla-México.

El segundo objetivo de esta investigación fue realizar un manejo agroecológico del cultivo de jitomate contra enfermedades con origen en suelo, aplicando abonos orgánicos y un antagonista bajo condiciones de invernadero, utilizando un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y nueve tratamientos. Las variables evaluadas fueron desarrollo de la planta, incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea, correlación de la incidencia de enfermedades con la humedad relativa y la temperatura, rendimiento y el análisis económico de la producción agroecológica de jitomate. A los 90 ddt los mejores valores correspondieron: para diámetro FC (1.35 cm), para altura FCTR (216.8 cm), y para número de hojas FC (23.3). Los valores más bajos para incidencia de enfermedad con origen en suelo fueron FCTR (1.25%) y para enfermedad aérea LOFCTR con 81.25%, ésta última presentó correlación con la humedad relativa y la temperatura. En rendimiento FC (93.08 t ha⁻¹) superó a los tratamientos TE (60.44 t ha⁻¹) y LOFC (70.22 t ha⁻¹), aunque no mostro rentabilidad, puesto que la inversión inicial es grande. El Abono orgánico de fibra de coco, presentó los mejores resultados en variables de desarrollo y de rendimiento del cultivo de tomate, al ser inoculado con *Trichoderma*, reduce la incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea, evidenciando una alternativa de manejo agroecológico de fitopatógenos con origen en suelo.

Palabras Clave: Sustrato orgánico, Abono orgánico, Jitomate, Análisis económico, incidencia de enfermedad, *Trichoderma*.

ABSTRACT

Tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill) ranks first worldwide in surface and volume of production. In Mexico creates important currencies for the country, because it generates great economic value and a great demand for labour. However, the lack of knowledge about the handling of pathogens, has located the tomato as one of the crops most at risk of contamination with overuse of agrochemicals to control fungal diseases mainly. The purpose of this research was to implement an agroecological management against soil borne diseases for the cultivation of tomato under greenhouse conditions, through the approach of two objectives. The first, it was to assess the quality and economy of the tomato seedling produced in trays, using different organic substrates in greenhouse conditions, applying a complete blocks at random design with nine treatments and three replications. The evaluated variables were sprouting, development of seedling, fresh weight, dry weight, Dickson quality index (DQI) and economic analysis. Greater germination occurred in LO treatment as 30 days with 94.8% and lower germination occurred in BO treatment with 11.3%. LO Treatment obtained the best values in seedling development at 40 days. The ICD showed the best results in treatments LO with 0.039 and LOTR with 0.038, also, these same treatments highlighted economic evaluation indicators. Vermicompost substrate presented results that placed it as one ecological and economical alternative for tomato seedlings producers in the municipality of Yaonáhuac Puebla-Mexico.

The second objective of this study was to conduct an agroecological management against soil borne diseases for the tomato crop, applying organic fertilizers and an antagonist under greenhouse conditions, using a design of blocks at random with five replicates and nine treatments. The evaluated variables were plant development, soil borne disease and foliage disease incidence, correlation between diseases incidence with relative humidity and temperature, yield crop and economic analysis of the agroecological production of tomato. At 90 dat the best values were: for diameter FC (1.35 cm), height FCTR (216.8 cm), and number of leaves FC (23.3). The lowest values for soil borne disease incidence was FCTR (1.25%) and for foliage disease incidence was LOFCTR with 81.25%, the latter presented correlation with relative humidity and temperature. About yield FC (93.08 t ha⁻¹) surpassed the treatments TE (60.44 t ha⁻¹) and LOFC (70.22 t ha⁻¹), although FC did not show profitability, since the initial investment is large. Coconut fiber organic manure, presented the best results in variables of development and yield of tomato crop, to be inoculated with *Trichiderma*, reduces the soil borne disease and foliage disease incidence, demonstrating an alternative of agroecological management of pathogens originating in soil.

Key words: Organic fertilizer, organic substrate, tomato, economic analysis, incidence of disease, *Trichoderma*.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es la hortaliza más cultivada en el mundo, alcanzando 4.7 millones de hectáreas con una producción de 159 millones de toneladas para el año 2011, ubicándose como la hortaliza más importante, por ocupar el primer lugar tanto en superficie como en volumen de producción (FAO-FAOSTAT, 2012). Según la misma fuente, los tres principales países productores son China, India y Estados Unidos, México se ubica en el onceavo lugar con 2.436 millones de toneladas en 85 mil hectáreas de jitomate y un rendimiento promedio de 51.38 t ha⁻¹ (SIAP, 2013). El principal productor en el país es el estado de Sinaloa, cuya producción representó el 35% del total nacional, el segundo lugar, Baja California con 9%; siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8%, 6% y 5%, respectivamente; regionalmente, a todo lo largo del territorio nacional se distribuye la producción de jitomate, sin embargo, la zona productora de mayor importancia es la noroeste (SAGARPA, 2010). México cuenta con 11,759 ha de agricultura protegida., alcanzando en el 2010 un volumen de producción anual cercano a 3.5 millones de toneladas. En Puebla para el año 2012, se sembró jitomate en una superficie aproximada de 831.2 ha con una producción de 52,849.79 toneladas por año y un rendimiento de 63.58 t ha⁻¹ (SIAP, 2013), además el Estado de Puebla cuenta con 2,309 invernaderos para cubrir 835.3 hectáreas y la mayor área se destina a la producción del jitomate, con un 80 por ciento del total de hectáreas de invernadero (SIAP, 2011).

La producción de jitomate para la comercialización es un negocio altamente rentable que genera importantes divisas para el país, ya que han ingresado a México en promedio por año, arriba de mil millones de dólares (SIAP, 2011). De acuerdo con esta fuente, aproximadamente un tercio de la producción nacional se destina a EE.UU, siendo México el principal país que exporta jitomate saladette a la Unión Americana y el que más exporta a nivel mundial. En México, el jitomate se ubica en la posición número uno en productos de exportación agroalimentarios y representa una de las oportunidades de inversión más rentables y de mayor futuro, ya que es una de las hortalizas que generan un gran valor económico y una gran demanda de mano de obra debido a su uso intensivo (Lucero-Flores *et al*,

2012). Según SIAP (2011), esta actividad genera 72,000 empleos directos y 10.7 millones de empleos indirectos.

El jitomate es la hortaliza más ampliamente cultivada en invernadero en el ámbito mundial (Sánchez del Castillo *et al.*, 2009), lo que motiva a los productores a sembrar con la finalidad de generar ganancias. No obstante, la falta de conocimientos sobre nuevas tecnologías de cultivo, como son: producción de plántula de calidad, manejo de abonos orgánicos, incorporación de antagonistas, camas de siembras elevadas, manejo de la humedad, riego por goteo, etc., y manejo de los microorganismos patógenos, los llevan al fracaso (Bautista, *et al.*, 2010). La susceptibilidad a las altas concentraciones de humedad (80-100%), ha ubicado al jitomate como uno de los cultivos que más riesgo de contaminación presenta, debido al uso excesivo de agroquímicos, sobre todo para el control de enfermedades, causadas por fitopatógenos como hongos principalmente, así como bacterias y virus, que afectan el desarrollo óptimo del cultivo (Agrios, 2005, Jaramillo *et al.*, 2007; Huerta-Lara *et al.*, 2009). Entre las principales Enfermedades, se encuentran las causadas por los hongos fitopatógenos del suelo como *Pythium* spp, *Phytophthora* spp, *Fusarium* spp, *Rizhoctonia* spp entre otros, que atacan la raíz y tallo induciendo diferentes síntomas, que pueden ser fácilmente apreciables, que van desde marchitez, pudriciones, enanismo, tizones y manchas foliares, con afectaciones del 90% del rendimiento hasta la pérdida total del cultivo (Bautista *et al.*, 2008, 2010; Huerta-Lara *et al.*, 2009). Los hongos también son causantes de enfermedades foliares, como el Tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*, tizón temprano por *Alternaria solani* y moho gris causado por *Botrytis cinérea*. Estos patógenos pueden llegar a causar pérdidas de un 40 a 70 % cada año en el cultivo de jitomate y chile, en función de la variedad y las condiciones ambientales (Agrios, 2005, Jaramillo *et al.*, 2007).

El combate de éstas enfermedades se realiza principalmente con el uso de fungicidas de síntesis química, pero su uso indiscriminado, ha ocasionado problemas de contaminación con la persistencia ambiental de residuos tóxicos, impactando negativamente en los recursos de producción como son el suelo y

agua, así también, en la misma biodiversidad de los agroecosistemas, causando su inestabilidad al provocar resistencia del patógeno e inducir una mayor incidencia de enfermedades en los cultivos (Zavaleta-Mejía, 2000; Fernández-Herrera *et al.*, 2007). Según datos proporcionados por García-Gutiérrez (2012) y Albert (2005) el mayor uso de plaguicidas en México, se presenta en la producción de hortalizas, alcanzado hasta aplicaciones de 35 kg ha⁻¹ en comparación de los 3.5 kg ha⁻¹ aplicados en maíz, y de estos, los fungicidas son los plaguicidas empleados con mayor frecuencia durante el ciclo de cultivo de jitomate para el control de enfermedades fungosas, con uso predominante de mancozeb y maneb, ambos clasificados como ligeramente tóxicos y poco probable que presente riesgo agudo en uso normal (WHO, 2009). Un estudio realizado en el municipio de Chignahuapan, Puebla, el cual presenta características de clima semejantes a la zona de estudio, indicó que del número de plaguicidas empleados, el 60% fueron fungicidas, los cuales su mecanismo de acción contra el patógeno o plaga o vector es primordialmente sistémico y de contacto (Ortega *et al.*, 2014). Estos factores, tornan difícil el manejo de enfermedades, orillando a los productores a dejar de producir jitomate y en casos extremos el abandono total de las parcelas o invernaderos, por el control complicado, infructuoso y de alto costo de las enfermedades de suelo y aéreas. A esta problemática, se le agrega la ausencia de asesoría técnica certificada e investigación de ámbito regional, que propicie, reactive e incremente la producción de calidad del cultivo de jitomate bajo condiciones de campo o invernadero. Es innegable que el uso de agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en la producción; no obstante, sus efectos adversos están impactando de manera significativa la sostenibilidad de los agroecosistemas, aunado a ello, los problemas de seguridad y salud pública inherentes a la fabricación y uso de agroquímicos, han conducido a la búsqueda y establecimiento de alternativas de manejo de plagas y enfermedades (Zavaleta-Mejía, 2000; Fernández-Herrera *et al.*, 2007; Huerta-Lara, *et al.*, 2009; Bautista *et al.* 2010). Por lo que se cuestiona **¿es posible llevar a cabo un manejo agroecológico del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero que permita el control de enfermedades con origen en suelo y por ende un manejo sostenible del mismo?**

II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)

Actualmente, el jitomate ocupa un papel preponderante en la economía agrícola mundial de muchos países, siendo un producto esencial en la alimentación de varias regiones, cuyo consumo juega un papel importante en la gastronomía (Jaramillo *et al.*, 2012). Su demanda aumenta continuamente y con ella mayor producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento por unidad sembrada y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (Ortega-Martínez *et al.*, 2010). En México, el jitomate es una de las especies hortícolas con gran trascendencia tanto en lo económico que se refleja en el valor que tiene la producción en la aportación de divisas a la balanza agropecuaria, como en lo social que se mide por la cantidad de empleos generados durante el cultivo y comercialización de ésta hortaliza (Lucero-Flores *et al.*, 2012). Es por ello, que el jitomate se cultiva en toda la República Mexicana (SAGARPA, 2010).

2.1.1. Origen del jitomate

El jitomate es originario de América del Sur, de la Región Andina (Chile, Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia), existiendo en esta zona la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres; pero su domesticación se inició en el sur de México y Norte de Guatemala. La introducción del jitomate al continente europeo ocurrió probablemente a través de España, entre 1523 (año de la Conquista de México) y 1524 (Jaramillo *et al.*, 2012). A finales del siglo XVIII, el jitomate empezó a ser producido como un cultivo comestible (Zeidan, 2005). El jitomate, después de haber llegado a Inglaterra, fue llevado a los Estados Unidos alrededor del año 1711, y fue en éste mismo país pero en 1850 aproximadamente, donde se dio el consumo de jitomate como fuente de alimento, por lo que comenzó a tener más interés científico y agronómico (Zeidan, 2005). En la lengua Náhuatl de México era llamado *tomatl*, que sin lugar a duda dio origen al actual nombre del jitomate (Jaramillo *et al.*, 2012).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

El jitomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicon L. esculentum*, es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas (Jaramillo *et al.*, 2012). El género *Lycopersicon* se sitúa en el siguiente contexto taxonómico:

Subreino Tracheobionta

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida

Subclase Asteridae

Orden Solanales

Familia Solanaceae

Género *Lycopersicon*

Especie *Esculentum*

Nombre binomial

Lycopersicon esculentum

Descriptor Miller (1788)

Los jitomates cultivados se agrupan dentro del subgenero *Eulycopersicon*, o sea aquel en el cual los frutos cambian de color verde a rojo cuando maduran. Las otras especies están incluidas dentro del subgénero *Eriopersicon*, en el cual los frutos permanecen verdes cuando están maduros. Las especies de este subgénero tienen valor desde el punto de vista de formación de nuevas variedades, ya que se les ha utilizado como fuente de resistencia a muchas enfermedades causadas por patógenos y agentes fisiológicos (Lobo y Jaramillo, 1984).

2.1.3. Requerimientos agroclimáticos

Las necesidades óptimas de temperatura, humedad, luminosidad y suelo para el desarrollo y producción del cultivo de jitomate son: 1) La temperatura óptima de desarrollo se sitúa en 23°C durante el día y entre 13-17°C durante la noche. 2) La humedad relativa oscila entre un 60 y 80%. 3) Niveles de radiación diaria alrededor de 0.85 MegaJoules por metro cuadrado, son los mínimos para la floración y cuajado. 4) La planta de jitomate se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, margosos y bien drenados. Lo ideal es un suelo ligeramente ácido, con un pH de 6.2 a 6.8 (Lucero-Flores *et al.*, 2012; Jaramillo *et al.*, 2012). El jitomate debe presentar excelente ventilación para tener suficiente oxígeno y bióxido de carbono; humedad del suelo inmediatamente abajo de la capacidad de campo, es una planta altamente resistente a la sequía y extremadamente susceptible al exceso de humedad, también es termo periódica, es decir necesita una diferencia de temperatura entre el día y la noche de 8°C; es un cultivo que requiere cantidades suficientes de calcio y potasio, consume en promedio 2.8 L de agua por día por planta (Lucero-Flores *et al.*, 2012).

2.1.4. Fenología del cultivo

La duración del ciclo del cultivo de jitomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada.

El desarrollo del cultivo comprende dos fases: una vegetativa y otra reproductiva (Jaramillo *et al.*, 2007 y 2012). 1) La fase de desarrollo vegetativo de la planta comprende cuatro sub etapas que se inician desde la siembra en semillero, seguida de la germinación; posteriormente la formación de tres a cuatro hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo, el cual se realiza aproximada de 30 a 35 días después de la siembra y a partir del trasplante hasta el inicio o aparición de la primera inflorescencia. 2) La fase reproductiva, incluye la etapa de floración que se inicia a los 25 - 30 días después del trasplante, desde la formación del fruto

y su llenado hasta la madurez para su cosecha, entre los 85 a 100 días después del trasplante. La etapa reproductiva tiene una duración cercana a los 180 días. El ciclo total del cultivo es de aproximadamente siete meses cuando el cultivo se lleva a diez racimos (Jaramillo *et al.*, 2007 y 2012).

2.1.5. Principales enfermedades del jitomate

La enfermedad es una interacción dinámica entre un patógeno, un hospedante y el medio ambiente, la cual causa en los hospedantes cambios anormales de tipo fisiológico y morfológico. Por consiguiente, enfermedad no es una propiedad del hospedante, sino un producto de la interrelación del hospedante y el patógeno, bajo un ambiente específico. La enfermedad puede considerarse también como las respuestas visibles e invisibles de las células y tejidos de las plantas a un agente infeccioso o factor no infeccioso, que resulta en cambios adversos en la forma, función o integridad de la planta, interfiriendo con la formación, traslocación o utilización de nutrientes minerales y agua, de tal manera que la planta afectada cambia en apariencia y rinde menos que una planta sana de la misma variedad (Agrios, 2005).

2.1.5.1. Enfermedades causadas por *Phytophthora* spp en jitomate

Las especies de *Phytophthora* causan varias enfermedades en muchos tipos de plantas, desde plántulas de hortalizas anuales o de ornato hasta árboles forestales y frutales completamente desarrollados. La mayoría de las especies del hongo producen pudriciones de la raíz, ahogamiento de plántulas y pudriciones de tubérculos, base del tallo y otros órganos, enfermedades que son bastante semejantes a las que produce *Pythium* spp (Fernández-Herrera *et al.*, 2007). Otras especies ocasionan pudriciones de yemas o de frutos y algunas de ellas producen tizones que atacan al follaje, ramas inmaduras y frutos. Algunas especies son específicas al hospedante, es decir, sólo atacan a una o dos especies de plantas, pero otras tienen una amplia gama de hospedantes y pueden causar síntomas similares o distintos en muchos tipos de plantas hospedantes. La especie que mejor se conoce es *Phytophthora infestans*, causante del tizón tardío de la papa y

del jitomate, pero cabe mencionar que muchas otras especies producen enfermedades devastadoras en sus hospederos (Fernández-Herrera *et al.*, 2007).

2.1.5.1.1. Pudrición de cuello y raíz

La enfermedad “Pudrición de cuello y raíz” en el cultivo de jitomate es causada por el hongo *Phytophthora capsici*. Los daños aéreos más frecuentes en tallos y ramas son lesiones alargadas a manera de tizón, de color café oscuro a negro, que en muchos de los casos inicia en el cuello de la planta o en las ramas que están en contacto con el suelo; la lesión desarrolla rápidamente en condiciones de alta humedad y logra matar la planta al afectar el tallo (Jones y Jiménez, 2001). Las oosporas, sobreviven en el suelo y son la primera fuente de inóculo, germinan en condiciones de alta humedad del suelo y temperaturas frescas. La infección es iniciada por las zoosporas en la raíz o cuello de la planta, o en las partes aéreas debido a corrientes de aire, donde se desarrollan las lesiones y en las cuales se forman esporangios, zoosporas y micelio que sirven de fuente de inóculo secundario, continuando este ciclo mientras las condiciones ambientales y la presencia del hospedante lo permitan; al final del ciclo se forman las oosporas. En general los aislamientos esporulan entre 24 a 72 horas a temperatura entre 25 y 28 °C; la liberación de zoosporas a temperatura ambiente ocurre de las 48 a 96 horas; pero algunos esporulan solo a 4 °C. Forma también anteridios anfiginos y oogonios globosos, que al ser fecundados originan oosporas (Jones y Jiménez, 2001).

2.1.5.1.2. Tizón tardío

El “tizón tardío” es considerada la enfermedad más destructiva del jitomate y la papa; esta enfermedad puede afectar prácticamente todos los tejidos aéreos de la planta de jitomate. En las hojas aparecen manchas irregulares de tamaño variable. Las lesiones son primero de color verde oscuro con márgenes pálidos, los cuales al haber humedad abundante, muestran filamentos de color blanquecino; después, las lesiones se tornan de color café y pueden invadir toda la lámina foliar. Esto provoca que pierda rigidez y que su peciolo se doble; también los tallos y las

ramas pueden ser afectados de la misma forma, y los frutos dañados presentan grandes manchas de color café rojizo que en ocasiones las cubren por completo (García y Valenzuela, 2009, Blancard, 2005). El patógeno *Phytophthora infestans* puede sobrevivir en plantas voluntarias, en frutos abandonados, huertas familiares y sobre malezas Solanáceas. Las esporas de este hongo (esporangios), pueden ser diseminados a grandes distancias por el viento. El ambiente húmedo y fresco, días nublados y lluviosos, favorecen el desarrollo de esta enfermedad; bajo estas condiciones la enfermedad progresa rápidamente y puede destruir completamente un cultivo en pocos días (García y Valenzuela, 2009; Jaramillo *et al.*, 2012).

2.1.5.2. Enfermedades causadas por *Fusarium* spp en jitomate

Entre las enfermedades del jitomate que causan las especies de este hongo, son la pudrición de la corona y marchitez por *Fusarium*.

2.1.5.2.1. Pudrición de la corona

Los síntomas de la “pudrición de la corona” consisten por un amarillamiento tenue del borde de las hojas más viejas, que posteriormente progresa a las hojas superiores, el amarillamiento avanza en dirección de la nervadura central y el tejido afectado muere. Algunas plantas se marchitan rápidamente y mueren al madurar los primeros frutos. La raíz primaria al igual que las raíces secundarias pueden podrirse por completo; en la raíz principal la necrosis se extiende a la corona y puede ascender hasta 30 cm en él (García y Valenzuela, 2009). La pudrición de la corona puede ser una enfermedad grave, ya que el hongo tiene la capacidad de recolonizar rápidamente los suelos, sobre todo aquellos tratados con vapor de agua caliente o fumigantes. No es posible diferenciar a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) y *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis lycopersici* con base a su morfología, sin embargo existen diferencias notables en patogenicidad, síntomas y rango de hospedantes (García y Valenzuela, 2009; Jaramillo *et al.*, 2012).

2.1.5.2.2. Marchitez por *Fusarium*

La enfermedad “marchitez por *Fusarium*” en la planta de jitomate consiste en una típica marchitez, la que a nivel de campo se inicia como un amarillamiento ascendente del follaje. Las hojas más viejas pueden mostrar el amarillamiento en la mitad de los folíolos, y al avanzar los cubre por completo. Las hojas y ramas son invadidas, se deshidratan, se marchitan y mueren. Las plantas enfermas muestran pudrición de raíces y típicamente los tejidos conductores se tornan de color café cuya necrosis interna se extiende a lo largo de los tallos hasta las ramas superiores (García y Valenzuela, 2009). Bajo condiciones de campo se inician en plena floración y se intensifica al generalizarse la producción de frutos. La enfermedad normalmente permite que haya producción, pero acorta el ciclo productivo de las plantas, la producción reduce y la calidad del fruto es afectada (García y Valenzuela, 2009, Blancard, 2005). El patógeno causante de la enfermedad es el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* el cual tiene 3 razas fisiológicas, que son morfológicamente idénticas y sólo varían en su patogenicidad. El hongo es un Deuteromycete que produce 3 tipos de esporas asexuales; las microconidias, las macroconidias y las clamidosporas. Este hongo es habitante del suelo, sus clamidosporas germinan y penetran a las raíces de la planta por heridas (García y Valenzuela, 2009). El patógeno se puede diseminar en la semilla, en el suelo, por implementos agrícolas y en el agua de riego. La enfermedad es favorecida por temperaturas entre 25 y 32 °C y humedad alta del suelo (Blancard, 2005).

2.1.5.3. Enfermedades causadas por *Pythium* spp y *Rhizoctonia solani* en jitomate

Son los hongos responsables de las “Pudriciones radicales” en ocasiones asociados con *Fusarium* spp y *Phytophthora* spp; evitan la germinación de la semilla y causan la muerte de las plántulas. Se consideran tres tipos de síntomas: A) Fallas en la germinación, debido a pudrición de las semillas. B) Marchitamiento de plántulas por la pudrición de los tejidos del cuello de la raíz que presentan estrangulamiento. C) Pudrición blanda de los frutos sobre todo de los que están en contacto con el suelo (Jones y Jiménez, 2001).

2.1.5.3.1. Damping Off o secadera

Las plántulas pueden mostrar un colapso en la región del hipocótilo y sistema radicular. Es común que aparezcan manchones de plantas que inicialmente presentan un marchitamiento repentino, se doblan y mueren debido al estrangulamiento del tallo a nivel del suelo (García y Valenzuela, 2009). La fuente de inóculo inicial de esta enfermedad es el suelo o sustrato que se emplea para la producción de las plántulas en el invernadero, así como los suministros de agua que pueden venir contaminados por algunos de los patógenos. Por otro lado es probable la presencia de estos patógenos en residuos de raíces y suelo que permanecen adheridos a las charolas de producción de plántula. La enfermedad se dispersa rápidamente bajo condiciones de alta humedad en el suelo, sobre todo cuando se da un riego pesado (García y Valenzuela, 2009; Jaramillo *et al.*, 2012).

Las condiciones que favorecen su desarrollo son exceso de humedad por suelos mal nivelados con drenaje pobre o suelos pesados y temperatura de 12 °C a 17 °C (Blancard, 2005). El género *Pythium* son parásitos facultativos que subsisten en el suelo atacando raíces fibrosas. Las oosporas son las formas invernantes en suelo. Las zoosporas originadas por los esporangios que producen las oosporas causan la infección primaria, que al germinar pueden penetrar por heridas, aberturas naturales, etc., (Jones y Jiménez, 2001). *Rhizoctonia solani* sobrevive en los suelos como saprofito, pero al encontrar raíces de plántulas susceptibles las ataca. Las condiciones que favorecen su desarrollo son humedad alta y temperatura promedio de 18 °C, por lo que es importante una buena nivelación del terreno, rotación de cultivos. Evitar exceso de humedad, usar suelos con buen drenaje y fertilización baja en nitrógeno (Jones y Jiménez, 2001).

2.1.5.4. Enfermedades causadas por *Alternaria spp* en jitomate

Es tradicionalmente conocido que la enfermedad del “tizón temprano” es causado por el hongo *Alternaria solani* Sor. Sin embargo, Simmons (2000) ha descrito como agentes causales de esta enfermedad a cuatro especies: *A. tomatophila*, *A.*

subcilindrica y *A. cretic* en jitomate y mantiene a *A. solani* como agente causal de los síntomas del tizón temprano en papa.

2.1.5.4.1. Tizón temprano

La enfermedad del “tizón temprano” en jitomate se presenta en hojas, tallos y frutos. Aparece en cualquier época del desarrollo del cultivo; cuando ataca en estado de plántula, estas presentan una pudrición del cuello en el tallo al nivel del suelo negro (Jones y Jiménez, 2001). En plantas desarrolladas las hojas atacadas aparecen con manchas circulares o angulosas de color café oscuro a negro, las cuales aumentan de tamaño y forman anillos concéntricos, dándole a la lesión una apariencia característica, las manchas pueden coalescer y dañar toda la hoja. Las hojas fuertemente atacadas se tornan amarillas y se caen. Si el ataque es severo se defolia toda la planta, lo que además de debilitarla, deja los frutos expuestos a quemaduras de sol; por lo general el ataque inicia en las hojas viejas. En los tallos y ramas, las lesiones son ovals oscuras alargadas y también con anillos concéntricos (Jaramillo *et al.*, 2012). En los frutos aparecen lesiones ovals o circulares oscuras y hundidas con anillos concéntricos generalmente en la base del fruto o en los lados; esta pudrición tiene aspecto seco y sobre ella se ve la esporulación del hongo en forma de terciopelo negro (Jones y Jiménez, 2001). El patógeno puede sobrevivir como conidios por más de un año en los residuos de plantas solanáceas atacadas. Los conidios germinan con temperatura óptima de 28 a 30 °C y con alta humedad relativa. Son diseminados por las corrientes de aire, agua de lluvia, herramientas, etc. El hongo produce ácido alternárico, toxina causante de la clorosis alrededor de la mancha necrótica (Blancard, 2005; Jaramillo *et al.*, 2012).

2.1.5.5. Enfermedades causadas por *Botrytis cinérea* en jitomate

Este hongo es el causante del “moho gris”.

2.1.5.5.1. Moho gris

Es una enfermedad que puede infectar en cualquier etapa de desarrollo de la planta de jitomate, inclusive durante el transporte y almacenamiento del fruto (Jones y Jiménez, 2001). Presenta una gran capacidad de dispersión, pues está asociado con alta humedad relativa, como un resultado de ventilación pobre en el invernadero. El primer sitio de infección son las hojas en contacto con el suelo infestado, las heridas en las hojas o las flores. Los jitomates son muy susceptibles cuando las flores están aún pegadas o si el cáliz está infectado. Las lesiones del tallo pueden ser causadas por el avance del hongo a través del peciolo de hojas infectadas o de infecciones directas en sitios de heridas (García y Valenzuela, 2009). En las hojas y flores produce tizones de color café de forma irregular, algunas veces con anillos concéntricos y se cubren de un polvo grisáceo. Sobre el fruto se presentan manchas circulares con los bordes blancos a las cuales se les ha llamado “fantasmas”, después ocurre una necrosis de color café-rojiza y se cubre del polvo grisáceo (Blancard, 2005; Jaramillo *et al.*, 2012). El hongo requiere de heridas, temperatura fresca de 18 a 23°C y humedad relativa alta mayor al 85% (Jones y Jiménez, 2001).

2.1.6. Producción de plántula

El cultivo de jitomate se realiza en forma directa o mediante trasplante. Sin embargo, la forma directa ocasiona altos costos de producción, por lo que es recomendable la producción de plántula para trasplante con el objetivo de reducir costos y mejorar calidad del cultivo. La producción de plántulas es un procedimiento de vital importancia para lograr el éxito en el cultivo, ya que el futuro de la planta, su crecimiento y producción de frutos son afectados por la calidad de la plántula que se lleve a campo (Zeidan, 2005).

La producción de plántulas con el uso de sustratos bajo ambientes controlados ha sido una alternativa útil para cultivos de alta importancia como el jitomate y el chile, ya que ha permitido incrementar la productividad, además de obtener un producto de mejor calidad; el cual puede ser obtenido con un uso más racional y reducido de los insumos, y como consecuencia, un menor daño ambiental (Bracho, 2005; Bautista *et al.*, 2008 y 2010). Entre las ventajas del almácigo o

producción de plántulas en charolas están la mayor precocidad y homogeneidad del cultivo, un manejo más eficiente de la semilla y de la preparación del sustrato en cuanto a supresividad; lo que da la oportunidad de seleccionar las plantas más aptas para ser sembradas en campo o invernadero (Quesada y Méndez, 2005). Por otro lado, el método de semilleros y transplante requiere menos insumos, pero más mano de obra. Mediante el transplante se ocupa el terreno durante más tiempo, lo cual puede ser ventajoso para el cultivo anterior o para el total del plan de producción (Nuez, 2001; Bautista *et al.*, 2010).

La producción de plántulas hortícolas se realiza en mayor proporción con sustratos de naturaleza orgánica, principalmente turba *Sphagnum* o peat moss; ya que sus propiedades físicas, químicas y biológicas permiten una adecuada germinación y crecimiento de las plántulas. Sin embargo el elevado precio del sustrato y la fuerte dependencia de los países productores y exportadores, unido al hecho de que la turba es un recurso natural difícilmente renovable; cuya extracción provoca la destrucción de zonas de alto valor ecológico, han fomentado el interés de los consumidores de turba por la búsqueda de nuevos materiales, a ser posible autóctonos y con disponibilidad local, como sustitutos de la misma (Carmona y Abad, 2008).

2.2. Agroecología

Wezel *et al.* (2009), examinó el uso y la historia del término y encontró que puede implicar una disciplina científica, una práctica agrícola o un movimiento social o político. Según el mismo autor, el término agroecología fue utilizado por primera vez por el agrónomo ruso Bensing en la década de 1930, para describir el uso de métodos ecológicos en la investigación sobre plantas de un cultivo comercial. Por esto, la agroecología principalmente se define como la aplicación de la ecología a la agricultura. Como consecuencia de diversos efectos adversos de la agricultura industrializada sobre el medio ambiente y bienestar humano, agroecología surgió como un movimiento y un conjunto de prácticas de los años 70. En lugar de centrarse en los rendimientos a corto plazo y beneficios económicos, los

investigadores consideran cada vez más los factores sociales y ambientales de la producción de alimentos.

Desde una perspectiva ecológica, la agroecología llegó a ser definida como "la base científica de la agricultura alternativa" (Altieri, 1987) y como "la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles" (Gliessman, 1997). Asimismo, la agroecología como una disciplina científica a través de un cambio importante, más allá de escalas de campo o agroecosistemas, hacia un enfoque más amplio del sistema alimentario entero, llevo a una definición nueva y más amplia de la agroecología como "el estudio integral de la ecología de todo el sistema alimentario, que comprende las dimensiones ecológica, económica y social" (Francis *et al.*, 2003).

Hoy día, la agroecología puede considerarse una nueva disciplina, pero también una práctica que busca desarrollar en forma sustentable la producción agroalimentaria y, finalmente, un movimiento social que integra políticamente a actores sociales que promueven cambios institucionales y sociales en favor de una agricultura sustentable (Wezel *et al.*, 2009). A partir de todas estas ideas que se exponen en torno a la agroecología, León y Altieri (2010), proponen, entonces, definir la agroecología como "...la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas tanto desde el punto de vista de sus interrelaciones ecológicas como culturales...".

2.3. Agroecosistema

Odum (1996) describe 4 características principales de los agroecosistemas:

1. Los agroecosistemas requieren fuentes auxiliares de energía, que pueden ser humana, animal y combustible para aumentar la productividad de organismos específicos.
2. La diversidad puede ser muy reducida en comparación con la del ecosistema natural.
3. Los animales y plantas que dominan son seleccionados artificialmente y no por selección natural.
4. Los controles del sistema son, en su mayoría, externos y no internos ya que se ejercen por medio de aportes de energía auxiliar al sistema.

Los agroecosistemas son ecosistemas establecidos para la producción de animales y plantas útiles. Difieren de los ecosistemas naturales en que son formados por los seres humanos, cuya intervención regular manipula la composición de sus organismos y su función. El agroecosistema es un tipo de ecosistema, es decir, un grupo de componentes bióticos y abióticos relacionados en un tiempo y espacio determinados, bajo control humano, con el fin de producir alimentos, fibras y combustibles (Elliot y Cole, 1989).

De acuerdo con Soriano y Aguiar (1998), un agroecosistema puede ser entendido como un ecosistema que es sometido por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos.

El agroecosistema es un sistema agro-socio-económico y ecológico complejo, originado por el hombre sobre el ecosistema natural (Conway y Mc Cracken, 1990), con el objetivo de utilizar el ambiente en forma sostenida, para incrementar la productividad y mejorar la estabilidad en los volúmenes de producción de alimentos u otros satisfactores, con la mínima alteración del ambiente y el mínimo empleo de energía (Huerta-Lara, 2000).

Para León (2010), un agroecosistema puede entenderse como "...el conjunto de relaciones e interacciones que suceden entre suelos, climas, plantas cultivadas, organismos de distintos niveles tróficos, plantas adventicias y grupos humanos en determinados espacios geográficos, cuando son enfocadas desde el punto de vista de sus flujos energéticos y de información, de sus ciclos materiales y de sus relaciones simbólicas, sociales, económicas y políticas, que se expresan en distintas formas tecnológicas de manejo dentro de contextos culturales específicos...".

2.4. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos pueden ser definidos como sustancias de desechos de origen animal, vegetal o mixto, frescas o procesadas por fermentación. Estos materiales se añaden al suelo con el objeto de mantener o aumentar su contenido de materia orgánica, activar e incrementar la actividad microbiana del suelo o de

mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos (Medina *et al.*, 2010). La calidad del abono está relacionada con los materiales que la originan y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrientes como de microorganismos y en base a estas variaciones se modificará el uso potencial de los abonos orgánicos. La microflora nativa de las abonos orgánicos puede o no tener efecto antagónico sobre patógenos del suelo, y además esta microflora continuará la degradación de la materia orgánica volviendo disponibles los nutrientes para la planta. Mientras mayor diversidad tenga la materia orgánica, mayor cantidad de nutrientes tendrá el abono (Félix-Herran *et al.*, 2008).

2.4.1. Sustrato Orgánico

Los sustratos orgánicos, son materiales orgánicos preparados especialmente para que las plantas crezcan en macetas, bolsas, bancos o similares, como en el vivero, en el que se busca germinar y cuidar las plántulas emergidas en pequeñas áreas y con muy buen control del medio ambiente (Medina *et al.*, 2010). Las funciones más importante de un sustrato son: proporcionar un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces (aportar agua, aire y nutrimentos), construir una base adecuada para el anclaje y soporte a la raíz. Mientras que la finalidad de estos, en cualquier cultivo, es producir planta/cosecha de calidad, en periodo corto de tiempo, con bajos costos de producción, sin provocar un grave impacto ambiental (Abad y Noguera, 2000; Abad *et al.*, 2005). A medida que la población tomó conciencia respecto a la conservación del medio ambiente, y también a causa de las normativas inminentes sobre el uso de pesticidas y la contaminación de aguas subterráneas, actualmente se incluyen como nuevos factores de selección de sustratos, la supresividad respecto a patógenos, la capacidad de ser reciclados, la optimización del consumo de agua y la prevención del lavado de nutrientes. Factores que implican una serie de cambios a nivel de materiales y en los métodos culturales (Burés, 1997; Bautista *et al.*, 2008).

2.4.2. Enmienda Orgánica

Las enmiendas constituyen una fuente de carbono y otros nutrientes, lo cual favorece la actividad microbiana y mejora la estructura del suelo, creando así un medio adecuado para el crecimiento de las plantas. No obstante, la respuesta es variable y depende del cultivo, tipo de suelo, factores climáticos, prácticas de manejo y de las características del material utilizado (Medina *et al.*, 2010).

Las enmiendas orgánicas incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo y favorecen las propiedades físicas de este, tales como la estructura, porosidad, retención de agua y regulación de temperatura. También mejoran las propiedades químicas del suelo porque la materia orgánica tiene la capacidad amortiguadora, es decir la propiedad de regular la acidez o alcalinidad del suelo (Álvarez-Sólis *et al.*, 2010; Medina *et al.*, 2010). Todas las enmiendas orgánicas ejercen un amplio y extensivo espectro de actividad sobre la microflora nativa de la rizosfera y del tejido radical. No obstante, el tipo y grado de control biológico también es determinado por la composición, maduración y forma de aplicación de las enmiendas (Álvarez-Sólis *et al.*, 2010).

2.4.3. Aplicación de Abonos orgánicos al suelo

La materia orgánica representa la principal reserva edáfica de carbono, la participación en moléculas que poseen composición y propiedades diferenciadas, le hacen responsable de actividades fundamentales en el suelo; su colaboración en y con la vida edáfica crean un conjunto de propiedades emergentes que generan resiliencia, conservación y promueven la fertilidad, productividad y la biodiversidad de los suelos (Labrador, 2012). Para el caso específico, la aplicación de materia orgánica a través de abonos orgánicos constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas, la conservación y el manejo de la misma es la vía más económica para optimizar la nutrición y salud vegetal, por lo que, desempeña una función importante en la fertilidad del suelo, además de su potencialidad para controlar poblaciones de patógenos con origen en el suelo (Hadar and Mandelbaum, 1992; Hoitink *et al.*, 1991, Rodríguez, 2004). Estas propiedades que adquieren los abonos orgánicos se deben por un lado; haciendo alusión a las propiedades biológicas, al grado de

descomposición de la materia orgánica que influye en la composición de la diversidad bacteriana, así como en la población y en las actividades de los agentes de control biológico, esto es, el nivel de descomposición de materia orgánica en los diferentes materiales orgánicos está relacionado a la supresión de la enfermedad (Hoitink and Boehm, 1999; Hasna, 2007). Se ha encontrado que inmediatamente después del proceso termofílico de descomposición de la materia orgánica se da una colonización rápida de *Pseudomonas*, *Bacillus* and *Pantoea* spp, bacterias benéficas que han demostrado proveer supresión general a enfermedades (Recycled Organics Unit, 2006), asimismo, se ha evidenciado que especies de hongos benéficos como *Trichoderma*, *Penicillium* and *Actinomicetos* (bacterias filamentosas benéficas) han mostrado supresión contra *Phytophthora*, *Rhizoctonia* and *Fusarium*, dichos hongos benéficos colonizan al material orgánico durante la fase de maduración y esta colonización depende de la composición de la materia orgánica, para el caso de *Trichoderma* spp coloniza al material orgánico rico en sustancias ligno-celulósicas (residuos de madera y fibra de coco), mientras *Penicillium* spp coloniza al material orgánico bajo en celulosa pero alto en azúcares (desechos de comida y vegetales) (Recycled Organics Unit, 2006). Por otra parte, enfatizando a las propiedades físico-químicas: el tamaño de partícula, contenido de nitrógeno orgánico, contenido de celulosa y lignina, conductividad eléctrica (contenido de sal soluble), pH e inhibidores liberados por los abonos, afectan también la supresión de la enfermedad (Hoitink & Fahy, 1986; Hasna, 2007). Sin lugar a duda, se deben considerar de igual manera las características del abono orgánico o composta, ya que estas, están asociadas con la supresión potencial de enfermedades, algunas referencias son las planteadas por Recycled Organics Unit (2006), quien asevera que las diferentes materias primas y los diferentes estados de maduración de los materiales orgánicos o compostas, favorecen grupos particulares de organismos y compuestos particulares que permiten el crecimiento de grupos de organismos benéficos, que son asociados con la supresión de una enfermedad en particular y que, para optimizar dicha supresión, es necesario tomar en cuenta varios factores, entre ellos, el material de origen de los abonos orgánicos o compostas es muy importante, ya que está demostrado, que las propiedades de supresión a enfermedades tardan más de

tres años con materiales orgánicos o compostas que presentan altos contenidos de celulosa y lignina (desechos de madera y fibra de coco), a diferencia de aquellas que son producto de desechos de comida, excrementos y biosólidos que tardan entre seis y doce meses. El control de enfermedades que se genera por la aplicación de abonos orgánicos o compostas que anidan a agentes de bio-control (control biológico de enfermedades), se atribuye a cuatro mecanismos (Hoitink & Boehm, 1999; Zinati, 2005; Recycled Organics Unit, 2006): i) competencia por nutrientes entre poblaciones de microorganismos que habitan en los abonos o compostas y patógenos que habitan en el suelo; ii) producción de compuestos antibióticos por microorganismos benéficos que habitan el abono o la composta; iii) parasitismo y depredación de patógenos del suelo por microorganismos benéficos del material orgánico; y iv) activación de genes de resistencia a enfermedades en plantas por microorganismos que anidan los materiales orgánicos, conocido como inducción de resistencia sistémica (IRS) o resistencia sistémica adquirida (RSA), el cual es un estado de mayor capacidad de defensa, desarrollada por una planta al ser estimulada adecuadamente.

2.4.4. Lombricomposta

La aplicación de lombricomposta, la cual se obtiene por la descomposición de desechos orgánicos por un proceso mediado por la acción de lombrices, al suelo, produce un efecto favorable para el desarrollo vegetal, proporcionando sustancias nutritivas en forma disponible (Chaoui *et al.*, 2003). Por lo que la rápida descomposición de los residuos orgánicos que llevan a cabo las lombrices con los microorganismos, da lugar a sustratos con una actividad y diversidad microbianas considerablemente mayores que las del residuo de partida, llegándose a multiplicar varias veces los valores iniciales (Aira *et al.*, 2007). Este incremento de la actividad microbiana además de aumentar la tasa de transformación de nutrientes a formas más fácilmente asimilables por las plantas, puede afectar al crecimiento vegetal mediante el incremento en la actividad enzimática, la supresión de enfermedades y la producción de sustancias reguladoras del crecimiento; ya que, además de la formación de ácidos húmicos, el proceso de

neoformación da lugar a compuestos de origen y acción biológica , como son: enzimas que aceleran y promueven ciertas reacciones químicas; hormonas que influyen en la germinación, crecimiento, emisión de tallos, flores, raíces; vitaminas que favorecen la asimilación y nutrición de las plantas y los antibióticos que protegen contra el crecimiento y multiplicación desmedida de patógenos y enfermedades (Capistrán *et al.*, 1999; Dominguez *et al.*, 2010; Bautista–Calles *et al.*, 2010). Los efectos del vermicompost pueden variar dependiendo de la especie vegetal considerada e incluso de la variedad (Zaller, 2007), así como del material de partida, proceso de producción del vermicompost, tiempo de almacenamiento, y tipo de sustrato al que se vaya a incorporar (Roberts *et al.*, 2007; Dominguez *et al.*, 2010).

2.4.5. Bocashi

Los abonos orgánicos fermentados del tipo “Bocashi”, término japonés que significa “fermentación suave”, son ricos en nutrientes para la planta, e incorporan gran cantidad de microorganismos benéficos. Se diferencia de otros abonos orgánicos porque requiere de menos tiempo de fabricación (González, 1996). El Bocashi es el material con más alto nivel de materia orgánica, resultado de un proceso de fermentación con un grado prácticamente nulo de descomposición (Gadea *et al.*, 2002). Una de las ventajas más importantes de este abono, es que a las dosis que se utilizan, suministran a la planta los microelementos en forma soluble y en un microambiente de pH biológicamente favorable para la absorción radicular (pH 6.5 a 7), así como, el hecho de que los microorganismos benéficos presentes en la composta compiten por microespacios y energía con los microorganismos patógenos que hay en la zona radicular de la planta (De Luna y Vázquez, 2009).

2.4.6. Fibra de coco

La fibra de coco es un subproducto que se encuentra disponible en grandes cantidades en los países productores de cocos (*Cocos nucifera* L). Son generalmente restos de fibras, de longitud inferior a 2 mm, los que suelen

utilizarse en mezclas como sustrato y se presentan generalmente prensadas en ladrillos que deben deshacerse y rehumectarse previamente a su uso (Burés, 1997). Este material tiene elevada capacidad de retención de agua y se ha utilizado tradicionalmente para mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos. La aplicación de fibra de coco mejora la retención de agua, aumenta la disponibilidad de nutrientes y la tasa de infiltración, la porosidad total y la conductividad hidráulica de los suelos donde se utiliza como enmienda. Así como, incrementa la supresividad a patógenos con origen en el suelo. Tiene bajo contenido en nutrientes, excepto para el potasio, el cual es elevado y puede ser utilizado como fuente de tal para el cultivo en campo (Burés, 1997; Bautista *et al.*, 2008).

2.4.7. Antagonista *Trichoderma* spp

Este hongo fue descrito por primera vez hace 200 años por los micólogos como un gasteromiceto, y un siglo después se realizó el análisis de su estructura y características para ser clasificado como un género entre los hongos filamentosos, con propiedades y actividades biológicas. Su habilidad como antagonista fue descubierta hace 50 años (Osorio-Hernández *et al.*, 2009). El género *Trichoderma* spp se encuentra en suelos abundantes en materia orgánica; es aeróbico y puede estar en los suelos con PH neutro hasta ácido. La versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación de los hongos del género *Trichoderma* spp ha permitido su uso en el control biológico (Osorio-Hernández *et al.*, 2009). *Trichoderma* spp produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios; estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación. El parasitismo puede ocurrir mediante la penetración, engrosamiento de las hifas, producción de haustorios y desorganización del contenido celular. La competencia por el espacio y los nutrimentos es más favorable, principalmente para los hongos que se desarrollan en la superficie de las hojas antes de efectuar la penetración, no actuando sobre aquellos que penetran rápidamente. (Osorio-Hernández *et al.*, 2009)

Diversas especies de *Trichoderma* spp son utilizadas en la agricultura para el manejo de fitopatógenos, ya que limitan el desarrollo de hongos dañinos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* (González *et al.*, 2005).

2.5. Manejo agroecológico de enfermedades

El uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura convencional, propicia el interés por el control ecológico, que puede definirse como: “cualquier forma de control que reduce la incidencia o severidad de la enfermedad, o incrementa la producción del cultivo, aun cuando no haya aparentemente un efecto significativo en la reducción de la enfermedad o inóculo, y su impacto nocivo en el ambiente sea mínimo o nulo” (Zavaleta-Mejía, 2000; Huerta-Lara, *et al.*, 2009; Bautista *et al.*, 2010).

Por lo que convenientemente comenta Zavaleta-Mejía (2000), que un manejo de las enfermedades de los cultivos que sea ambientalmente sano y racional se podrá lograr primero, aceptando que el objetivo principal no debe de ser el de eliminar al patógeno responsable de la enfermedad; sino más bien, que a pesar de su presencia se logre obtener rendimientos económicamente redituables para el agricultor; y segundo, entendiendo más acerca de la naturaleza de la enfermedad y de la fisiología de la planta. Dado que las enfermedades constituyen solamente un factor limitante de la productividad del agroecosistema, no es recomendable dirigir toda la atención a su control, aun cuando se conozcan todas las técnicas y prácticas sobre el manejo de enfermedades, ya sean estas con origen en el suelo o foliares (aéreas). Siempre es recomendable implementar un manejo agroecológico del cultivo (MAC), donde el sistema mayor sea el agroecosistema y la unidad de estudio sea el manejo integrado del cultivo (MIC) (Huerta-Lara, *et al.*, 2009).

Tradicionalmente los componentes de la biodiversidad arriba y abajo del suelo se han considerado aislados uno del otro, sin embargo, hoy en día se reconoce que están íntimamente relacionados (Wardle *et al.*, 2004; Altieri y Nicholls, 2008). Por

lo que, el Manejo integrado de plagas (MIP) considera que el manejo del hábitat arriba y abajo del suelo, son estrategias igualmente importantes, puesto que al fomentar interacciones ecológicas positivas entre suelo y plagas, se puede diseñar una manera robusta y sustentable para optimizar la función total del agroecosistema, pues la integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica (Altieri y Nicholls, 2008). Lo que admite aseverar, que los agroecosistemas pueden ser optimizados a través del manejo de dos pilares: la manipulación del hábitat vía de la diversificación de cultivos y el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Altieri y Nicholls, 2008; Bautista, *et al.*, 2010). Estos criterios, son los que nos permiten establecer un manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo haciendo énfasis en el segundo pilar, el mejoramiento de la calidad del suelo a través del incremento de la materia orgánica y la conservación de la biodiversidad del suelo, mediante la aplicación de abonos orgánicos que garanticen la fertilidad y salud del mismo, propiciando un manejo agroecológico óptimo de fitopatógenos con origen en suelo del agroecosistema jitomate.

III. JUSTIFICACIÓN

Dado los avances en materia de investigación a nivel nacional y mundial, no se puede seguir siendo impasible al uso de prácticas impropias para el manejo de los agroecosistemas, como el control convencional de enfermedades en el cultivo de jitomate mediante el uso indiscriminado de agroquímicos como son plaguicidas, su utilización en los últimos 60 años, lejos de resolver el problema de las plagas, ha provocado diversos daños biológicos y ecológicos. Entre sus impactos se encuentran el desarrollo de resistencia en los insectos, la eliminación de sus enemigos naturales, la contaminación del suelo, aire y agua, la intoxicación a los usuarios de las sustancias y la acumulación de residuos en los alimentos, entre otras consecuencias. Tan sólo en México, se reportan anualmente unos 5,000 intoxicados al año por plaguicidas, se teme la subestimación de éste dato y que puede haber desde 5 hasta 50 veces más de lo que se reporta oficialmente (CNN 2010).

La gravedad de estos problemas en la mayoría de los casos de carácter irreversible, reduce drásticamente la capacidad productiva de los agroecosistemas, haciéndolos inestables e insostenibles como consecuencia de sus altos costos económicos, ecológicos y sociales (FAO, 2004, Huerta-Lara *et al.*, 2009; Bautista *et al.*, 2008, 2010). Esto ha obligado a la búsqueda de alternativas que, por un lado, permitan el control de la plaga y, por otro, conserven los ecosistemas. Entre estas alternativas se encuentra el manejo agroecológico de los cultivos, la agricultura orgánica, el control biológico, y el uso de plantas insecticidas

Por lo que, la finalidad del presente trabajo es realizar un manejo agroecológico de enfermedades con origen en el suelo del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero, tomando como pilar la fertilidad y salud del suelo, mediante la aplicación de abonos orgánicos y reducir el uso de aproximadamente 25 kg ha⁻¹ de fungicida, que permita desarrollar una alternativa de prácticas adecuadas para un manejo sostenible del agroecosistema del cultivo de jitomate y así reducir los altos costos económicos-ecológicos-sociales.

IV. OBJETIVOS

4.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos

4.1.1. General

Evaluar brotación, calidad y economía de plántulas de jitomate producidas en charolas, utilizando diferentes sustratos orgánicos, como una alternativa ecológica y económica para el manejo sostenible del agroecosistema jitomate.

4.1.2. Particulares

1. Evaluar brotación de plántulas en diferentes sustratos: peat moss (testigo), fibra de coco, Bocashi, lombricomposta, lombricomposta con fibra de coco, así como los mismos sustratos inoculados con *Trichoderma* spp (sin considerar el testigo) para producción de plántula.
2. Evaluar calidad de plántula en los diferentes sustratos, utilizando los parámetros altura, diámetro, número de hojas, peso seco, peso fresco e índice de calidad de Dickson.
3. Determinar el análisis económico de la producción de plántula, en los diferentes sustratos.

4.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

4.2.1. General

Implementar un manejo agroecológico del cultivo de jitomate, contra enfermedades con origen en suelo, utilizando abonos orgánicos y un antagonista bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla.

4.2.2. Particulares

1. Evaluar el desarrollo del cultivo de jitomate, en los diferentes abonos orgánicos: suelo de la zona, fibra de coco, Bocashi, lombricomposta, lombricomposta con fibra de coco, así como los mismos sustratos inoculados con *Trichoderma* spp (sin considerar el testigo).
2. Identificar enfermedades con origen en el suelo, en los diferentes abonos orgánicos del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero.
3. Evaluar la incidencia de las enfermedades con origen en suelo, en los diferentes abonos orgánicos del cultivo de jitomate.
4. Evaluar la incidencia de enfermedades aéreas, en los diferentes abonos orgánicos del cultivo de jitomate.
5. Correlacionar temperatura y H.R. con la incidencia de enfermedades con origen en suelo y aéreas.
6. Determinar el rendimiento, en los diferentes tratamientos de abonos orgánicos, en el cultivo de jitomate.
7. Determinar el análisis económico de la producción agroecológica de jitomate bajo condiciones de invernadero.

V. HIPÓTESIS

5.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos

- ❖ El uso de sustratos orgánicos, permitirá el desarrollo cuantitativo y cualitativo óptimo de plántulas de jitomate, de manera ecológica y económica.

5.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

- ❖ La aplicación de abonos orgánicos al suelo favorece las condiciones de fertilidad y competencia entre microorganismos, benéficos y patógenos, que facilitan el manejo agroecológico de las enfermedades con origen en el suelo del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos

6.1.1. Localización del experimento

El trabajo se desarrolló en condiciones de invernadero durante los meses de Febrero y Marzo de 2013 en el municipio de Yaonáhuac, Puebla (**Fig. 1**); el cual se encuentra entre 500 y 1900 msnm, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 51' y 19° 58' de latitud norte; los meridianos 97° 24' y 97° 29' de longitud oeste. Con un clima templado húmedo con lluvias todo el año (Cf), el rango de temperatura media anual va de los 14° a los 22°C (INEGI, 2010; García, 2004).

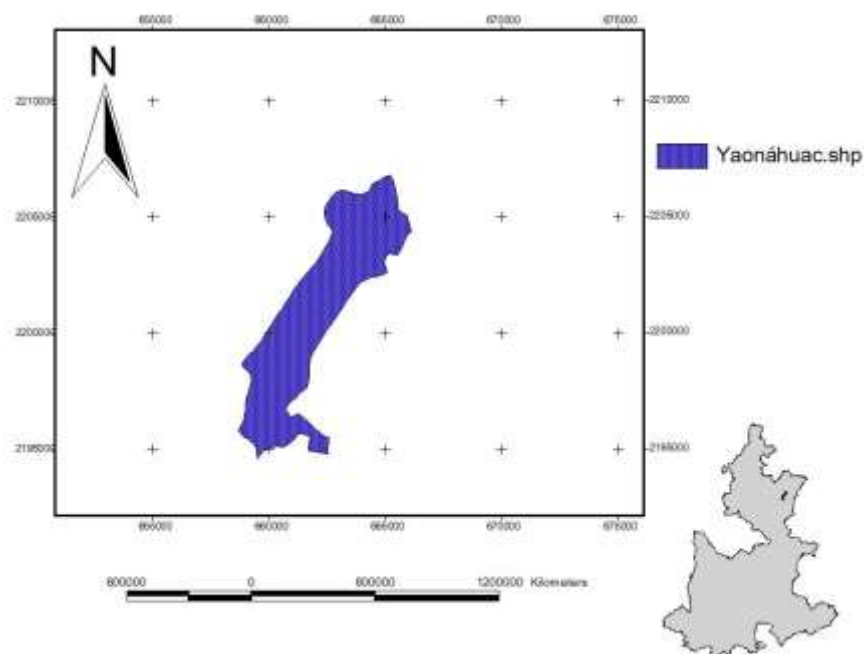


Figura 1. Producción de plántula en el Municipio de Yaonáhuac, Puebla. 2013.

6.1.2. Establecimiento del experimento

La producción de plántula se realizó con semilla de la variedad híbrida Sun 7705 tipo saladet de crecimiento indeterminado, que tiene una viabilidad garantizada del

90%. Los factores de estudio fueron abonos orgánicos como sustrato de: Peat moss (como testigo), Fibra de coco, Bocashi, lombricomposta a base de pulpa de café y cascara de nuez y las mezclas respectivas más sustratos inoculados con el antagonista *Trichoderma* spp (**Cuadro 1**). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones y nueve tratamientos: T1= Testigo (Peat Moss) (TE), T2= Fibra de coco (FC), T3= Bocashi (BO), T4= Lombricomposta (LO), T5= Lombricomposta al 50%+fibra de coco al 50% (LOFC), T6= Fibra de coco+*Trichoderma* spp (FCTR), T7= Bocashi+*Trichoderma* spp (BOTR), T8= Lombricomposta+*Trichoderma* spp (LOTR), T9= Lombricomposta al 50%+Fibra de coco al 50%+*Trichoderma* spp (LOFCTR).

Cuadro 1. Propiedades de los abonos orgánicos utilizados en la producción de plántula y producción de Jitomate bajo invernadero 2013.

Abono orgánico	pH	C.E. (dS/m)	MO %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	C/N
TE (Peat moss)	5.8	1.60	80.00	0.60	0.23	1.30	1.30	0.40	0.10	-
FC	6.6	2.35	60.00	2.80	2.60	3.00	3.10	2.10	-	-
BO	6.9	4.34	40.50	0.63	0.21	1.29	1.72	0.37	0.26	37.30
LO	5.6	0.51	79.50	1.75	0.04	0.15	0.98	0.17	0.04	26.30
EL	8.6	20.5	-	0.568	0.225	0.878	0.036	0.027	0.187	-

TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta; EL= Extracto de lombricomposta, pH: Potencial de hidrogeno; C.E.: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de brotación a los 4 y 30 días después de la siembra (dds), diámetro del tallo, altura de la plántula y número de hojas a los 25, 30, 35 y 40 dds, peso fresco a los 40 dds, peso seco a los 40 días dds, el Índice de Calidad de Dickson e indicadores de evaluación económica: valor actual neto (VAN), relación beneficio-costos (B/C), relación beneficio-inversión neta (N/K) y tasa interna de retorno (TIR). La unidad experimental consistió de una charola de poliestireno expandido, de 80 cm de largo por 25 cm de ancho y 8 cm de profundidad con 200 cavidades, colocando una semilla por cavidad; para

determinar los indicadores de evaluación económica, se consideró un invernadero de 80 m² para una producción de 50,000 plantas al año.

Los sustratos se consiguieron con antelación, a excepción del bocashi, que se preparó un mes antes de la siembra. La preparación de 200 kg de bocashi se realizó con 100 kg de excremento de vaca, 50 kg de excremento de borrego deshidratado, 50 kg de rastrojo molido, 15 kg de cisco de carbón, 10 kg de tezontle molido, 15 kg de melaza, 900 g de levadura para hacer pan y 20 L de agua. La lombricomposta se realizó a base de pulpa de café y cascara de nuez. La fibra de coco utilizada fue de la marca comercial Cocoplus® adquirida en Atoyac de Álvarez Guerrero. El Peat moss de la marca comercial Sunshine®. El biofungicida utilizado fue *Trichoderma* spp (10 x 10¹¹ unidades Formadoras de colonia por gramo (ufc/g), vehículo-diatomita) de marca comercial Tricofungi AFAO®. La desinfección y limpieza de charolas se realizó con hipoclorito al 10%.

Los tratamientos se prepararon en base a una charola de poliestireno con 200 cavidades con un volumen de 1.6 L de sustrato (3.0 kg aproximadamente). Las proporciones utilizadas por tratamiento fueron: T1: 3 kg de Peat most (TE), T2= 3.0 kg de Fibra de coco (FC), T3= 3.0 kg de Bocashi (BO), T4= 3.0 kg de lombricomposta (LO), T5= 1.5 kg de lombricomposta + 1.5 kg de fibra de coco (LOFC), T6= 3.0 kg de fibra de coco+ 1.35 g de *Trichoderma* spp. (FCTR), T7= 3.0 kg de Bocashi + 1.35 g de *Trichoderma* spp. (BOTR), T8= 3.0 kg de Lombricomposta + 1.35 g de *Trichoderma* spp. (LOTR), T9= 1.5 kg de Lombricomposta+1.5 kg de Fibra de coco +1.35 g de *Trichoderma* spp. (LOFCTR).

Las charolas se llenaron en forma manual, el mismo día de la siembra, con las mezclas respectivas de cada tratamiento con sus repeticiones. La cual, se realizó el 23 de febrero del 2013, colocando una semilla por cavidad en forma manual. Acto seguido, se saturaron las charolas con agua sin esterilizar hasta que empezaran a gotear por los orificios de la parte inferior. El riego de las plántulas se empezó a partir del día 7 después de la siembra (dds), con agua sin esterilizar. A partir del día 26 dds, el riego se realizó utilizando una solución de extractos de lombricomposta enriquecida con macro elementos primarios, con las siguientes

proporciones: 0.25 L de extracto de lombricomposta más 19.75 L de agua más 20 g del fertilizante 13-40-13 (que equivalen a 130 ppm de N, 400 ppm de P y 130 ppm de K).

6.1.3. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

1) Porcentaje de brotación (%). Esta se determinó contando el número de plántulas brotadas con cotiledones con respecto al total de cavidades de cada unidad experimental (charola), a los 4 y a los 30 días después de la siembra.

Las variables de diámetro de tallo, altura de plántulas y número de hojas se determinaron a los 25, 30, 35 y 40 días después de la siembra, considerando un total de 4 plántulas por unidad experimental.

2) Diámetro del tallo de plántula (cm). El diámetro se midió con un vernier manual, en la base del tallo o cuello de la plántula, a ras del sustrato.

3) Altura promedio de plántula (cm). La altura se midió con cinta métrica de 1.5 m, considerando desde la base del tallo o cuello de la plántula hasta el ápice de la misma.

4) Número de hojas verdaderas por plántula. Para determinar el número de hojas se contaron las hojas compuestas a partir de la base del tallo hasta el ápice.

5) Peso fresco de plántula (g). El peso fresco se determinó a los 40 dds, para lo cual, se extrajeron 5 plántulas de cada unidad experimental por tratamiento, se limpiaron de forma manual con agua destilada para eliminar el sustrato adherido a la raíz, posteriormente se pesaron en una balanza granataria digital. Para obtener el peso fresco por planta, se dividió el peso total de las cinco plantas entre cinco.

6) Peso seco de plántula (g). Las plántulas utilizadas en la determinación del peso fresco se secaron en estufa a 70 °C durante 72 h, posteriormente se pesaron en

una balanza analítica para determinar el pesos seco. Para obtener el peso seco por planta, se dividió el peso total de las cinco plantas entre cinco.

7) Índice de calidad de Dickson (ICD). Se determinó utilizando peso seco total de la plántula (PST), el peso seco de la parte aérea (PSA), peso seco de la raíz (PSR), altura plántula (AP) y diámetro del tallo de plántula (DT) (Dickson *et al.*, 1960). Con estas variables se determina el índice de esbeltez (AP/DT), la relación PSA/PSR, las cuales son consideradas en la fórmula de Dickson, la que se expresa: $ICD = PST/[(AP/DT)+(PSA/PSR)]$

Donde:

PST: peso seco total de la plántula (g)

PSA: peso seco de la parte aérea de la plántula (g)

PSR: peso seco de la parte radical de la plántula (g)

AP: altura de la plántula (cm)

DT: diámetro del tallo la plántula (mm)

8) Análisis económico. Los indicadores para la evaluación económica, son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión y en base a estos datos se evalúa su rentabilidad (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2013). Esta se determinó considerando una tasa de descuento o de actualización de 0.8% la cual se calcula considerando una tasa nominal de 4.43% (cetes) y una inflación para el 2013 de 3.56%. Los indicadores estimados fueron:

a). Valor actual neto (VAN), el cuál consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés (“la tasa de descuento”) y compararlos con el importe inicial de la inversión.

$$VAN = -A + [FC1/(1+r)^1] + [FC2/(1+r)^2] + \dots + + [FCn/(1+r)^n]$$

Donde:

VAN: valor actual neto

-A: desembolso inicial

FC: flujos de caja

n: número de años (1,2,...,n)

r: tipo de interés (“la tasa de descuento”)

$1/(1+r)^n$: factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años.

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio debe ser: Si $VAN > 0$: el proyecto es rentable; Si $VAN = 0$: el proyecto es postergado; Si $VAN < 0$: el proyecto no es rentable. En términos generales, el VAN representa la ganancia adicional actualizada que genera el proyecto por encima de la tasa de descuento (Muñante, 2000; Romero *et al.*, 2013).

b). Relación beneficio-costos (B/C), consiste en dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Si este índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; si es inferior que 1, no se acepta; ya que significa que la rentabilidad del proyecto es inferior al costo del capital. El valor de la relación Beneficio/Costo cambiara, según la tasa de actualización seleccionada; o sea, que cuanto más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante. La fórmula que se utiliza es:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^T C_t (1+r)^{-t}}$$

Donde:

B_t = beneficios en cada periodo del proyecto t

C_t = costos en cada periodo del proyecto t

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del b/c es que debe ser: Si $b/c > 1$: el proyecto es aceptable; Si $b/c =$ o cercano a 1: el proyecto es postergado; Si $b/c < 1$: el proyecto no es aceptable. De acuerdo con el criterio formal de selección de los proyectos de inversión se catalogara como rentable si la B/C es mayor que uno (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2013).

c). Relación beneficio-inversión neta (N/K), indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Es el cociente que resulta de dividir el valor actual del flujo de fondos o beneficios incrementales netos en los años después de que esta corriente se ha vuelto positiva (N_t), entre la corriente del flujo de fondos en los primeros años del proyecto, en que esa corriente es negativa (K), a una tasa de actualización t previamente determinada. La fórmula para obtener la relación beneficio-inversión neta es:

$$N/K = \sum_{T=1}^T N_t (1+r)^{-t} / \sum_{T=1}^T C_t (1+r)^{-t}$$

Donde:

N_t = corriente del flujo de fondos en cada periodo, después de que este se ha vuelto positivo t

C_t = corriente del flujo de fondos en los periodos iniciales del proyecto cuando es negativo t

$(1 + r)^{-t}$ = Factor de actualización

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del N/K es que debe ser: Si $N/K > 1$: el proyecto es aceptable; Si $N/K = 0$ cercano a 1: el proyecto es postergado; Si $N/K < 1$: el proyecto no es aceptable. El criterio formal de selección, a través de este indicador, es aceptar todos los proyectos cuyas N/K sean igual o mayor que uno, a la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2013).

d). Tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de la corriente de beneficios se iguale al valor actualizado de la corriente de costos; es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuento consecutivas hasta que el VAN sea cercano o igual a cero y obtengamos un VAN positivo y uno negativo.

$$\sum_{T=1}^T B_t (1+r)^{-t} - \sum_{T=1}^T C_t (1+r)^{-t} = 0$$

Donde:

B_t = beneficios en cada periodo del proyecto t

C_t = costos en cada periodo del proyecto

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión debe ser: Si $TIR >$ tasa de descuento (r): el proyecto es aceptable; Si $TIR = r$: el proyecto es postergado; Si $TIR <$ tasa de descuento (r): El

proyecto no es aceptable. El criterio formal de selección, a través de este indicador, es aceptar todos los proyectos independientes cuya TIR sea igual o mayor que la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2013)

6.1.4. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con Statgraphics centurión versión 16.01.0002 y la comparación de medias con Tukey ($\alpha=0.05$).

6.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

6.2.1. Localización del experimento

El trabajo se desarrolló en condiciones de invernadero, durante el ciclo primavera-verano de 2013 en la comunidad de Cala-Sur del municipio de Atempan, Puebla (**Fig. 2**); el cual se encuentra entre las coordenadas geográficas paralelos 19° 46' 48" Y 19° 50' 48" de latitud Norte y los meridianos 97° 23' 18" y 97° 26' 42" de longitud Occidental. La comunidad se ubica a una altitud de 2060 msnm, la temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C, la humedad relativa predominante es de 80 al 100%, la precipitación anual varía entre 1,800-2,000 mm, presenta un suelo andosol y clima templado con abundantes lluvias en verano (Cw) (INEGI, 2010; García, 2004).

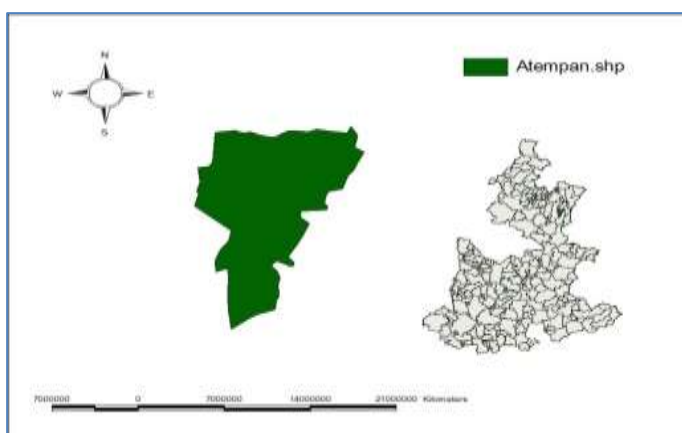


Figura 2. Producción de Jitomate en el Municipio de Atempan, Puebla. 2013.

6.2.2. Establecimiento del experimento

El cultivo se estableció bajo condiciones de invernadero, utilizando plántula de la variedad híbrida Sun 7705 tipo saladet de crecimiento indeterminado. Los factores de estudio fueron: suelo de la región (como testigo), abonos orgánicos de: Fibra de coco (FC), Bocashi (BO), Lombricomposta a base de pulpa de café y cascara de nuez (LO), y las mezclas respectivas más abonos orgánicos inoculados con el antagonista *Trichoderma* spp (**Cuadro 1**). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 5 repeticiones y 9 tratamientos (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Abonos orgánicos para la producción de jitomate bajo invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla. 2013.

Tratamientos	Clave	Mezcla de Sustratos Orgánicos				
T1	Testigo	(Suelo de la zona)				
T2	FC		Fibra de coco			
T3	BO			Bocashi		
T4	LO				Lombricomposta	
T5	LOFC		fibra de coco 50%		Lombricomposta 50%	
T6	FCTR		Fibra de coco			<i>Trichoderma</i> spp
T7	BOTR			Bocashi		<i>Trichoderma</i> spp
T8	LOTR				Lombricomposta	<i>Trichoderma</i> spp
T9	LOFCTR		Fibra de coco 50%		Lombricomposta 50%	<i>Trichoderma</i> spp

T1= Testigo (suelo de la zona), T2= Fibra de coco (FC), T3= Bocashi (BO), T4= Lombricomposta (LO), T5= Lombricomposta al 50%+fibra de coco al 50% (LOFC), T6= Fibra de coco+*Trichoderma* spp (FCTR), T7= Bocashi+*Trichoderma* spp (BOTR), T8= Lombricomposta+*Trichoderma* spp (LOTR), T9= Lombricomposta al 50%+Fibra de coco al 50%+*Trichoderma* spp (LOFCTR).

Las variables evaluadas para determinar el desarrollo de las plantas fueron: diámetro del tallo, altura de la planta y número de hojas cada 15 días, durante los primeros tres meses, incidencia de enfermedades con origen en el suelo (Marchitez, pudrición de raíz y tallo), incidencia de enfermedades foliares (aéreas), temperatura, humedad relativa, rendimiento y el análisis económico. La unidad experimental fue de 2.4 m² (1.2m x 2.0m) que contempla dos camas de 0.4 m con dos surcos cada una con un total de 16 plantas (densidad de siembra de 5.8

plantas m⁻²). La separación entre bloques y unidad experimental es de 1.2 m para alcanzar un área experimental del 174.5 m² (**Fig. 3**).

Los abonos orgánicos se consiguieron con antelación, en el caso del bocashi, éste se preparó un mes y medio antes del trasplante. La lombricomposta se realizó a base de pulpa de café y cascara de nuez. La fibra de coco utilizada fue de la marca comercial Cocoplus® adquirida en Atoyac de Álvarez Guerrero. El biofungicida utilizado fue *Trichoderma* spp (10 x 10¹¹ unidades formadoras de colonia por gramo (ufc/g), vehículo-diatomita) de marca comercial Tricofungi AFAO®. La preparación del terreno se inició con la elaboración de camas de 1.2 x 0.4 m del área experimental, levantadas a una altura aproximada de 30 cm, las cuales se regaron con 10 litros de agua previo a la aplicación de abonos. La aplicación de abonos orgánicos sobre la cama se hizo con las siguientes dosis, lombricomposta a razón de 2.7 kg por m², fibra de coco 2.7 kg por m², Bocashi 2.7 kg por m², en el caso de la mezcla lombricomposta más fibra de coco 50 + 50% a razón de 1.35 kg para el primero y 1.35 kg por m² para el segundo, los tratamientos que se inocularon con *Trichoderma* spp, la razón de aplicación también fue de 2.7 kg de abono por m², la inoculación del antagonista fue de 9 g de *Trichoderma* spp por 20 kg de abono orgánico asperjados con 7 litros de agua, todos los abonos fueron aplicados en una zanja de 30 cm de ancho por 20 cm de profundidad, permitiendo esta la distribución del abono sobre toda la cama, para posteriormente tapar con la misma tierra. El trasplante se realizó el 30 de abril de 2013 con plántula de la variedad SUN 7705 (Nunhems USA Inc.). La fertilización se hizo con extracto de lombricomposta, 0.5 L mezclados en 19.5 L de agua enriquecido con 20 g de fertilizante (13-40-13) durante los primeros 60 días después del trasplante (ddt), el resto del ciclo se aplicó 0.75 L de extracto de lombricomposta mezclados en 19.25 L de agua enriquecido con 40 g de fertilizante (13-40-13), El riego se realizó de acuerdo a las necesidades del cultivo y la fertilización se realizó en lapsos de 10 días durante el ciclo del mismo, aplicado de forma manual a la base del tallo en una proporción de 100 ml por cada planta. El control de plagas (mosquita blanca, pulgón y pulga saltona) se realizó a base de extractos de plantas y trampas.

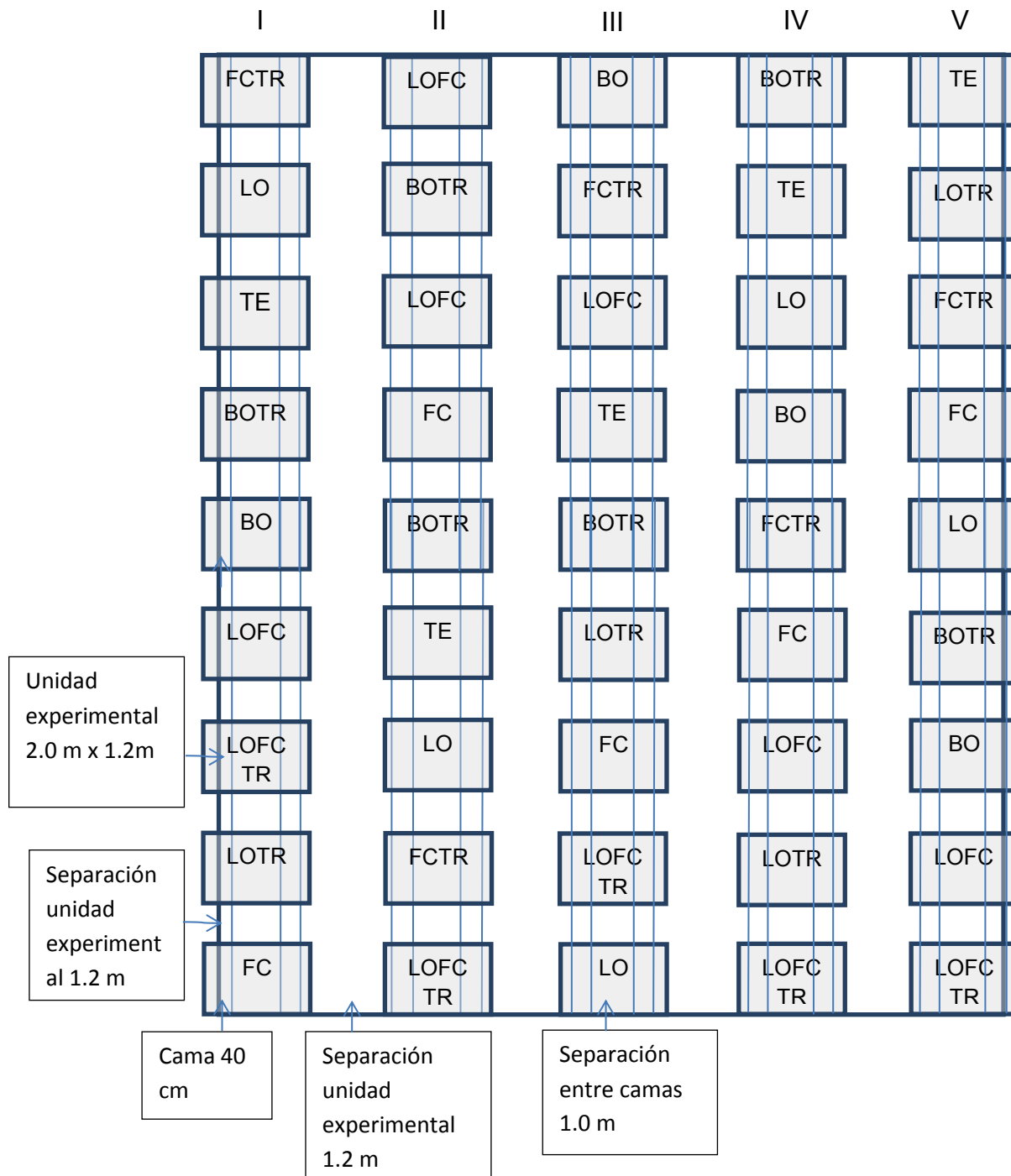


Figura 3. Croquis del diseño experimental de bloques completos al azar y distribución de tratamientos para la producción de jitomate en el Municipio de Atempan, Puebla. 2013.

El control de enfermedades aéreas, se realizó con caldos minerales, extractos de plantas y bicarbonato de sodio. Todo el agroecosistema se manejó aplicando el Manejo Agroecológico del Cultivo (MAC). Utilizando los principios de prevención, biológicos, extractos vegetales, trampas amarillas, cultivos trampa y prácticas culturales. No se aplicó plaguicidas, ni fungicidas.

6.2.3. Variables evaluadas

Las variables para evaluar desarrollo del cultivo como diámetro de tallo, altura de plantas y número de hojas se determinaron cada 15 días, durante los primeros tres meses.

1) Diámetro del tallo de la planta (cm). El diámetro se midió con un vernier manual, en la base del tallo o cuello de la planta, a 1 cm del ras del suelo.

2) Altura de la planta (cm). La altura se midió con flexómetro de 5 m, considerando desde la base del tallo o cuello de la planta hasta el ápice de la misma.

3) Número de hojas por planta. Para determinar el número de hojas se contaron las hojas compuestas a partir de la base del tallo hasta el ápice.

4) Incidencia de enfermedades con origen en el suelo (%). La incidencia se determinó contando plantas con síntomas de marchitez, pudrición de raíz o planta muerta. El monitoreo se realizó cada 15 días. El porcentaje de incidencia se determinó en relación al número de plantas enfermas entre el total de plantas de la unidad experimental. La incidencia se constató con la identificación de la enfermedad con origen en suelo en el laboratorio.

5) Incidencia de enfermedades aéreas (%). La incidencia se determinó contando plantas con síntomas de tizón, pudrición de fruto o manchas foliares que presentaban micelio, realizando monitoreo cada 15 días en promedio o cuando se presentaba alguna infección perceptible. El porcentaje de incidencia se determinó en relación al número de plantas que presentaban enfermedad entre el total de plantas de la unidad experimental. La incidencia se constató con la identificación de la enfermedad aérea en laboratorio.

6) Temperatura y humedad relativa dentro del invernadero ($^{\circ}\text{C}$ y %). Ambas se determinaron utilizando un higró-termómetro durante todo el ciclo del cultivo. Las mediciones se realizaron diariamente entre las 8:00 y 9:00 hrs, se registraron datos de máximas, mínimas y actuales para temperatura y humedad relativa.

7) Rendimiento del cultivo (kg). El rendimiento se determinó en cada corte, pesando los frutos cosechados en cada unidad experimental.

8) Análisis económico. Los indicadores que se calcularon para éste fin son: a) valor actual neto (VAN), b) relación beneficio-costo (B/N), c) relación beneficio-inversión neta (N/K) y d) tasa interna de retorno. El análisis se determinó considerando una tasa de descuento o de actualización de 0.8% la cual se calcula considerando una tasa nominal de 4.43% (cetes) y una inflación para el 2013 de 3.56%.

6.2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con Statgraphics centurión versión 16.01.0002 y la comparación de medias con Tukey ($\alpha=0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos

7.1.1. Porcentaje de brotación

El porcentaje de brotación (PB) a los 4 dds, al momento de destapar las charolas, no presentó diferencias significativas entre tratamientos (**Cuadro 3**). No obstante, el tratamiento LO y LOTR alcanzaron hasta 49 y 40.8% respectivamente, superando a los demás. Hecho que se repitió a los 30 dds, donde LO, LOTR, TE y LOFC fueron los mejores ($p \leq 0.05$), al superar la lombricomposta (LO) hasta con más del 60% a los tratamientos que contenían fibra de coco y bocashi (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Porcentaje promedio de brotación de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	4 DDS	30 DDS
TE	27.0 a ²	93.6 a
FC	0.0 a	26.5 b
BO	0.0 a	11.3 b
LO	49.0 a	94.8 a
LOFC	5.8 a	80.1 a
FCTR	0.0 a	29.6 b
BOTR	0.0 a	28.6 b
LOTR	40.8 a	94.1 a
LOFCTR	1.8 a	78.3 a

²Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

El tratamiento con lombricomposta presentó el mayor porcentaje de brotación, ya sea solo o en combinación, a excepción del Peat moss (**Cuadro 3**), al superar hasta con 83.5% al tratamiento con bocashi y con 68.3% al tratamiento con fibra

de coco. La mayor brotación en los sustratos de lombricomposta y peat moss se debe a sus mejores características físicas y químicas, resultado de sus altos contenidos de materia orgánica (**Cuadro 1**). Lo que permite buena porosidad, aireación y la formación de compuestos de acción biológica, como la formación de hormonas que influyen en la germinación, crecimiento, emisión de tallos, flores, raíces (Capistrán *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2010).

El tratamiento con sustrato bocashi (BO) presentó el porcentaje de germinación más bajo (11.3%), hecho que no concuerda con lo señalado por Chacón y Peraza (2013), que mencionan un porcentaje de germinación de 78.6% en plántula de chile dulce. Sin embargo, estos resultados se obtienen cuando el bocashi se mezcla con otros sustratos orgánicos en proporción de 25%, cuando esta proporción se aumenta se tiende a disminuir el porcentaje de germinación. Tal como ocurrió en este ensayo, donde se utilizó bocashi al 100%. Asimismo, su bajo contenido de materia orgánica de 40.5% (**Cuadro 1**) indica una densidad aparente alta y por consiguiente una alta compactación, evitando la aireación de la composta, pues una inadecuada aireación genera la producción de niveles tóxicos de amonio en los sustratos e impide una germinación y emergencia normales, situación que probablemente ocurrió en los tratamientos de bocashi (BO) y fibra de coco (FC) del presente ensayo (Magdaleno *et al.*, 2006). Además, Adams (2000) y Magdaleno *et al.* (2006), reporta que la fibra de coco posee características muy similares al Peat moss, excepto en que humidifica más lentamente y puede presentar un mayor contenido de sales; por lo que, una alta conductividad eléctrica ($4.34 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) para el caso del bocashi y de fibra de coco ($2.35 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$), impidió un desarrollo normal tanto de las raíces de apariencia fibrosa, como de las plantas en general, cuyo desarrollo fue más lento debido a que conductividades eléctricas mayores a $3.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ resultan elevadas para la mayoría de las plantas (Abad y Noguera, 2000). Complementando a esta discusión, podemos verificar que la lombricomposta y demás sustratos orgánicos se pueden mezclar con *Trichoderma* spp, antagonista biológico y de esta forma generar una producción de plántulas sanas sin afectar el fase de germinación.

Las variables que permiten caracterizar la calidad de la plántula resultaron como sigue:

7.1.2. Diámetro del tallo

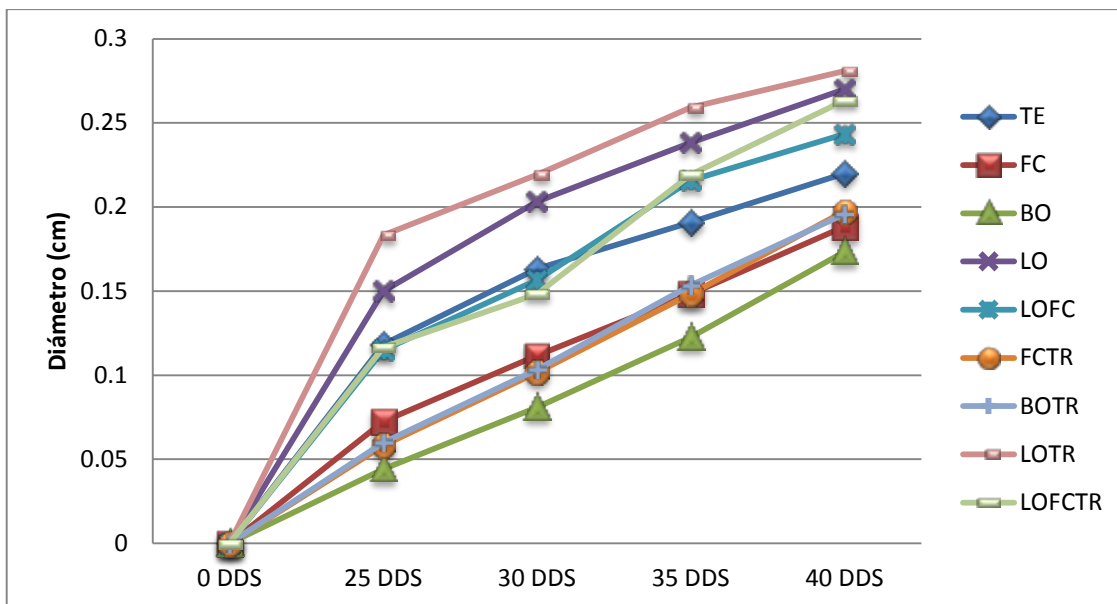
El diámetro del tallo (DT) fue significativamente mayor en los tratamientos con lombricomposta (**Cuadro 4**), resaltando LOTR, LO, LOFCTR y LOFC ($p \leq 0.05$); a diferencia de los tratamientos a base de fibra de coco y bocashi: FC, BO, FCTR y BOTR que presentaron los valores bajos ($p \leq 0.05$), los cuales también fueron superados, por el testigo a base de Peat moss ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Diámetro promedio de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	25 DDS	30 DDS	35 DDS	40 DDS
TE	0.12 c	0.16 b ^z	0.19 c	0.22 c
FC	0.07 d	0.11 c	0.15 de	0.19 de
BO	0.04 e	0.08 d	0.12 e	0.17 e
LO	0.15 b	0.20 a	0.24 ab	0.27 a
LOFC	0.12 c	0.16 b	0.22 bc	0.24 b
FCTR	0.06 de	0.10 cd	0.15 de	0.20 d
BOTR	0.06 de	0.10 cd	0.15 d	0.20 d
LOTR	0.18 a	0.22 a	0.26 a	0.28 a
LOFCTR	0.12 c	0.15 b	0.22 b	0.26 ab

^zMedias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp. DDS= días después de la siembra.

Los valores más bajos en diámetro de tallo corresponden a los valores más bajos de porcentaje de brotación (**Cuadro 4 y Fig. 4**); hecho que se debe al retraso en la brotación con respecto a los días después del transplante. Para el caso de los valores elevados, esto se debe a las características químicas que presentan la lombricomposta y la fibra de coco enriquecida con nutrientes (**Cuadro 1**), por lo



TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 4. Diámetro promedio de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

que después de combinar dichas propiedades con la mezcla lombricomposta más fibra de coco (LOFC) se tienen valores elevados de diámetro, presentándose en general diferencias significativas ($p \leq 0.05$), situación que resulta contraria a los resultados de algunos autores, quienes reportan el diámetro de plántulas sin diferencia significativa, hecho que relacionan con la disponibilidad de agua para la plántula (Salas y Urrestarazu, 2000; y Magdaleno *et al.*, 2006). No obstante, se pudo observar, en el presente ensayo, que este carácter de diámetro no solo depende del agua, sino también de la disponibilidad de nutrientes.

7.1.3. Altura de la plántula (AP).

Las plántulas presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en altura en los diferentes sustratos (**Cuadro 5 y Fig. 5**), correspondiendo nuevamente los mayores valores a los tratamientos a base de lombricomposta, donde LO alcanzó

hasta 9.2 cm a los 30 dds y LOTR hasta 8.1 cm. Las menores alturas fueron para los tratamientos BO, FC, BOTR y FCTR (**Cuadro 5 y Fig. 5**), la mayor altura a los 40 dds ($P \leq 0.05$) correspondió al tratamiento a base de lombricomposta (LO) con 10.7 cm y la menor al tratamiento a base de bocashi con 5.1 cm en promedio.

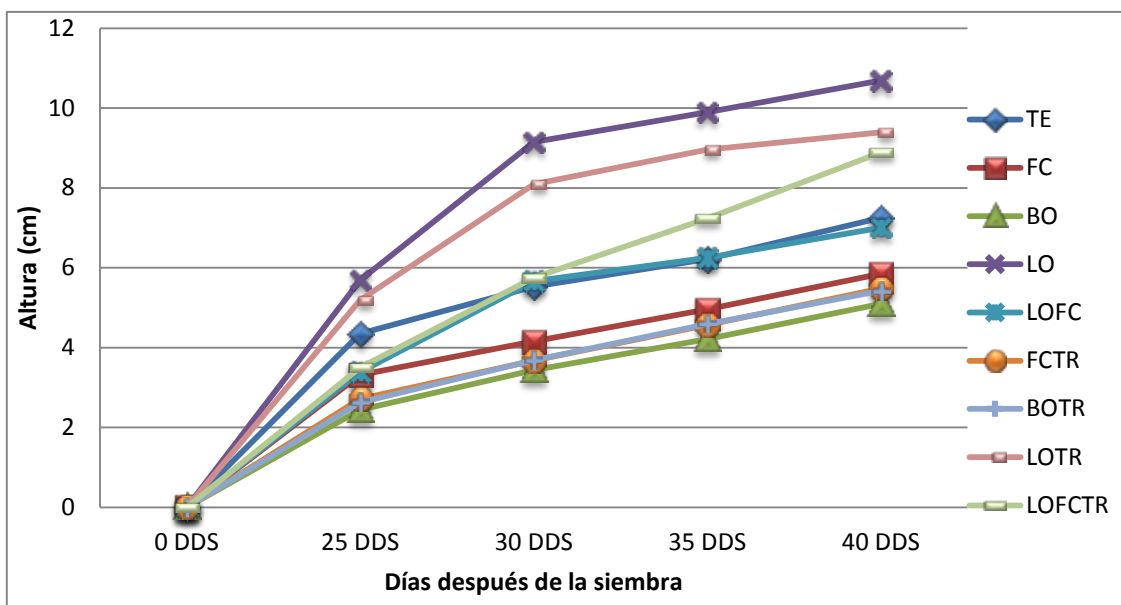
Cuadro 5. Comparación de medias de altura de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	25 DDS	30 DDS	35 DDS	40 DDS
TE	4.4 b	5.5 c ^z	6.2 d	7.3 c
FC	3.3 c	4.2 d	5.0 e	5.9 d
BO	2.4 d	3.4 e	4.2 f	5.1 e
LO	5.7 a	9.2 a	9.9 a	10.7 a
LOFC	3.4 c	5.7 c	6.3 d	7.0 c
FCTR	2.7 d	3.7 de	4.6 ef	5.5 de
BOTR	2.6 d	3.7 de	4.6 ef	5.4 de
LOTR	5.2 a	8.1 b	9.0 b	9.4 b
LOFCTR	3.5 c	5.8 c	7.2 c	8.9 b

^zMedias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, DDS= días después de la siembra.

Los valores menores de altura corresponden a los tratamientos que presentaron retraso en la germinación, por lo que a la etapa de muestreo aún presentaban plántulas pequeñas que corresponde a bajas alturas. Los valores mayores de altura de planta corresponden a los sustratos de lombricomposta (**Cuadro 5 y Fig. 5**) atribuibles a sus mejores características fisicoquímicas como alto contenido de materia orgánica, Ph neutro y baja conductividad, tal como, lo señala Chacón y Peraza (2013), quien afirma que en los sustratos orgánicos más sobresalientes se encuentran la composta y la vermicomposta.

Asimismo, Carrasco e Izquierdo (2005), mencionan que la altura óptima de las plantas de jitomate para ser trasplantadas no debe superar los 15 cm; Jaramillo *et al.*, (2007) coinciden al indicar que la altura debe estar entre 10 y 15 cm, situación que se cumple con el tratamiento LO.



TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 5. Altura promedio de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

7.1.4. Número de hojas (NH)

Las plántulas presentaron diferencia significativa en cuanto a número de hojas entre los tratamientos (**Cuadro 6 y Fig. 6**), teniéndose los valores más altos para los tratamientos a base de lombricomposta, donde alcanzaron hasta 3.7 hojas; y los más bajos para bocashi inoculado con *Trichoderma* spp con 2.0 hojas.

El número de hojas es importante al momento del trasplante, ya que de ello depende la fotosíntesis, y aunque Magdaleno *et al.*, (2006) menciona que este

caracter no puede ser considerado como un indicador confiable en la producción de plántulas, ya que según este autor, depende en mayor medida de la edad de la planta. Sin embargo, las plantas de jitomate no pueden dejarse más de dos meses en las charolas; ya que pierden vigor. Por lo que, el número de hojas si es un parámetro importante a considerar como indicador de calidad en plántulas de 30 a 40 dds para el trasplante. Los resultados aquí obtenidos, tampoco concuerdan con lo señalado por Jaramillo *et al.* (2007), quienes mencionan que el número de hojas en plantas de jitomates aptas para trasplante es de 7 y 12 hojas verdaderas, que se desarrollan aproximadamente entre 30 y 35 días después de sembrado el semillero.

Cuadro 6. Comparación de medias de número hojas de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	25 DDS	30 DDS	35 DDS	40 DDS
TE	1.7 a	2.0 d	2.1 cd	2.5 b
FC	0.7 b	1.5 e ²	1.6 de	2.4 b
BO	0.3 b	1.0 f	1.3 e	2.1 b
LO	2.0 a	3.0 ab	3.1 ab	3.7 a
LOFC	1.8 a	2.4 cd	2.6 bc	3.3 a
FCTR	0.4 b	1.0 f	1.5 e	2.2 b
BOTR	0.4 b	1.0 f	1.5 e	2.0 b
LOTR	2.0 a	3.1 a	3.2 a	3.4 a
LOFCTR	2.0 a	2.6 bc	3.0 ab	3.4 a

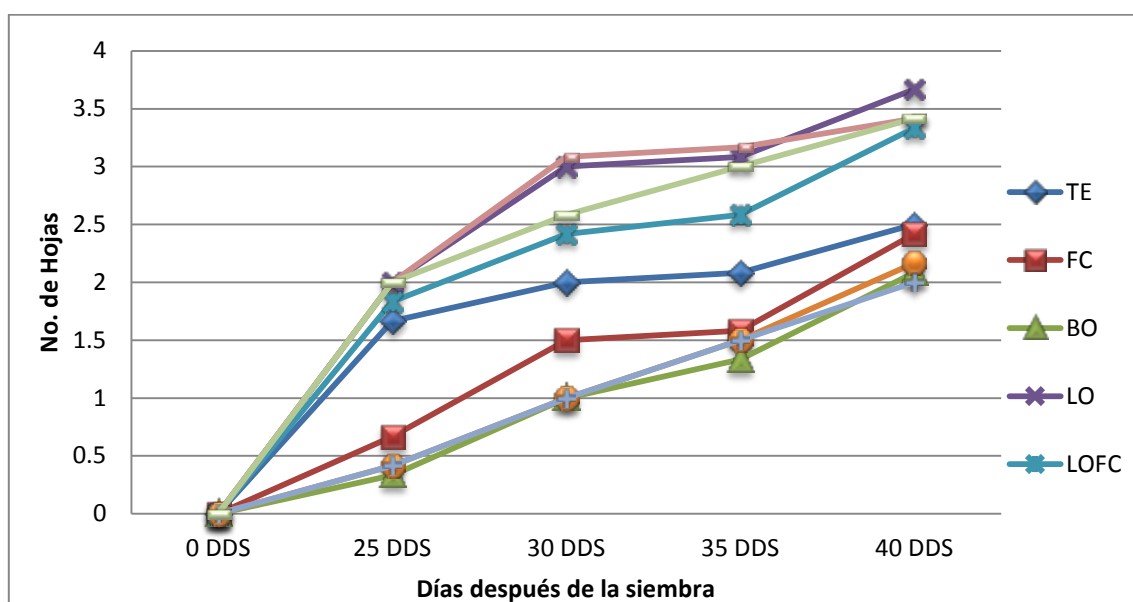
²Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, DDS= días después de la siembra.

En este experimento se tuvieron en promedio 3-4 hojas compuestas dentro de los 35 y 40 dds, con buenas características de plántulas para ser trasplantadas. Por lo que la observación de Jaramillo *et al.*, (2007) tal vez se refiere a número de

foliolos, ya que las plántulas de 30 a 35 días no pueden tener ese número de hojas, como se demostró en este ensayo (**Cuadro 6 y Fig. 6**).

7.1.5. Peso fresco (PF) y peso seco (PS)

Las plántulas con mayor desarrollo, y por tanto mayor peso fresco y seco, correspondieron a los tratamientos a base de lombricomposta y lombricomposta inoculado con *Trichoderma* spp, que alcanzaron hasta 1.40 g, los cuales presentaron diferencia significativa con respecto a fibra de coco, bocashi y testigo (**Cuadro 7**), que alcanzaron 0.41, 0.49 y 0.63 g respectivamente.



TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 6. Número de hojas promedio de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

El peso seco fue proporcional al peso fresco, correspondiendo el mayor a los tratamientos de lombricomposta y lombricomposta con *Trichoderma* spp, donde se presentaron valores de 0.24 y 0.20 g respectivamente. Los cuales superaron

significativamente ($P \leq 0.05$) a los tratamientos con fibra de coco, bocashi y el testigo a base de Peat Moss (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Comparación de medias de peso fresco, peso seco, índice de esbeltez, relación PSA/PSR e índice de calidad de Dickson de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes sustratos orgánicos, bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	40 Días después de la siembra				
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Índice de Esbeltez	Relación PSA/PSR	Índice de calidad de Dickson
TE	0.63 ab	0.09 bc	3.30 bcd	2.70 a	0.015 b
FC	0.41 b	0.06 c ^z	3.13 bcde	2.57 a	0.010 b
BO	0.49 b	0.07 c	2.97 cde	2.63 a	0.012 b
LO	1.40 a	0.24 a	3.97 a	2.13 a	0.039 a
LOFC	0.77 ab	0.10 bc	2.90 de	2.20 a	0.021 ab
FCTR	0.49 b	0.07 c	2.80 e	2.27 a	0.014 b
BOTR	0.55 b	0.08 c	2.80 e	2.47 a	0.015 b
LOTR	1.40 a	0.20 ab	3.33 bc	2.10 a	0.038 a
LOFCTR	0.97 ab	0.13 abc	3.40 b	1.90 a	0.025 ab

^zMedias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, DDS= días después de la siembra.

Nuevamente sobresale el sustrato de lombricomposta LO y LOTR superando los valores reportados por Andrade y Valenzuela (2002), desde 0.368 g hasta 0.704 g en el peso fresco para plántulas de jitomate cultivadas durante 30 días en sustratos de aserrín de pino biodegradado y suelo, confirmando el comentario de Peña *et al.*, (2005) quien menciona que el humus de lombriz es un material orgánico de gran riqueza y calidad biológica, que proporciona a la raíz y posteriormente al tallo, una influencia sobre las propiedades biológicas tales como: mejora en los procesos energéticos, modificación de la actividad enzimática,

favoreciendo la síntesis de ácidos nucleicos así como servir de amortiguador regulando la disponibilidad de los nutrientes según las necesidades de las plantas.

Cabe señalar, que aunque el sustrato de fibra de coco presenta mejores características nutricionales, su bajo contenido de materia orgánica (**Cuadro 1**) hace de éste sustrato menos poroso y poco viable para la germinación, por lo que la brotación de la plántula se retrasó, teniendo como consecuencia valores bajos de desarrollo de plántula, así como de peso fresco y seco.

7.1.6. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Los resultados del índice de calidad de Dickson presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$), los valores mayores correspondieron para LO, LOTR y LOFCTR de 0.039, 0.038 y 0.025 respectivamente (**Cuadro 7**), en comparación con los valores más bajos que fueron para FC y BO de 0.010 y 0.012 respectivamente, lo que indica una mejor calidad de plántula para los primeros tratamientos arriba mencionados, esto es debido, a que el Índice de calidad de Dickson reúne varios atributos morfológicos como son el índice de esbeltez y la relación peso seco parte aérea y peso seco radicular (PSA/PSR) en un solo valor que es usado como índice de calidad de la plántula; el cual, el aumento de mismo, representa plantas de mejor calidad, lo que implica, por una parte, el desarrollo de la planta es grande y que, al mismo tiempo, las fracciones aérea y radical están equilibradas (Dickson *et al.*, 1960; Guzmán *et al.*, 2012). Con respecto al índice de esbeltez y la relación (PSA/PSR), los mejores resultados son los valores que tienden a uno, es decir, el criterio de calidad con base en estas característica es que la parte aérea sea lo más cercano posible a la biomasa de la raíz, lo que puede garantizar una mayor supervivencia, ya que se evita que la transpiración exceda a la capacidad de absorción de agua por las raíces (Torral, 1997; Romero *et al.*, 2013). En este ensayo, a excepción de LO, los tratamientos con *Trichoderma* spp presentaron valores ligeramente mejores a los tratamientos sin *Trichoderma* spp, ya que, como menciona Santos y Diánez (2010) el *Trichoderma* spp coloniza las raíces de las plantas favoreciendo el desarrollo tanto aéreo como radical. Debe tomarse en cuenta que, a pesar que estos índices de calidad son utilizados por primera vez en

cultivos hortícolas por Guzmán *et al.* (2012), sus aplicaciones pueden ser útiles para evaluar la calidad de las plántulas producidas en contenedores, como es el caso del presente ensayo.

7.1.7. Análisis económico de la producción de plántula

La evaluación económica sobre la producción de plántulas de jitomate a través de los indicadores de VAN, B/C, N/K y TIR se realizó en base a una producción de 50,000 plántulas (250 charolas), considerando un invernadero de 80 m² y una vida útil del proyecto de 5 años para dicho fin, en donde el sustrato con mejor valor de indicadores en la evaluación económica de producción de plántulas correspondió a lombricomposta, a diferencia de los valores más bajos que correspondieron a los sustratos de fibra de coco y bocashi (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Comparación de indicadores estimados para la evaluación económica en la producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), utilizando diferentes sustratos orgánicos bajo condiciones invernadero en Yaonáhuac, Puebla, México. Año 2013.

Tratamiento	Valor actual neto VAN	Relación beneficio-costo B/C	Relación Beneficio-inversión neta N/K	Tasa interna de retorno TIR
TE	65,568.53	1.14	3.07	19.90
FC	-266,189.49	0.36	0.00	35.24
BO	-350,798.09	0.15	0.00	33.99
LO	120,212.60	1.29	6.83	23.65
LOFC	36,214.27	1.09	1.96	15.51
FCTR	-250,346.73	0.40	0.00	35.58
BOTR	-255,228.94	0.39	0.00	35.47
LOTR	114,720.12	1.28	6.28	23.40
LOFCTR	24,545.80	1.06	1.61	12.56

Fuente: elaboración propia, calculado con materia prima local. TE= Peat Moss, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp. VAN= Valor actual neto, B/C= relación beneficio-costo, N/K= relación beneficio-inversión neta, TIR= tasa interna de retorno.

La venta de plántula fue calculada considerando el porcentaje de brotación a los 30 días, pues es el indicador que consideran los productores para asegurar la sobrevivencia y manejo durante el trasplante. Por lo cual, los tratamientos con menores valores de brotación a los 30 dds presentaron ventas de producción bajas; y por lo tanto representan pérdidas económicas. No obstante, las plántulas del testigo a base de Peat moss, a pesar de su alto costo de producción, representaron una ganancia, aunque por abajo del sustrato de lombricomposta. Por lo que los indicadores para la evaluación económica de la producción de plántula se analizan como sigue:

a). El valor actual neto demuestra que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización o de descuento del 0.8 % se va a obtener una utilidad neta de \$120,212.60 pesos para el caso de LO, \$114,720.12 para LOTR, y de \$65,568.53 pesos para TE (**Cuadro 8**). De acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación a través de este indicador, el proyecto se determina como rentable. Para los tratamientos de LOFC y LOFCTR presentan una utilidad neta de \$36,214.27 y \$24,545.80 pesos respectivamente (**Cuadro 8**), que de acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación, se determina como poco rentables. Los tratamientos restantes presentan valores de VAN negativo, lo que reflejan pérdidas y por lo que se consideran no rentables.

b). La relación beneficio-coste arroja valores de 1.29, 1.28 y 1.14 para los tratamientos de LO, LOTR y TE respectivamente (**Cuadro 8**), lo que expresa que durante la vida útil del proyecto, a una tasa de actualización del 0.8%, por cada peso invertido se obtendrá 0.29, 0.28 y 0.14 pesos de beneficio para los mismos tratamientos respectivamente. Como la relación es mayor que 1, cumple con el criterio de selección y evaluación, indicando que existe viabilidad y rentabilidad. Aunque los tratamientos de LOFC y LOFCTR presentan valores mayores que 1, son muy poco rentables. Asimismo los tratamientos con valores menores a 1, no son viables ni rentables.

c). Los valores de la relación beneficio-inversión neta para los tratamientos de LO, LOTR y TE, son 6.83, 6.28 y 3.07 respectivamente (**Cuadro 8**), indicando

que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 0.8%, por cada peso invertido inicialmente se obtendrán beneficios netos totales de \$6.83 pesos con LO, \$6.28 con LOTR y \$3.07 pesos con TE, asimismo, se obtienen beneficios menores con LOFC de \$1.96 y LOFCTR de \$1.61. El resultado de este indicador cumple con el criterio formal de selección y evaluación de ser mayor que 1. Para los otros tratamientos con valores de 0, representa pérdidas.

d). En referencia a la tasa interna de retorno, los tratamientos de LO con 23.65, LOTR con 23.40, TE de 19.90, LOFC con 15.51 y LOFCTR con 12.56 (**Cuadro 8**), significa que durante la vida útil del proyecto, con estos tratamientos se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad del 23.65%, 23.40%, 19.90%, 15.51% y 12.56% para LO, LOTR, TE, LOFC y LOFCTR respectivamente. Aunque los tratamientos de FC, BO, FCTR y BOTR presentan valores mayores de TIR, esto es debido a su valores negativos del flujo de fondos, ya que al sustraer un valor negativo se convierte en positivo, lo que incrementa la TIR, por lo que en estos casos no existe rentabilidad.

Es importante resaltar que el sustrato no solo proporciona las condiciones adecuadas de germinación y soporte mecánico a las plántulas como lo señala Magdaleno *et al.*, (2006) sino que además, dependiendo de su origen y composición, puede suministrar nutrimentos para satisfacer la demanda en la forma y magnitud que las plántulas lo requieren, tal como se observó en este ensayo. Por lo tanto, un ahorro se ve reflejado en la disminución o nula aplicación de nutrientes complementarios a través de la fertilización inorgánica. Se pudo constatar en este experimento que los tratamiento de lombricomposta (LO, LOTR) pueden alcanzar la madurez de la plántula a los 30 dds sin fertilización complementaria. Ya que en este experimento se inició la fertilización complementaria hasta los 26 días después de la siembra, debido a que algunas plántulas empezaron a presentar deficiencias de fosforo. También, se pudo observar que la aplicación del antagonista *Trichoderma* spp al sustrato, no afectó el desarrollo de las plántulas, y aunque ningún tratamiento presentó enfermedad, se puede señalar que el *Trichoderma* spp protege contra la acción de algunos

patógenos. Como indican Santos y Diánez (2010) el *Trichoderma* spp coloniza las raíces de las plantas favoreciendo el desarrollo tanto aéreo como radical e impide el ataque de fitopatógenos radiculares. Además, en algunas especies de *Trichoderma* spp se ha señalado su capacidad como estimuladoras de crecimiento en numerosos cultivos de hortalizas y plantas ornamentales desde la etapa de semillero y como un potente biofungicida (Benítez *et al.*, 2004)

7.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

7.2.1. Desarrollo del cultivo

El desarrollo del cultivo se analizó por medio de mediciones del diámetro del tallo, altura y número de hojas de las plantas.

7.2.1.1. Diámetro del tallo de la planta

Dentro de los primeros 45 días después del transplante (ddt), no se observó ninguna diferencia significativa en diámetro de las plantas entre tratamientos (**Cuadro 9**). A los 60 ddt sobresalió de manera significativa el tratamiento de fibra de coco que alcanzó 1.17 cm, seguido por la mezcla de fibra de coco con lombricomposta y *Trichoderma* spp de 1.14 cm, superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) al testigo con un diámetro de 0.97 cm. No obstante, los demás tratamientos no superaron estadísticamente al testigo. A los 75 ddt sobresalieron de manera significativa ($p \leq 0.05$) los tratamientos a base de fibra coco con 1.27 cm, la mezcla de fibra de coco con lombricomposta y *Trichoderma* spp con 1.25 cm y bocashi con *Trichoderma* spp que alcanzó 1.24 cm, los cuales superaron estadísticamente al testigo de 1.07 cm. Sin embargo, los demás tratamientos no superaron estadísticamente al testigo (**Cuadro 9**).

A los 90 ddt, sobresalieron de manera significativa ($p \leq 0.05$) los tratamientos a base de fibra coco que resultó de 1.35 cm, la mezcla de fibra de coco con lombricomposta y *Trichoderma* spp de 1.33 cm, bocashi con *Trichoderma* spp de 1.32 cm, lombricomposta con 1.31 cm, fibra de coco con *Trichoderma* spp de 1.31

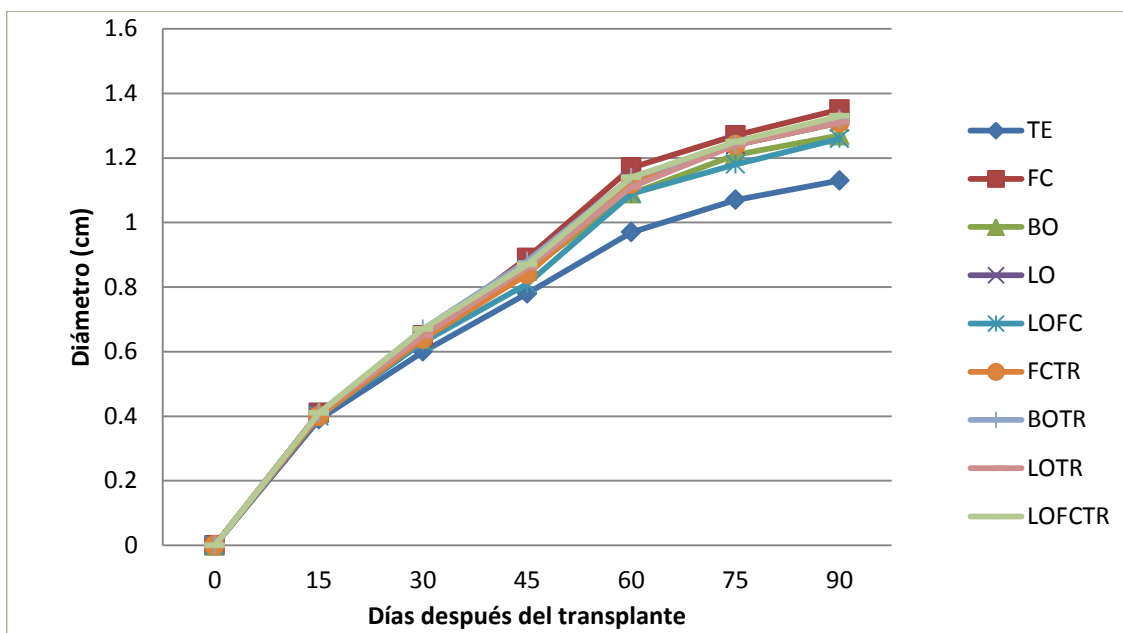
cm, y lombricomposta con *Trichoderma* spp que alcanzó un diámetro de 1.31 cm, los cuales superaron estadísticamente al testigo (1.13 cm). No fue así, con los tratamientos de bocashi y la mezcla de fibra de coco con lombricomposta, ya que no superaron estadísticamente al testigo (**Cuadro 9 y Fig. 7**).

Cuadro 9. Comparación de medias de diámetro (cm) de tallo de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.

Tratamiento	15 ddt	30 ddt	45 ddt	60 ddt	75 ddt	90 ddt
TE	0.39 a	0.60 a	0.78 a	0.97 b	1.07 b	1.13 b
FC	0.41 a	0.65 a	0.89 a	1.17 a	1.27 a	1.35 a
BO	0.41 a	0.64 a	0.85 a	1.09 ab	1.21 ab	1.27 ab
LO	0.41 a	0.64 a	0.86 a	1.13 ab	1.24 ab	1.31 a
LOFC	0.40 a	0.63 a	0.81 a	1.09 ab	1.18 ab	1.26 ab
FCTR	0.40 a	0.64 a	0.84 a	1.12 ab	1.24 ab	1.31 a
BOTR	0.41 a	0.67 a	0.88 a	1.14 ab	1.24 a	1.32 a
LOTR	0.41 a	0.65 a	0.86 a	1.11 ab	1.24 ab	1.31 a
LOFCTR	0.41 a	0.67 a	0.87 a	1.14 a	1.25 a	1.33 a

Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, ddt= días después del transplante.

El diámetro de tallo está relacionado con el rendimiento del cultivo, puesto que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema posibilita un mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos, por lo que un mayor diámetro incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento (Moorby, 1981; Ortega-Martínez *et al.*, 2010).



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 7. Diámetro promedio de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.

En este ensayo, con la mayoría de los tratamientos se obtuvieron valores de diámetro de tallo estadísticamente mayores al testigo, sin embargo, son valores bajos (1.26 a 1.35 cm a los 90 ddt) respecto a los obtenidos por Ortega-Martínez *et al.*, (2010) quienes reportan valores de diámetro de tallo de 1.8 cm a los 100 ddt en sustratos orgánicos de aserrín-composta y de 1.4 cm en sustrato de composta, así también, Zarate (2007), reporta valores de diámetro de tallo en producción hidropónica a la 13ª semana de 1.2 a 1.6 cm correspondiendo el valor más alto a la variedad 7705 en sustrato de fibra de coco. Estos valores bajos en diámetro del tallo se deben en gran medida a la baja radiación que se recibió durante el ciclo del cultivo, ya que, probablemente se presentaron más días nublados en comparación a días despejados y se puede constatar en el incremento en la humedad relativa que se describe en el presente ensayo, puesto que se sabe que

luminosidades bajas dan lugar a tallos delgados y débiles con mayor proporción de tejido parenquimatoso. Además, una mayor área de parénquima, puede implicar mayor reserva de asimilados, lo que en condiciones restrictivas, por algún tipo de estrés como es alta densidad o área foliar excesiva, puede conducir a que estas reservas sean parcialmente removilizadas a los frutos en crecimiento (Moorby, 1981, Ortega-Martínez *et al.*, 2010), esta aseveración puede ser constatada con los valores de diámetro que reportan Sánchez del Castillo *et al.*, (2009) en jitomate hidropónico con altas densidades de plantación, que varían dichos valores entre 1.22 y 1.27 cm registrados a los 90 ddt, siendo estos menores a los reportados en el presente trabajo.

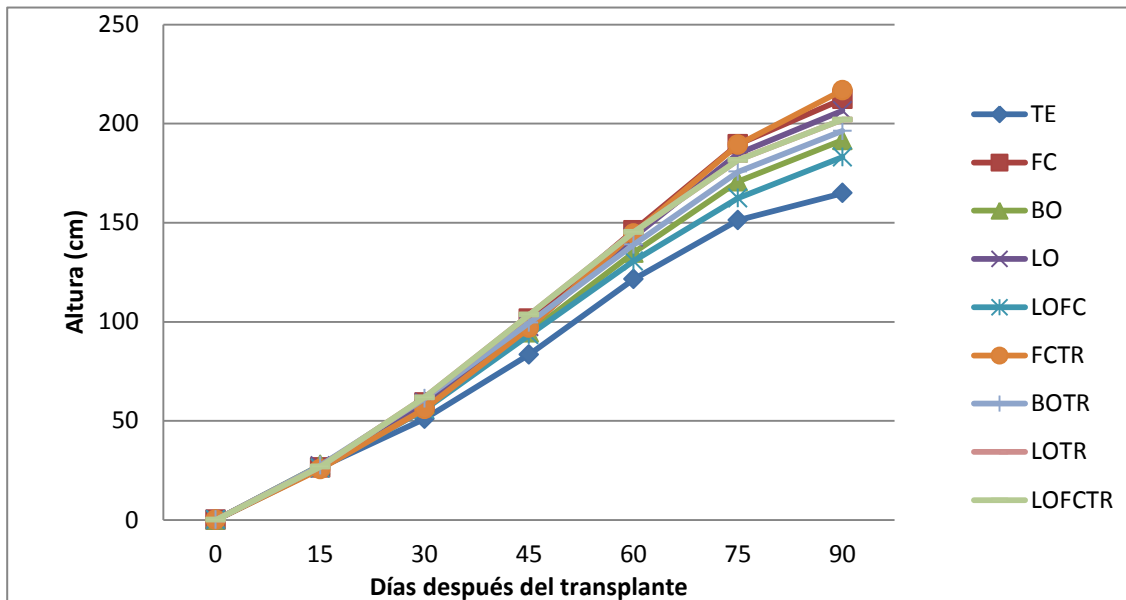
7.2.1.2. Altura de Planta

Cuadro 10. Comparación de medias de altura (cm) de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.

Tratamiento	15 ddt	30 ddt	45 ddt	60 ddt	75 ddt	90 ddt
TE	26.4 a	51.0 a	83.4 a	121.5 a	151.3 b	164.9 b
FC	26.4 a	59.1 a	101.4 a	146.0 a	189.5 a	212.4 ab
BO	27.6 a	58.4 a	94.6 a	134.8 a	170.8 ab	191.6 ab
LO	27.2 a	59.2 a	97.5 a	142.7 a	184.9 ab	206.5 ab
LOFC	26.0 a	55.7 a	93.4 a	130.6 a	162.4 ab	183.1 ab
FCTR	25.6 a	56.0 a	96.9 a	144.5 a	189.4 a	216.8 a
BOTR	27.5 a	61.2 a	99.5 a	138.9 a	175.7 ab	196.3 ab
LOTR	26.5 a	59.5 a	98.5 a	139.9 a	177.1 ab	196.7 ab
LOFCTR	26.8 a	61.8 a	103.5 a	145.2 a	181.6 ab	202.0 ab

Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, ddt= días después del transplante.

En referencia a la altura de la planta, dentro de los primeros 60 ddt no se hace evidente diferencia significativa entre tratamientos (**Cuadro 10**). A los 75 días presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) los tratamientos de Fibra de coco de 189.5 cm y fibra de coco con *Trichoderma* spp de 189.4 cm, superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) al testigo cuya altura fue de 164.9 cm, mientras los otros tratamientos aunque presentaron valores mayores al testigo, no lo superaron estadísticamente. A los 90 días el tratamiento de fibra de coco con *Trichoderma* spp presentó una altura de 216.8 cm con diferencia significativa ($p \leq 0.05$) sobre el testigo de 164.9 cm superándolo estadísticamente ($p \leq 0.05$), en cuanto a los otros tratamientos, si bien presentaron valores mayores al testigo, no destacaron estadísticamente (**Cuadro 10 y Fig. 8**).



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp.

Figura 8. Altura promedio de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.

Con respecto a la altura de la planta, Rodríguez *et al.*, (1998) menciona que una mayor altura da por consecuencia un mayor número de hojas y de clorofila. La

mejor altura a los 90 ddt, que arrojó el tratamiento de fibra de coco inoculado con *Trichoderma* spp (216.8 cm) por encima del tratamiento fibra de coco sin inocular (212.4 cm) se debe posiblemente a lo indicado por Santos y Diánez (2010), que el *Trichoderma* spp coloniza las raíces de las plantas favoreciendo el desarrollo tanto aéreo como radical e impide el ataque de fitopatógenos radiculares. Además, en algunas especies de *Trichoderma* spp se ha señalado su capacidad como estimuladoras de crecimiento en numerosos cultivos de hortalizas y plantas ornamentales (Benítez *et al.*, 2004).

Los resultados aquí obtenidos concuerdan con los reportados por autores como: Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009) quienes obtuvieron valores de altura de planta para dos genotipos de jitomate producido en diferentes abonos orgánicos, la altura para el genotipo Granitio varió entre 158 a 206 cm y para el genotipo Romina la altura se ubicó entre 170 y 180 cm ambos a los 90 ddt. También, Márquez-Hernández *et al.*, (2013) reportó valores de altura final de planta de jitomate de los genotipos Bosky con 174.8 a 202.8 cm y Big Beef con valores de 148.1 a 235.7 cm todos obtenidos con diferentes fuentes orgánicas de fertilización. Sin embargo, Ortega-Martínez *et al.*, (2010) reporta valores de altura mayores a los discutidos anteriormente con el genotipo Sun 7705 que varían entre 280 y 380 cm a los 100 ddt, esta diferencia, puede deberse a la aplicación de solución nutritiva para la fertilización del sistema a diferencia de la fertilización a base de extracto de lombricomposta utilizado en el presente experimento. Al respecto, cabe señalar que aunque existen contrastes en genotipo de jitomate con los diferentes autores, todos ellos aplicaron en común abonos orgánicos como sustrato o como enmienda.

7.2.1.3. Número de Hojas

El número de hojas presentó un desarrollo homogéneo dentro de los 75 días (**Cuadro 11 y Fig. 9**), sin embargo a los 90 ddt, el tratamiento de fibra de coco con 23.3 hojas presentó diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) sobre los tratamientos de lombricomposta mas fibra de coco de 20.2 hojas y el testigo con 20.3 hojas. Los otros tratamientos pese a que mostraron valores mayores a los

tratamientos de lombricomposta más fibra de coco y testigo, no mostraron contundencia estadística (**Cuadro 11**).

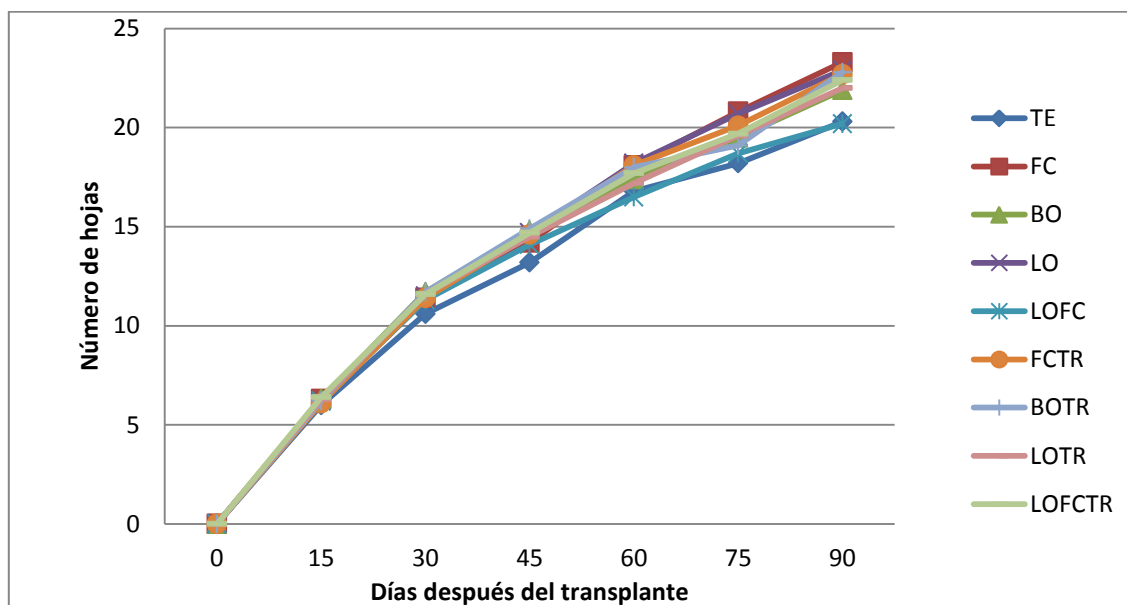
Cuadro 11. Comparación de medias de número de hojas de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México.

Tratamiento	15 ddt	30 ddt	45 ddt	60 ddt	75 ddt	90 ddt
TE	6.0 a	10.6 b	13.2 b	16.8 a	18.2 a	20.3 b
FC	6.3 a	11.4 a	14.2 ab	18.1 a	20.8 a	23.3 a
BO	6.3 a	11.7 a	14.8 a	17.4 a	19.5 a	21.9 ab
LO	6.2 a	11.5 a	14.7 a	18.2 a	20.7 a	22.9 ab
LOFC	6.2 a	11.3 a	14.1 ab	16.5 a	18.7 a	20.2 b
FCTR	6.1 a	11.4 a	14.6 ab	18.1 a	20.1 a	22.7 ab
BOTR	6.2 ^a	11.7 a	14.9 a	18.0 a	19.1 a	22.8 ab
LOTR	6.3 a	11.6 a	14.5 ab	17.2 a	19.6 a	22.0 ab
LOFCTR	6.4 a	11.6 a	14.7 a	17.7 a	19.7 a	22.4 ab

Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, ddt= días después del transplante.

A pesar de que la variable número de hojas, no es analizado en varias investigaciones como indicador del desarrollo del cultivo, es importante de acuerdo a las funciones que realiza, ejemplo de ello es que las hojas tienen la capacidad de asimilar sustancias nutritivas, por penetración, absorción y traslocación (Jaramillo *et al.*, 2012), además el incremento en número de hojas aumenta la fotosíntesis total, lo que redundará en aumento del peso de fruto y consecuentemente en rendimiento (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2009), para esta investigación la aportación nutrimental equilibrada del abono orgánico de fibra de coco (**Cuadro 1**), permitió tener el mayor número de hojas, ya que el aporte adecuado de nutrientes, especialmente de nitrógeno, se asocia con niveles

adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro *et al.*, 2004).



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 9. Número de hojas promedio de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.

7.2.2. Incidencia de enfermedades

La incidencia de enfermedades se determinó en dos momentos, i) la identificación de la enfermedad tanto en campo como en laboratorio una vez que se detectaban los síntomas en las plantas y ii) la correspondiente evaluación de la incidencia en cada uno de los tratamientos.

7.2.2.1. Identificación de enfermedades

La identificación se realizó por observación directa de síntomas en campo, y en laboratorio por aislamiento en medio de cultivo PDA y observación de estructuras reproductivas asexuales.

7.2.2.1.1. Identificación de enfermedades de suelo

Se observa el chancro pardo, húmedo, bien delimitado, ligeramente deprimido que se desarrolla sobre un solo lado del cuello y del tallo (Blancard, 2005) Además de identificar *Fusarium* spp, la enfermedad con origen en suelo con mayor incidencia fue *Phytophthora* spp, ambas enfermedades se identificaron a través de síntomas mediante observación directa en campo (**Fig. 10 y 11**), por aislamiento en PDA y observación de estructuras reproductivas asexuales como conidios, esporangios y micelio en microscopio compuesto en el laboratorio (**Fig. 12**).



Figura 10. Identificación de síntomas de *Fusarium* spp. Estrangulamiento de la base del tallo.



Figura 11. *Phytophthora* spp. Marchitez de la planta, pudrición de la raíz.



Figura 12. Aislamiento de enfermedades con origen en suelo.

7.2.2.1.2. Identificación de enfermedades aéreas

Las enfermedades aéreas que se identificaron fueron *Phytophthora* spp. y *Alternaria* spp. De acuerdo a los síntomas identificados por observación directa en campo, las enfermedades posiblemente corresponden a las especies *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* (**Fig. 13 y 14**). En laboratorio se pudieron identificar a través del microscopio compuesto las estructuras reproductivas asexuales como esporangios, micelio y conidios que corresponden a *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* respectivamente (**Fig. 15**).



Figura 13. *Phytophthora* spp. Posible *P. infestans*): Tizón tardío: Pudrición de raíz, tallos, hojas y frutos



Figura 14. *Alternaria spp.*: Tizón temprano: *Manchas con anillos concéntricos*

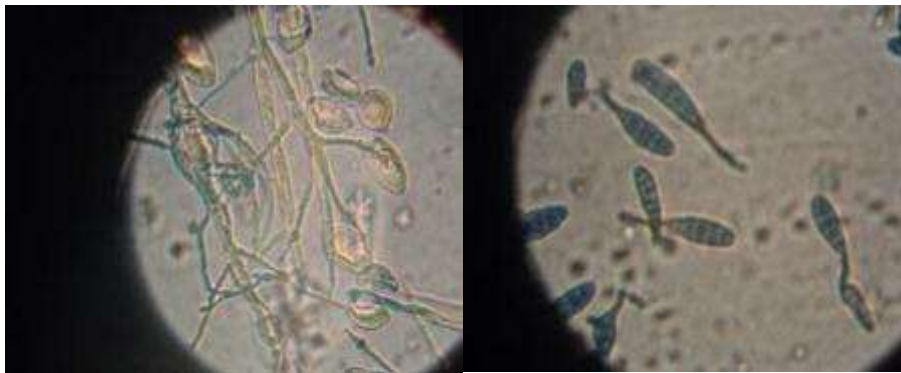


Figura 15. Identificación de esporangios y conidios de *Phytophthora spp* y *Alternaria spp.*

7.2.2.2. Porcentaje de Incidencia de enfermedades

La incidencia de enfermedades con origen en suelo se determinó obteniendo el porcentaje de plantas enfermas con respecto al total de plantas de cada uno de los tratamientos.

7.2.2.2.1. Porcentaje de Incidencia de enfermedades con origen en el suelo

Los resultados de incidencia de enfermedades con origen en suelo mostraron diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos después de los 120 ddt (**Cuadro 12**), los valores más bajos de incidencia se presentaron en los tratamientos de fibra de coco con *Trichoderma spp* con un

valor de 1.25%, bocashi con *Trichoderma* spp de 2.55% y fibra de coco de 3.75%, contrastados con los valores más elevados de incidencia que correspondieron a los tratamientos de testigo que alcanzó 12.5%, lombricomposta mas fibra de coco de 11.25% y lombricomposta con 8.75%, significando una diferencia de incidencia entre el valor mayor y menor de 11.25% (**Cuadro 12 y Fig. 16**).

Cuadro 12. Comparación de medias de porcentaje de incidencia de enfermedad con origen en el en suelo de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atepan, Puebla, México.

Tratamiento	46 ddt	62 ddt	76 ddt	92 ddt	107 ddt	124 ddt
TE	0 a	2.50 a	5.00 a	6.25 a	8.75 a	12.50 f
FC	0 a	0 a	1.25 a	1.25 a	3.75 a	3.75 b
BO	0 a	0 a	1.25 a	1.25 a	2.50 a	5.00 c
LO	0 a	1.25 a	3.75 a	3.75 a	8.75 a	8.75 e
LOFC	0 a	3.75 a	5.00 a	5.00 a	10.00 a	11.25 f
FCTR	0 a	0 a	0 a	0	1.25 a	1.25 a
BOTR	0 a	0 a	1.25 a	1.25	1.25 a	2.50 a
LOTR	0 a	0 a	1.25 a	5.00 a	5.00 a	5.00 c
LOFCTR	2.5 a	2.50 a	2.50 a	2.50 a	3.75 a	6.25 d

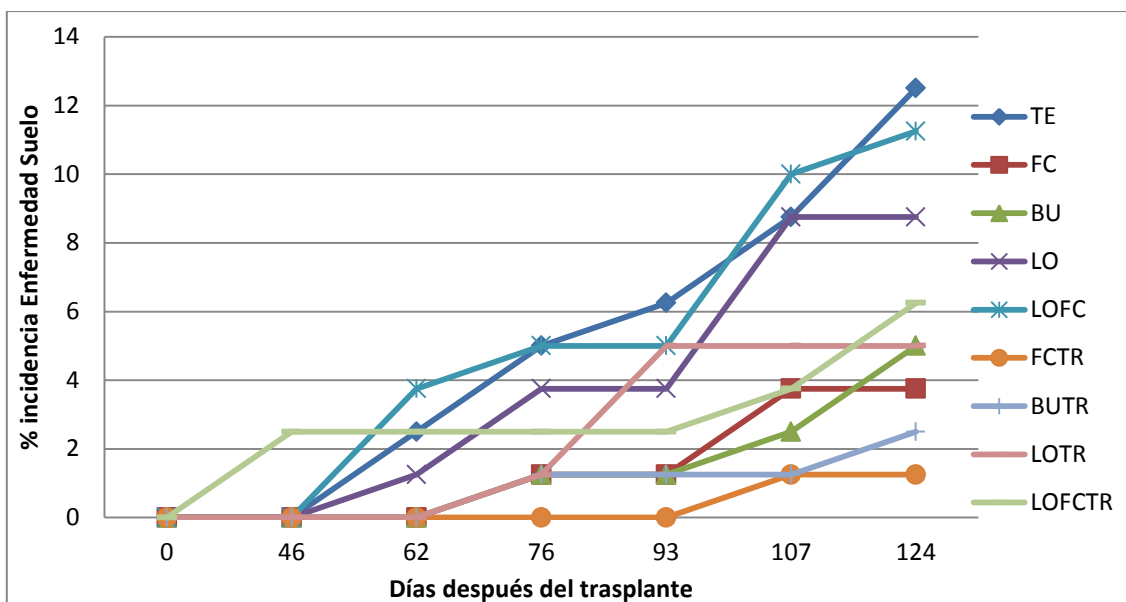
Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, ddt= días después del transplante.

Está claro, que la mayor incidencia de enfermedad con origen en suelo a los 124 ddt se tuvo en el testigo (12.5%), tratamiento que no se le aplicó ningún abono orgánico. El tratamiento que conforma la mezcla de lombricomposta y fibra de coco (11.25%), al parecer generó un ambiente antagónico en la combinación de las propiedades de los abonos, puesto que además de ser el tratamiento que más incidencia de enfermedad presentó dentro del grupo de los abonos orgánicos,

también arrojó los valores más bajos en las variables de desarrollo del cultivo y en rendimiento. Con respecto al abono de lombricomposta presento incidencia de enfermedad elevada (8.75%), a pesar de que recientemente se ha demostrado que la lombricomposta puede tener efectos notables en la supresión de patógenos vegetales que producen podredumbre y necrosis radicular en plantas de cultivo (Dominguez *et al.*, 2010), sin embargo, Lores *et al.* (2006) demostraron que, en función de la especie de lombriz empleada y del material orgánico de origen, las comunidades microbianas originadas tras el proceso de lombricompostaje eran diferentes, lo que podría implicar distintas capacidades para la supresión de enfermedades, por lo que en este trabajo la capacidad de supresión de la lombricomposta utilizada fue baja.

En contraste, el abono de fibra de coco mostró menor incidencia de enfermedades, en primer lugar es significativo atribuir esta propiedad a su contenido de sustancias ligno-celulósicas; esto es, porque se ha evidenciado que especies de hongos benéficos como *Trichoderma* spp, *Penicillium* spp y *Actinomicetos* (bacterias filamentosas benéficas) han mostrado supresión contra *Phytophthora* spp, *Rhizoctonia* spp and *Fusarium* spp, dichos hongos benéficos colonizan al material orgánico dependiendo de la composición de la materia orgánica, para el caso de *Trichoderma* spp coloniza al material orgánico rico en sustancias ligno-celulósicas (fibra de coco), mientras *Penicillium* spp coloniza al material orgánico bajo en celulosa pero alto en azúcares (lombricomposta y bocashi) (Recycled Organics Unit, 2006). Dato muy importante, ya que está demostrado, que las propiedades de supresión a enfermedades tardan más de tres años con materiales orgánicos o compostas que presentan altos contenidos de celulosa y lignina (desechos de madera y fibra de coco), a diferencia de aquellas que son productos alto en azúcares que tardan entre seis y doce meses (Recycled Organics Unit, 2006). Por todo lo comentado, además de la inoculación de *Trichoderma* spp al abono orgánico de fibra de coco, hizo del tratamiento fibra de coco con *Trichoderma* spp el que menor incidencia de enfermedad presentara en esta investigación con un valor de 1.25% (**Cuadro 12 y Fig. 16**). Así mismo, el *Trichoderma* spp como agente biocontrol de enfermedades con origen en el suelo

se debe a su elevada capacidad reproductiva, habilidad de sobrevivir bajo condiciones desfavorables, eficiencia en la utilización de nutrientes, capacidad de modificar la rizosfera, fuerte agresividad frente a hongos fitopatógenos, y elevada eficiencia en la promoción del crecimiento de las plantas y estimulación de los mecanismos de defensa de las mismas. Estas propiedades hacen de *Trichoderma* spp un género muy ubicuo presente en la mayoría de los hábitats, con altas densidades de población (García y Santamarina, 2005), situación que se reflejó en el presente trabajo, ya que todos los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp, presentaron incidencia de enfermedad menor con respecto a su correspondiente tratamiento sin inocular.



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 16. Incidencia de enfermedad con origen en suelo de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempan, Puebla, México. Año 2013.

Los resultados expuestos en el presente trabajo, nos permite observar el efecto diferente que tienen los abonos orgánicos en la incidencia de enfermedades con origen en suelo, pues estos, además de desempeñar una función importante en la fertilidad del ente natural, generan una potencialidad para controlar poblaciones de patógenos con origen en el suelo (Hadar y Mandelbaum, 1992; Hoitink *et al.*, 1991, Rodríguez, 2004), permitiendo aseverar, que la optimización de los agroecosistemas pueden ser alcanzado a través del mejoramiento de la fertilidad del suelo (Altieri y Nicholls, 2008; Bautista, *et al.*, 2010). Puesto que la aportación de abonos orgánicos incrementa la materia orgánica y la conservación de la biodiversidad del suelo, garantizando la fertilidad y salud del mismo, se hace evidente una alternativa de manejo agroecológico óptimo de fitopatógenos con origen en suelo del agroecosistema jitomate.

7.2.2.2. Porcentaje de Incidencia de enfermedades aéreas

En relación a la incidencia de enfermedades aéreas, a pesar que los resultados son iguales estadísticamente ($p \leq 0.05$), existe una diferencia del 10% entre la mayor y menor incidencia (**Cuadro 13 y Fig. 17**). Los valores más bajos corresponden a los tratamientos de lombricomposta mas fibra de coco y *Trichoderma* spp con 81.25% y fibra de coco y *Trichoderma* spp con 82.5%, en comparación a los valores de incidencia más altos que son para el testigo que alcanzó 91.25%, lombricomposta y *Trichoderma* spp, bocashi y *Trichoderma* spp, y lombricomposta mas fibra de coco, estos tres últimos con una incidencia de enfermedad aérea del 90% (**Cuadro 13 y Fig. 17**). Pocos estudios han investigado la influencia de las enmiendas orgánicas en el suelo, sobre patógenos que causan enfermedades del follaje, tallo, flores y frutos; aunque se sabe que los abonos o compostas orgánicas inducen resistencia sistémica, lo cual, puede reducir la severidad de enfermedades foliares en algunas plantas (Abbasi *et al.*, 2002).

Estos mismos autores, encontraron que en producción de jitomate, la aplicación de compostas orgánicas al suelo redujo la incidencia de mancha bacteriana en frutos en 28-33%, aunque incrementó la severidad de enfermedad foliar. También Mendoza-Netzahual *et al.* (2003) quienes trabajaron con diferentes abonos

orgánicos aplicados al suelo en el cultivo de jitomate, reportaron que los tratamientos con base en lombricomposta fueron los más afectados por *Alternaria solani* y por virus.

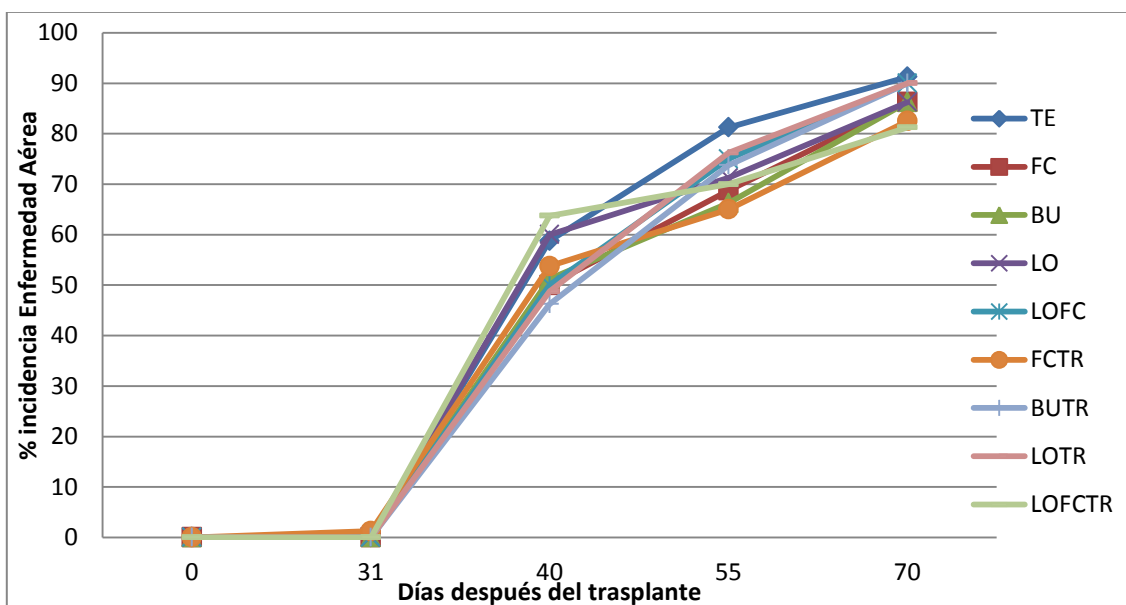
Cuadro 13. Comparación de medias de porcentaje de incidencia de enfermedad aérea de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México. 2013.

Tratamiento	31 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
TE	0 a	58.75 a	81.25 a	91.25 a
FC	0 a	50 a	68.75 a	86.25 a
BO	0 a	51.25 a	66.25 a	86.25 a
LO	0 a	60 a	71.25 a	86.25 a
LOFC	0 a	50 a	75 a	90 a
FCTR	1.25 a	53.75 a	65 a	82.5 a
BOTR	0 a	46.25 a	73.75 a	90 a
LOTR	0 a	48.75 a	76.25 a	90 a
LOFCTR	0 a	63.75 a	70 a	81.25 a

Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp, ddt= días después del transplante.

Los resultados obtenidos en incidencia de enfermedades aéreas, nos permite observar ligeros indicios que indiquen la influencia de los diferentes abonos orgánicos, puesto que en esta variable el tratamiento de fibra de coco más lombricomposta con *Trichoderma* spp fue el que mostró menor incidencia de enfermedad aérea, sin embargo, no sobresalió en las variables de desarrollo de cultivo y rendimiento. No obstante, aunque los resultados obtenidos en este trabajo, señalan al tratamiento de lombricomposta y *Trichoderma* spp como uno de

los que más incidencia de enfermedades aéreas presentó después del testigo (Cuadro 13 y Fig. 17), también es uno de los tratamientos que mostró mejor recuperación, ya que el tratamiento de lombricomposta y *Trichoderma* spp en este trabajo fue el segundo mejor valor en rendimiento (Cuadro 15 y Fig. 19).



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 17. Incidencia de enfermedad aérea de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.

7.2.3. Correlación Humedad relativa (HR) - Temperatura (T°) - Incidencia de enfermedades

Los factores ambientales inciden directamente en la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo de jitomate, sobre todo las enfermedades causadas por fitopatógenos como hongos, bacterias y virus, que afectan la capacidad de desarrollo del cultivo (Agrios, 2005, Jaramillo *et al.*, 2007), por lo que es muy importante conocer el comportamiento de estos factores.

7.2.3.1. Comportamiento Temperatura

La temperatura presentó homogeneidad en casi todo el ciclo del cultivo, es decir sólo en muy pocos casos alcanzó máximos y mínimos extremos, la temperatura máxima fluctuó alrededor de los 20 °C, la media alrededor de los 15 °C y la temperatura mínima fluctuó entre los 11 °C (**Fig. 18**). El comportamiento de la temperatura indica que durante el ciclo del cultivo se presentaron temperaturas bajas, incluso menores a la media anual de la región que alcanza hasta los 18 °C, y que de acuerdo a los resultados presentados en muy pocos casos se alcanzó dicha temperatura.

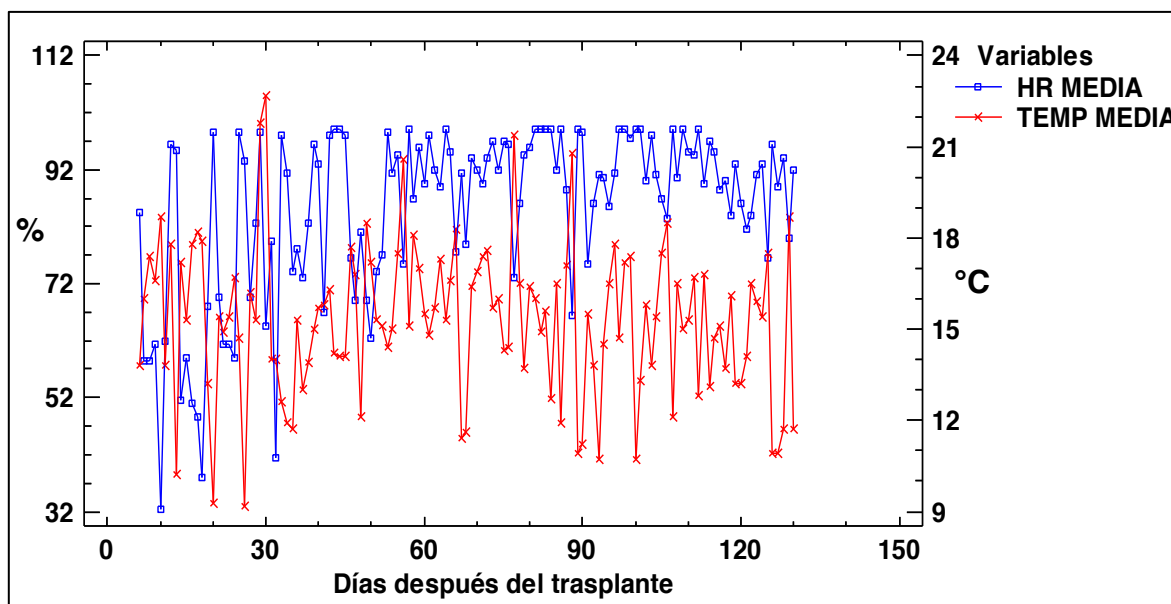


Figura 18. Comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa media en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) establecido en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.

Estos datos indican la baja radiación que se recibió durante el ciclo del cultivo, por lo que probablemente se presentaron más días nublados en comparación a días despejados y por ende un incremento en la humedad relativa. La temperatura óptima de desarrollo del jitomate se sitúa en 23°C durante el día y entre 13-17°C durante la noche (Lucero-Flores *et al.*, 2012; Jaramillo *et al.*, 2012), situación que

tampoco se alcanzó, por lo que los niveles de radiación diaria óptima para la floración y cuajado no se lograron, lo que indica que el cultivo no alcanzó el máximo potencial.

7.2.3.2. Comportamiento humedad relativa

Los datos de humedad relativa al inicio del ciclo del cultivo mostraron valores por debajo del 80%, sin embargo, después de los 30 ddt, prácticamente la humedad relativa máxima alcanzó al 100% (**Fig. 18**), ubicando a la humedad relativa media por encima del 90%, y en muy pocos sucesos ésta se ubicó por abajo del 80%.

La humedad relativa para el desarrollo óptimo del jitomate bajo invernadero oscila entre un 60 y 80% (Lucero-Flores *et al.*, 2012; Jaramillo *et al.*, 2012); por lo que, los datos sugieren que dentro del invernadero se presentaron condiciones de alta humedad relativa, lo que posiblemente tuvo un efecto negativo en la incidencia de enfermedades y en el desarrollo del cultivo de jitomate.

7.2.3.3. Correlación de temperatura y humedad relativa con la incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea

La humedad relativa dentro del invernadero interviene en varios procesos, como, el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el aumento o disminución de la transpiración, el crecimiento de los tejidos, la viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades y plagas, cuanto más húmedo esté el ambiente, menos posibilidades existen de aumentar la evaporación y transpiración de las plantas, a no ser que aumente la temperatura del ambiente, por lo que, a mayor temperatura dentro del invernadero, menor humedad relativa; a menor humedad relativa mayor temperatura (Bastida, 2006), efecto que se confirma al observar el valor (negativo) de correlación entre ambas variables, en el que existe una relación lineal inversa (**Cuadro 14**). Definitivamente, las bajas temperaturas y la alta concentración de la humedad relativa dentro del invernadero influyen negativamente en la producción, puesto que, las altas concentraciones de humedad relativa (80-100%) y humedad en el suelo, hacen susceptible al jitomate al ataque de fitopatógenos como

hongos principalmente, así como bacterias y virus, que afectan el desarrollo óptimo del cultivo (Agrios, 2005, Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuadro 14. Correlaciones de humedad relativa y temperatura con la incidencia de enfermedad con origen en suelo y aérea de plantas de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempan, Puebla, México. 2013.

Tratamiento	HR media vs Enfermedad suelo	HR media vs Enfermedad aérea	T° media vs Enfermedad suelo	T° media vs Enfermedad aérea	HR media
TE	0.3136 **	0.9095 *	-0.2713 **	0.9704 *	
FC	0.1161 **	0.8831 *	-0.0181 **	0.9550 *	
BU	0.0916 **	0.8818 *	-0.2256 **	0.9456 *	
LO	0.2208 **	0.9114 *	-0.0640 **	0.9484 *	
LOFC	0.2798 **	0.8816 *	-0.1114 **	0.9653 *	
FCTR	-0.1746 **	0.8935 *	0.1770 **	0.9448 *	
BOTR	0.3610 **	0.8675 **	-0.4060 **	0.9636 *	
LOTR	0.3627 **	0.8793 *	-0.3410 **	0.9689 *	
LOFCTR	-0.0127 **	0.9277 *	0.0007 **	0.9409 *	
T° media					-0.3548*

** No significativo, * Significativo con $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp.

Y en este trabajo se pudo constatar, como la concentración de la humedad relativa presenta una relación lineal positiva con la incidencia de enfermedad aérea, no siendo así con la incidencia de enfermedad con origen en suelo, cuya correlación es mínima y además no es estadísticamente significativa (**Cuadro 14**); por lo que, la alta concentración de humedad relativa condicionó la incidencia de enfermedades áreas, sin presentar un efecto claro sobre las enfermedades con origen en suelo en el cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero.

Aunque León (2006), señala que para la mayoría de las condiciones del invernadero, por cada incremento de la temperatura de un grado Celsius, la humedad relativa caerá 4 a 6%, lo inverso también es correcto; en este trabajo, se pudo observar que esta afirmación es cierta sólo cuando la temperatura media sube por arriba de los 17 °C (**Fig. 18**), que es cuando se observa una disminución de la humedad relativa, por abajo del 80%. Como la temperatura media osciló entre los 15 °C y el incremento de la misma no alcanzó más allá de los 18 °C (salvo en muy pocos eventos), no se observó un descenso de la humedad relativa por lo que la correlación de la temperatura con las enfermedades aéreas mostro una relación lineal positiva significativa y aunque las enfermedades con origen en suelo mostraron una relación lineal negativa en la mayoría de los abonos, esta no fue significativa; pudiendo observar un efecto no claro de la temperatura sobre las enfermedades con origen en suelo en los diferentes tratamientos. Lo que sugiere la correlación de información de la humedad relativa, temperatura y la incidencia de enfermedades en el presente experimento, que si se mantiene la temperatura media por arriba de los 17 °C, la humedad relativa se mantendrá por debajo del 80% y por lo tanto se reduce la incidencia de enfermedades aéreas y probablemente las enfermedades de suelo.

7.2.4. Rendimiento del cultivo de jitomate

Los datos de rendimiento del cultivo de jitomate arrojaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), manteniendo un mismo comportamiento para las diferentes unidades como kg planta^{-1} , kg m^{-2} y t ha^{-1} (**Cuadro 15**). El tratamiento de fibra de coco con un valor de 93.08 t ha^{-1} superó estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los tratamientos de Testigo con 60.44 t ha^{-1} y lombricomposta mas fibra de coco de 70.22 t ha^{-1} . Asimismo, los tratamiento de Lombricomposta con *Trichoderma* spp que resultó de 86.72 t ha^{-1} y fibra de coco con *Trichoderma* spp de 83.82 t ha^{-1} superaron estadísticamente ($p \leq 0.05$) al testigo, sin embargo, los demás tratamientos aunque presentaron valores mayores no mostraron diferencia estadística con éste último (**Cuadro 15 y Fig. 19**).

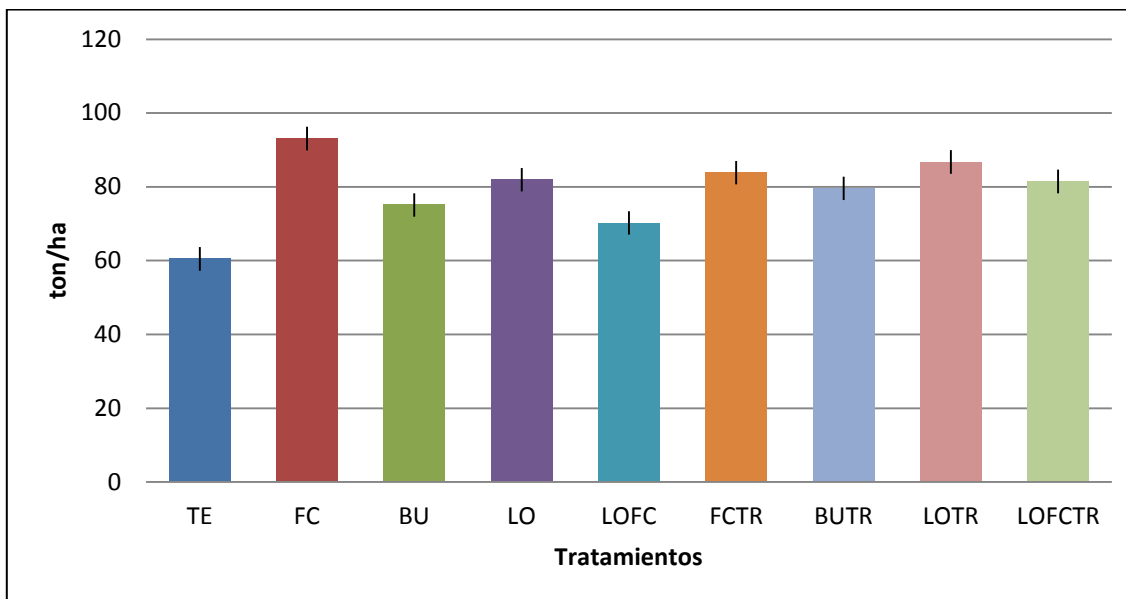
Cuadro 15. Comparación de medias de rendimiento de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempán, Puebla, México.

Tratamiento	Kg planta ⁻¹	Kg m ⁻²	T ha ⁻¹
TE	1.04 c	6.04 c	60.44 c
FC	1.60 a	9.28 a	93.08 a
BO	1.30 abc	7.50 abc	75.08 abc
LO	1.41 abc	8.18 abc	81.94 abc
LOFC	1.21 bc	7.02 bc	70.22 bc
FCTR	1.44 ab	8.38 ab	83.82 ab
BOTR	1.37 abc	7.96 abc	79.58 abc
LOTR	1.50 ab	8.68 ab	86.72ab
LOFCTR	1.41 abc	8.14 abc	81.46 abc

Medias con la misma letra dentro de columnas y fechas de muestreo son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp.

Es importante observar, que las características nutrimentales diferentes de los abonos orgánicos, provocaron rendimientos diferentes, y ya que el abono de fibra de coco presentó un mejor balance nutrimental (**Cuadro 1**), por consecuencia, presentó los mejores valores de las variables de desarrollo del cultivo y de rendimiento (93.08 t ha^{-1}), superando hasta por 35% al testigo y por 7% al tratamiento más próximo de Lombricomposta y *Trichoderma* spp. El alto contenido de materia orgánica y mejor proporción de nitrógeno del abono de lombricomposta, fueron las propiedades posibles para superar tanto en valor de las variables de desarrollo del cultivo como en rendimiento al bocashi y a la mezcla lombricomposta-fibra de coco, esta última, mostro propiedades antagónicas ya que la mezcla no arrojó datos sobresalientes además de ser uno de los tratamientos que más incidencia de enfermedad presentó, dando lugar a no

recomendar la mezcla fibra de coco-lombricomposta (50-50%), puesto que sólo superó en rendimiento al testigo en 10%.



TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp;

Figura 19. Rendimiento promedio del cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur, Atempán, Puebla, México. Año 2013.

También se pudo observar en todos los casos, a excepción del abono de fibra de coco, el efecto positivo que tuvo el antagonista *Trichoderma* spp sobre el rendimiento en los tratamientos inoculados con respecto a los tratamientos sin inocular, ventajas que se justifican, porque las especies del género *Trichoderma* spp, fortalecen el desarrollo de raíces permitiendo mejor absorción de nutrientes, pueden producir diversos metabolitos secundarios dentro de los que se encuentran algunas toxinas como la gliotoxina y hormonas de crecimiento como auxinas y giberelinas (Kleifeld y Chet, 1992; Ousley *et al.*, 1994). Eventos demostrados por Ousley *et al.*, (1994) quienes encontraron que algunas especies del género *Trichoderma* spp son capaces de incrementar el crecimiento de plantas de lechuga (*Latuca sativa* L.); asimismo, Gravel *et al.*, (2007) probaron la

capacidad de *Trichoderma* spp para promover el crecimiento de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Existen evidencias de otros trabajos, que reportan rendimientos más elevados en comparación a los obtenidos en este experimento, como es el caso de Rodríguez-Dimas *et al.* (2009), quienes obtuvieron rendimientos de 179 a 222.2 t ha⁻¹ en un sistema hidropónico donde utilizaron arena como sustrato y soluciones nutritivas orgánicas en genotipos de jitomate Rominia y Granitio. También, Ortega-Martínez *et al.*, (2010) reportan valores de rendimiento entre 73 y 250 t ha⁻¹ utilizando diferentes sustratos orgánicos fertilizados con solución nutritiva Steiner con el genotipo Sun 7705. Márquez-Hernández *et al.*, (2013), obtuvo promedios en rendimiento de 116.41 y 136.7 t ha⁻¹ con los genotipos Big beef y Bosky utilizando biocompostas con arena como sustrato y fertilizados con solución nutritiva Biomix (NPK). Los altos rendimientos de los tres trabajos antes mencionados se argumentan por la aportación continua de nutrimentos a las plantas en el sistema hidropónico; otro trabajo con características parecidas pero con la variante de haber utilizado los abonos orgánicos como enmiendas al suelo y solución nutritiva Bioagro aplicado en fertirriego, es el de Mendoza-Netzahual *et al.*, (2003), quienes reportan rendimientos entre 88.5 y 132.6 t ha⁻¹ con el genotipo DRW3410; haciendo la comparación con los reportados en este ensayo (93.08 t ha⁻¹), aún siguen siendo mayores, esta diferencia se puede atribuir al efecto de la aplicación de la solución nutritiva en cada riego, a diferencia de que en el presente trabajo la aplicación de la fertilización con extracto de lombricomposta se realizó cada 10 días durante todo el ciclo del cultivo. Los datos de rendimiento reportados por De la Cruz-Lázaro *et al.*, (2010) que varían entre 40.499 y 57.375 t ha⁻¹ (menores a los obtenidos en este trabajo) pueden constatar la aseveración antes señalada, ya que estos rendimientos se obtuvieron utilizando mezclas como sustrato de compostas y vermicompostas con arena, regadas a excepción del testigo únicamente con agua, por lo que la aportación de nutrientes se dio tan sólo con los sustratos orgánicos, acreditando así la diferencia en rendimiento, además de que las investigaciones se hicieron en condiciones ambientales totalmente distintas.

7.2.5. Análisis económico de la producción agroecológica de jitomate bajo condiciones de invernadero

El análisis económico sobre la producción agroecológica de jitomate bajo condiciones de invernadero a través de los indicadores de VAN, B/C, N/K y TIR se realizó en base a cuatro propuestas (**Cuadro 16 a y b**): 1) un rendimiento de 93 t ha⁻¹, 2) un rendimiento de 170 t ha⁻¹, 3) una propuesta de apoyo en la adquisición del invernadero por parte del gobierno del 70% y finalmente 4) una propuesta de apoyo para la adquisición del invernadero del 100%.

Cuadro 16a. Comparación de indicadores para la evaluación económica de la producción de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempan, Puebla, México.

Tratamiento	EL PRODUCTOR PAGA LA INVERSIÓN CON 93 t ha ⁻¹				EL PRODUCTOR PAGA LA INVERSIÓN CON 170 t ha ⁻¹			
	VAN	B/C	N/K	TIR	VAN	B/C	N/K	TIR
TE	-343,668.00	0.38	-0.08	68.25	30,758.04	1.06	1.13	4.06
FC	-246,766.00	0.56	0.00	139.33	16,111.43	1.03	1.07	2.27
BO	-307,305.34	0.46	0.00	80.64	17,087.87	1.03	1.07	2.40
LO	-280,931.67	0.50	0.08	96.14	20,017.19	1.04	1.08	2.77
LOFC	-322,938.15	0.43	-0.03	74.46	18,064.31	1.03	1.07	2.53
FCTR	-281,224.60	0.50	0.00	95.91	13,299.28	1.02	1.05	1.90
BOTR	-294,738.54	0.48	0.00	87.01	14,275.72	1.03	1.06	2.03
LOTR	-267,407.96	0.53	0.11	108.41	17,205.04	1.03	1.07	2.42
LOFCTR	-287,337.12	0.49	0.06	91.57	15,252.16	1.03	1.06	2.16

Fuente: elaboración propia, calculado con materia prima local. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp. VAN= Valor actual neto, B/C= relación beneficio-costo, N/K= relación beneficio-inversión neta, TIR= tasa interna de retorno.

El tamaño del invernadero considerando fue de 1000 m² y una vida útil del proyecto de 5 años para dicho fin, en donde el sustrato con mejor valor de indicadores en el análisis económico concernió a la producción con abono de fibra

de coco correspondiendo a la propuesta cuatro, en el que se propone el apoyo del gobierno del 100% para la adquisición del invernadero (**Cuadro 16b**).

Cuadro 16b. Comparación de indicadores para la evaluación económica de la producción de jitomate en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero en Cala-Sur Atempan, Puebla, México.

Tratamiento	APOYO DEL GOBIERNO DEL 70% CON 93 t ha ⁻¹				APOYO DEL GOBIERNO DEL 100% CON 93 t ha ⁻¹			
	VAN	B/C	N/K	TIR	VAN	B/C	N/K	TIR
TE	-135334.66	0.60	-0.25	56.07	-46048.95	0.82	-1.39	35.71
FC	-38432.66	0.89	0.57	-45.16	50853.05	1.19	111.41	25.75
BO	-98972.00	0.72	0.02	83.28	-9686.29	0.96	0.18	149.86
LO	-72598.33	0.79	0.24	242.05	16687.38	1.06	3.57	20.25
LOFC	-114604.82	0.68	-0.10	66.82	-25319.11	0.90	-0.69	42.82
FCTR	-72891.26	0.80	0.24	235.29	16394.45	1.06	3.50	20.14
BOTR	-86405.21	0.76	0.12	112.94	2880.51	1.01	1.31	8.03
LOTR	-59074.63	0.83	0.36	-379.45	30211.09	1.11	9.07	23.61
LOFCTR	-79003.79	0.78	0.19	153.19	10281.93	1.04	2.32	16.91

Fuente: elaboración propia, calculado con materia prima local. TE= Suelo de la zona, FC= Fibra de coco, BO= Bocashi, LO= Lombricomposta, LOFC= Lombricomposta-Fibra de coco, FCTR= Fibra de coco-*Trichoderma* spp, BOTR= Bocashi-*Trichoderma* spp, LOTR= Lombricomposta-*Trichoderma* spp, LOFCTR= Lombricomposta-Fibra de coco-*Trichoderma* spp. VAN= Valor actual neto, B/C= relación beneficio-costo, N/K= relación beneficio-inversión neta, TIR= tasa interna de retorno.

a). El valor actual neto demuestra que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización o de descuento del 0.8 % no se tiene utilidad con un rendimiento de 93 t ha⁻¹, a menos que el rendimiento se incremente a 170 t ha⁻¹ se tendría utilidad desde \$13,299.28 hasta \$30,758.04 pesos (**Cuadro 16a**). Asimismo, si el gobierno apoyara financiando el proyecto con el costo del invernadero al 100%, se tendrían utilidades de \$10281.93 hasta \$50853.05 (**Cuadro 16b**), correspondiendo el valor más alto al tratamiento de FC, el cuál se obtuvo un rendimiento de 93 t ha⁻¹.

b). La relación beneficio-costo arroja valores menores de 1 para un rendimiento de 93 t ha⁻¹ y mayores a 1 para un rendimiento de 170 t ha⁻¹ (**Cuadro**

16a), lo que expresa que durante la vida útil del proyecto, a una tasa de actualización del 0.8%, se tendrán pérdidas si el rendimiento no se incrementa a más de 170 t ha⁻¹, y si se alcanzara éste último rendimiento, por cada peso invertido se obtendrán únicamente de 2 a 6 centavos de beneficio para los tratamientos respectivos. Y si el gobierno apoyara con la adquisición del 100% del invernadero, se tendrían beneficios de 1 hasta 19 centavos por cada peso invertido, siendo mayor FC. De acuerdo a estos resultados existe viabilidad y rentabilidad solamente si el gobierno apoya el financiamiento del invernadero al 100%, no es suficiente el financiamiento del 70% (**Cuadro 16b**).

c). Los valores de la relación beneficio-inversión neta para los tratamientos representan pérdidas para un rendimiento de 93 t ha⁻¹, valores menores a 1.2 con un rendimiento de 170 t ha⁻¹ (**Cuadro 16a**) y solamente son considerables si se apoya el financiamiento del invernadero al 100% (**Cuadro 16b**), indicando que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 0.8%, por cada peso invertido inicialmente se podrían obtener beneficios netos totales de \$0.18 pesos hasta de \$111 pesos si el gobierno financia el costo del invernadero al 100%. El resultado de este indicador cumple con el criterio formal de selección y evaluación de ser mayor que 1. Para los casos con valores de 0, representa pérdidas.

d). En referencia a la tasa interna de retorno, se presentan valores considerables sólo en el caso de que se financie el costo del invernadero al 100% con el tratamiento FC de 25.75, LOTR de 23.61, LO de 20.25 y FCTR con 20.14, significa que durante la vida útil del proyecto, con estos tratamientos se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad del 25.75%, 23.61%, 20.25%, y 20.14% para FC, LOTR, LO y FCTR respectivamente. Aunque los tratamientos de TE, BO, LOFC presentan valores mayores de TIR, esto es debido a su valores negativos del flujo de fondos, ya que al sustraer un valor negativo se convierte en positivo, lo que incrementa la TIR, por lo que en estos casos no existe rentabilidad.

Si se consideran en el cálculo de los gastos y beneficios el costo del invernadero (1000 m²) de \$300,000 pesos con un rendimiento de 93 t ha⁻¹, se requieren más

de 25 años para recuperar la inversión y empezar a tener utilidades, por lo que es necesario, para empezar a tener utilidades un rendimiento mínimo de 170 t ha^{-1} , aunque de esta forma las utilidades serían muy bajas para los 5 años.

El apoyo del gobierno del 70% para financiar un proyecto de producción de jitomate bajo invernadero con un rendimiento de 93 t ha^{-1} no sería suficiente para generar utilidades. Por lo que, para que los productores puedan generar resultados con un rendimiento de 93 t ha^{-1} que es el que se obtuvo en la presente investigación, es necesario que el gobierno los apoye al 100% en la adquisición del invernadero, los apoyos del 70% y 50% no benefician en nada al productor, únicamente se beneficia a la empresa de invernaderos.

VIII. CONCLUSIONES

8.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos

- Las plántulas sembradas en sustrato de lombricomposta superaron estadísticamente ($p \leq 0.05$) a las sembradas en sustratos de peat moss, fibra de coco y bocashi alcanzando a los 40 dds valores de diámetro de 0.28 cm, altura de 10.7 cm y un número de hojas de 3.7.
- El peso fresco y peso seco de plántulas sembradas en sustrato de lombricomposta, fue mayor estadísticamente ($p \leq 0.05$) al peso de las plántulas sembradas en sustratos de peat moss, fibra de coco y bocashi, alcanzado valores a los 40 dds de 1.4 g de peso fresco y 0.24 g de peso seco, lo que permitió que también sobresalieran estadísticamente ($p \leq 0.05$) en valores de índice de calidad de Dickson alcanzando un valor 0.039, lo que indica que se obtuvieron plántulas de mejor calidad al utilizar sustrato de lombricomposta.
- El análisis económico de la producción de plántula demuestra que durante una vida útil de proyecto de 5 años a una tasa de actualización o de descuento del 0.8 %, utilizando sustrato de lombricomposta (LO), se va a obtener una utilidad neta de \$120,212.60 pesos, una relación beneficio-costos que sugiere que por cada peso invertido se obtendrán \$0.29 pesos, una relación beneficio-inversión neta que indica que por cada peso invertido inicialmente se obtendrán beneficios netos totales de \$6.83 pesos, además, considerando la tasa interna de retorno se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad del 23.65%; por lo que, de acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación a través de éstos indicadores, el proyecto se determina como rentable.
- Los tratamientos con sustrato de lombricomposta a base de pulpa de café y cascara de nuez, es una alternativa ecológica y económica para productores de plántulas de jitomate, ya que provee propiedades físicas, químicas y biológicas que garantizan la calidad de la plántula a un precio bajo y con una considerable reducción o nula aplicación de fertilización complementaria.

8.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

- La aplicación al suelo de abono orgánico de fibra de coco para la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero, generó un mejor desarrollo de las plantas, superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a las desarrolladas en los abonos orgánicos de bocashi y lombricomposta, alcanzando a los 90 ddt valores de diámetro de 1.35 cm, altura de 212.4 cm y un número de hojas de 23.3.
- La inoculación de *Trichoderma* spp al abono orgánico de fibra de coco, permitió reducir la incidencia de enfermedades, generando los valores más bajos de 1.25% en enfermedad con origen en suelo y de 82.5% en enfermedad aérea. Observándose también en todos los casos, a excepción del abono de fibra de coco, el efecto positivo que tuvo el antagonista *Trichoderma* spp sobre el rendimiento en los tratamientos inoculados con respecto a los tratamientos sin inocular
- Las enfermedades aéreas presentan una relación directa significativa con el contenido de humedad relativa y la temperatura, no siendo así con las enfermedades de suelo, cuya relación no es significativa con respecto a las mismas variables. De acuerdo a ésta información en el presente experimento, si se mantiene la temperatura media por arriba de los 17 °C, la humedad relativa se mantendrá por debajo del 80% y por lo tanto se reduce la incidencia de enfermedades aéreas y probablemente las enfermedades de suelo.
- El análisis económico de la producción de jitomate, demuestra que durante una vida útil de proyecto de 5 años a una tasa de actualización o de descuento del 0.8 %, la rentabilidad de un proyecto con las características de producción de esta investigación, necesitaría por un lado incrementar al doble el rendimiento, o el apoyo de gobierno al 100% sobre la inversión en la adquisición del invernadero. De otra manera, se necesitarían más de 25 años para empezar a generar ganancias, lo que lo hace no rentable.
- El balance nutrimental del abono orgánico de fibra de coco, permitió obtener los mejores valores de las variables de desarrollo y de rendimiento del cultivo

de jitomate (93.08 t ha^{-1}), que al ser inoculado con *Trichoderma* spp, reduce la incidencia de enfermedad con origen en suelo (1.25%) y aérea (82.5%), evidenciando una alternativa de manejo agroecológico óptimo de fitopatógenos con origen en el suelo del agroecosistema jitomate.

IX. RECOMENDACIONES

- Prevenir la deficiencia de fósforo en plántula y en producción, complementando los abonos orgánicos con fertilizantes minerales en aproximadamente 200 ppm de fósforo. Ya que este es el elemento esencial que se presenta en menos porcentaje en los abonos orgánicos
- Prevenir altas incidencias del tizón tardío y tizón temprano eliminando fuentes de inóculo al inicio de las enfermedades, por medio de podas de saneamiento para evitar daños graves en el cultivo.
- Para una producción eficiente de jitomate bajo condiciones de invernadero se recomienda la inclusión de un sistema de calefacción, pues, el presente trabajo sugiere que si mantiene la temperatura media por arriba de los 17 °C, la humedad relativa se mantendrá por debajo del 80% y por lo tanto se reduce la incidencia de enfermedades aéreas y probablemente las enfermedades de suelo.
- Reducir los lapsos de fertilización de 10 días a 5 días para incrementar los rendimientos, aunque este representa un costo de producción mayor. Lo que podría estar en consideración del productor.
- Para una producción agroecológica de jitomate bajo condiciones de invernadero, es importante el compromiso de los agricultores tanto en disponibilidad de tiempo, como en trabajo, pues se debe tener conocimientos del suelo, del ambiente, de las variedades, de las plagas y enfermedades, es decir, debe conocer y manejar todo el agrosistema.
- Si el gobierno continúa con el desarrollo de proyectos de ésta índole, se recomienda el apoyo con la inversión al 100% en la adquisición del invernadero (de baja tecnología), asesoría calificada y además hasta donde sea posible el aseguramiento de la venta de la producción; de otra manera, los proyectos que se sigan poniendo en marcha, tenderían al fracaso.

X. LITERATURA CITADA

- Abad, M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Manual de cultivos sin suelo. M. Urrestarazu (ed). 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 137-185.
- Abad, M., Noguera, P. y Carrión, C. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 299-352.
- Abbasi, P. A., Al-Dahmani, J., Sahin, F., Hoitink, H. A. J. and Miller, S. A. 2002. Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant Disease* 86(2): 156-161.
- Adams, P. 2000. Aspectos del manejo de los diferentes sustratos, su comparación, elección y factores medioambientales a considerar, En: Manual de Cultivo sin Suelo. Urrestarazu G. M. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 255-261.
- Agrios, G. 2005. *Plant Pathology*. 5th Ed. Academic Press, San Diego. 952 p.
- Aira, M., Monroy, F. and Domínguez, J. 2007. Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science of the Total Environment*. 385: 252-261.
- Albert, L. A. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. *Revista de toxicología en línea*, 8:1-17.
- Altieri, M. A. 1987. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Altieri, M., and Nicholls, C. 2008. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología* 1: 29-36. Consultado de <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/18>

- Álvarez-Solís, J. D., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N. S., y Guillén-Velásquez, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana* 28(3): 239-245.
- Andrade N. y Valenzuela E. 2002. Aserrín de pino pre-tratado con cepas fúngicas como sustrato para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). *Agro Sur* 30(2): 28–34.
- Bastida, T. A. 2006. Manejo y operación de Invernaderos Agrícolas. UACH. México. 238 p.
- Bautista, C. J., García, R., Montes, R., Zavaleta E., Pérez, J., Ferrera, R., García, R. y Huerta, M. 2010. Disminución de la marchitez del chile por introducción de antagonistas en cultivos de rotación. *Interciencia* 35(9): 673-679.
- Bautista C. J., García, R., Pérez, J., Zavaleta, E., Montes, R. y Ferrera, R. 2008. Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo, un enfoque holístico al control biológico. *Interciencia* 33(2): 96-102.
- Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C. and Codón, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology* 7: 249-260.
- Blancard D. 2005. Enfermedades del tomate. Observar, identificar, luchar. Ed. Mundiprensa. México D. F. 177 p.
- Bracho, J. 2005. Caracterización de sustratos para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*) en bandejas. Trabajo presentado para optar al grado de Magister Scientiarum. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. 91 p.
- Burés, S.1997. Sustratos. Ed. Agrotécnicas S.L., Madrid, España. 341 p
- Capistrán, F., Aranda, E. y Romero, J. C. 1999. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, México. 151 p.

- Carmona, C. E. y Abad, M., 2008. Aplicación del compost en viveros y semilleros. En: Compostaje. Ed. Mundi-Prensa. Pp. 397-424.
- Carrasco, G. e Izquierdo, J. 2005. Manual técnico almaciguera flotante para la producción de almácigos hortícolas. 1ª ed. Talca. Editorial: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Castro, B. R., Galvis, S. A., Sánchezme, J. P., Peña, L. A., Sandoval, V. M. y Alcántara, G.G. 2004. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Revista Chapingo Serie Hortícola 10: 147-152.
- Chacón, W y Peraza, D. 2013. Respuesta de tres tipos de sustratos orgánicos en la emergencia y desarrollo de plántulas de chile dulce (*Capsicum annuum*), *Usulután 2010*. Tesis EngD, Universidad de El Salvador.
- Chaoui, H.; Zibilske, L. and Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 295-302.
- Conway, G. R. and McCracken, J. A. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis. En: Altieri MA, Hecht, SB (Eds.). *Agroecology and Small Farms Development*. CRC Press. Boston, USA. 234 p.
- De la Cruz-Lázaro E., Osorio-Osorio R., Martínez-Moreno E., Lozano del Río A. J., Gómez-Vázquez A. y Sánchez-Hernández R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- De Luna, V, A. y Vázquez, A, E. 2009. Elaboración de Abonos Orgánicos. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Pp 4-12
- Dickson, A., Leaf, A. L. and Horsen, J. F 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36(1): 10-13.

- Domínguez, J., Gómez-Brandón, M. y Lazcano, C. 2010. Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. *Acta Zoológica Mexicana serie nueva*(2): 373-383.
- Domínguez, J., Lazcano, C. y Gómez-Brandón, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana serie nueva*(2): 359-371.
- Elliot, E.T. and C. V. Cole. 1989. A perspective on agroecosystem science. *Ecology* 70 (6): 1597-1602.
- FAO. 2004. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Roma, 246 p.
- Félix-Herrán J. A., Sañudo R. R., Rojo G. E., Martínez R. y Olalde V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4(1): 57-67.
- Fernández-Herrera, E., Acosta-Ramos, M., Ponce-González, F. y Manuel-Pinto, V 2007. Manejo biológico de *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. y *Rhizoctonia solani* Kühn en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:35-42.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO-FAOSTAT. Trade. Consultado 31 de enero de 2012. [http:// faostat.fao.org/site/342/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx).
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T., Creamer, N., Harwood, S., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., Poincelot, R. 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *Sustainable Agriculture* 22:99–118
- M. 2002. Parámetros de calidad de los bio-abonos. Resumen de las Memorias del II Encuentro de Investigaciones en Agricultura Orgánica, Costa Rica, 3 p.
- García, E. 2004, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.

- García, E. R. y Valenzuela, U. G. 2009. Marchitez del tomate y pudrición de la corona y raíz. En: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Ed. Intagri, Celaya, Guanajuato, México.. 458 p.
- García, F., y Santamarina, J. 2005 “*Trichoderma*” mecanismos de control. Revista Profesional de Sanidad Vegetal. Pp. 106-107
- García-Gutiérrez, Cipriano; Rodríguez-Meza, Guadalupe Durga. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. Ra Ximhai, 8(3): 1-10.
- Gliessman, S. R. 1997. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. CRC Press, Boca Raton, 384 p
- González, H. 1996. “El Bocashi, un método para elaborar abonos orgánicos”. Plegable. Producción orgánica de alimentos (PROA). San José, Costa Rica.
- González S., J. C., Maruri G., J. M. y González A. A. 2005. Evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma* contra *Fusarium oxysporum* agente causal de la pudrición de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) en Tuxpan, Veracruz, México. Revista UDO Agrícola 5 (1): 45-47.
- Gravel, V., Antoun, H. and Tweddell, R.J. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of Indole Acetic Acid (IAA). Soil Biology & Biochemistry 39: 1968-1977.
- Guzmán, A., Borges L., Pinzón, L., Ruiz, E. y Zúñiga, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. Agronomía Mesoamericana 23(2): 247-257.
- Hadar Y. and Mandelbaum R. 1992 “Suppressive compost for biocontrol of soil borne plant pathogens”. Phytoparasitica, 20: 113–116.

- Hasna, M. K. 2007. Corky Root Disease Management in Organic tomato production—composts, Fungivorous Nematodes and Grower Participation. Doctoral Thesis.
- Hoitink, H.A.J. and Fahy, P. C. 1986. Basis for the control of soil borne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology* 24: 93-114.
- Hoitink, H.A.J. and Boehm, M.J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology* 37: 427-446.
- Hoitink, H. A. J., Inbar, Y. and Boehm, M. J. 1991. Status of compost-amended potting mixes naturally suppressive to soil borne diseases of floricultural crops. *Plant Disease* 75: 869-873.
- Huerta-Lara, M. 2000. Susceptibilidad de 10 variedades comerciales de caña de azúcar. *Saccharum officinarum*.
- Huerta-Lara, M; Bautista, J., Reyes, D., Romero, O., Ibáñez, A. y Franco, O. 2009. Manejo agroecológico de fitopatógenos con origen en el suelo. En: Manejo agroecológico de sistemas Vol I. Aragón G.A; M.A. Damián H. y López-Olguín J.F. (Eds.). México. Pp 203-221.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, I N E G I. Marco Geoestadístico Municipal 2010, versión 3.1.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata. M. y Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. FAO, Gobernación de Antioquia, Mana, Corpoica, Centro de Investigación La Selva. FAO. 314 p.
- Jaramillo, J. E., Sánchez, G. D., Rodríguez, V. P., Aguilar, P. A; Gil, L. F., Pinzón, L. M., García, M. C., Quevedo, D., Zapata, M. A., Restrepo, J. F. y Guzmán, M. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CORPOICA, 482 p.

- Jones, J. B. y Jiménez G. M. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Mundi–Prensa Libros. Madrid, España. 74p.
- Kleifeld, O., and Chet. I. 1992. *Trichoderma harzianum*. Interaction with plants and effects on growth response. Plant and Soil 144: 267-272
- Labrador, J. 2012. Avances en el conocimiento de la dinámica de la materia orgánica dentro de un contexto agroecológico. Agroecología, 7(1): 91-108. Consultado de <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/171051>.
- León, G. H. M. 2006. Manual para el cultivo de jitomate en invernadero. Ed. SEP–INDAUTOR. Segunda Edición. México, D. F. 263 p.
- León, T. 2010. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción En: Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. León, T y Altieri M. Eds. Pp 53 – 77.
- León, T. y Altieri, A. 2010. Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un programa latinoamericano de agroecología. En: Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. León, T y Altieri M. Eds. Pp 11- 52.
- Lobo M. A. y Jaramillo V. J. 1984. Tomate. En: Hortalizas Manual de asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Pp. 41-47.
- Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D., and Domínguez, J. 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biology & Biochemistry. 38: 2993-2996.
- Lucero-Flores, J. M., Sánchez-Verdugo, C. y Almendarez-Hernández, M. A. 2012. Inteligencia de mercado de tomate saladette. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 74 p.
- Magdaleno, J., Peña, A., Castro, R., Castillo, A., Galvis, A., Ramírez, F. y Becerra, P. 2006. Efecto de tres sustratos y dos colores de plástico en el desarrollo de

plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo. Serie Horticultura 12(2): 153-158.

Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos P., Figueroa-Viramontes U., Avila-Diaz J.A., Rodríguez-Dimas N. y García-Hernández J.L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Phyton* 82 (1): 55-61.

Medina L. A., Monsalve O. I. y Forero A. F. 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 4(1): 109-125.

Mendoza-Netzahual, H., Carrillo-Rodríguez, J. C., Perales-Segovia, C., y Ruiz-Vega, J. 2003. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica para tomate de invernadero en Oaxaca, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70: 30-35.

Moorby, J. 1981. *Transport systems in plants*. Lonman and technical. New York, EUA. 169 p.

Muñante, D. D. 2002. *Manual de formulación y evaluación de proyectos*. UACH, México. 168 p.

Nuez, F. 2001. *El Cultivo del Tomate*, 1ª Edición 1995, Reimpresión 2001, Ediciones Mundi-Prensa, España, Barcelona. 793 p.

Odum, E.P. 1996. *Ecology: bridging science and society*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.

Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B. A. y Manzo-Ramos, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai* 6(3): 339-346.

Ortega Martínez, L. D., Martínez Valenzuela, C., Huerta de la Peña, A., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E. & Jaramillo Villanueva, J. L. 2014. Uso y

manejo de plaguicidas en invernaderos de la región norte del estado de Puebla, México. *Acta Universitaria*, 24(3), 3-12.

Osorio-Hernández, R., Rodríguez-Herrera, P. y Hernández, F. 2009. *Trichoderma* spp, una alternativa para el control de hongos fitopatógenos. *Cienciaviva* 17: 18-20.

Ousley, M. A., Lynch, J. M. and Whipps, J. M. 1994. The effects of addition of *Trichoderma* inocula on flowering and shoot growth of bedding plants. *Scientia Horticulturae* 59: 147-155.

Peña, T. E., Rodríguez, A., Carrión, M. y González, R. 2005. Generalización del Humus de Lombriz en la producción de posturas en Cepellón para la Agricultura Urbana. En Inédito. Archivo. INIFAT. Disponible en: <http://www.ucf.edu.cu/URBES/Presentaciones/ElizabethPeña-Posturas/depepellón.ppt>.

Quesada, G. y Méndez, C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Revista Agronomía Mesoamericana* 16(2): 171-183.

Recycled Organics Unit. 2006. Compost use for pest and disease suppression in NSW. Recycled Organics Unit, internet publication: <http://www.recycledorganics.com>

Roberts, P., Jones, D.L. and Edwards-Jones, G. 2007. Yield and vitamin C content of tomatoes grown in vermicomposted wastes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 1957-1963.

Rodríguez, A. 2004. La Agricultura urbana en Cuba. Impactos económicos, sociales y productivos. *Revista Bimestre Cubana* 95(20): 115-137.

Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Favela-Chávez, E., Moreno-Reséndez, A., Márquez-Hernández, C., Ochoa-Martínez, E. y Preciado-Rangel, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana* 27 (4): 319-327

- Rodríguez, N., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J. D. y Santizo, J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16: 135-141.
- Romero A. O., Damián, M. A., Hernández, I., Parraguirre, C., Marquez, M. y Huerta, M. 2013. Evaluación económica de cascara de nuez como sustrato para producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en vivero. *Avances de Investigación Agropecuaria* 17(2): 23-40.
- SAGARPA. 2010. Monografía de cultivos. Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios, 10 p.
- Salas, M. C. y Urrestarazu, M. 2000. Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sin suelo. En: Manual de Cultivo sin Suelo. Urrestarazu G., M. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 185-253
- Santos M. y Diánez F. 2010. Los antagonistas microbianos en el manejo de micosis de la parte aérea de la planta. En: Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Prácticas culturales para una agricultura sostenible. Ed. Fundación Cajamar, Pp. 523-528.
- Sánchez-del Castillo, F. E., Moreno-Pérez, C. y Cruz-Arellanes, E. L. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 67-73.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Avance de siembras y cosechas al 28 de Febrero de 2011.
- SIAP-SAGARPA. 2013. Atlas agroalimentario 2013. www.siap.gob.mx
- Simmons, E. G. 2000. Alternaria themes and variations (244-286) species on Solanaceae. *Mycotaxon* 75: 1-115.
- Soriano, A., Aguiar, M.R. 1998. Estructura y funcionamiento de agroecosistemas. *Ciencia e Investigación*, 50:63-74.

- Toral, L. M. 1997. Concepto de la calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER. Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26 pp.
- Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Klironomos, J. N., Setälä, H., Van Der Putten, W.H. and Wall, D. H. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304: 1629-1633.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29:503–515.
- World Health Organization (WHO). 2009. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009. Stuttgart, Alemania: World Health Organization.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*. 112: 191-199.
- Zarate, B. 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero, tesis de maestría. C.I.D.I.R. Oaxaca, México.
- Zavaleta-Mejia, E. 2000. Alternativa de manejo de las enfermedades de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17: 201-207.
- Zeidan, O. 2005. Tomato production under protected conditions. Israel: Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. 99 p.
- Zinati, G. M. 2005. Compost in the 20th Century: A Tool Control Plant Disease in Nursery and Vegetables Crops. *Hort Technology* 15: 61-66

XI. ANEXOS

11.1. Producción de plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando diferentes sustratos orgánicos.

Anexo 1. Datos de germinación

Tratamiento	4 DDS	30 DDS
NO.	% Germinación	% Brotación
1	0	93
1	27	93
1	54	95
2	0	9.5
2	0	14.5
2	0	55.5
3	0	5.5
3	0	8
3	0	20.5
4	0	95
4	67.5	95
4	79.5	94.5
5	0	69.5
5	5.5	81.5
5	12	89.5
6	0	12.5
6	0	17
6	0	59.5
7	0	15
7	0	23.5
7	0	47.5
8	0	94
8	49.5	94
8	73	94.5
9	0	76
9	1.5	76.5
9	4	82.5

Anexo 2. Variables de desarrollo

Tratamiento	25 DDS			30 DDS			35 DDS			40 DDS		
	No.	D	H	No H	D2	H2	No H2	D3	H3	No H3	D4	H4
1	0.15	4.3	2	0.2	5.6	2	0.19	6.6	2	0.25	8.5	3
1	0.1	4.6	2	0.19	5.5	2	0.18	6.6	2	0.21	7.8	3
1	0.12	4.6	1	0.12	5.7	2	0.19	5.9	2	0.24	7	3
1	0.13	4	2	0.14	5.9	2	0.2	6.9	2	0.22	7.7	3
1	0.12	4	1	0.16	6	2	0.19	6.5	3	0.22	7.7	3
1	0.13	4.5	2	0.17	5.7	2	0.18	5.8	2	0.22	6.5	2
1	0.14	4.3	2	0.16	5.4	2	0.17	6.2	2	0.22	7	2
1	0.14	4.7	2	0.19	5.5	2	0.21	6.5	2	0.2	6.5	2
1	0.08	5	2	0.16	5.2	2	0.21	6.1	2	0.23	7.4	2
1	0.07	3.5	1	0.14	4.8	2	0.19	5.1	2	0.19	6.4	2
1	0.12	4.3	2	0.17	5.4	3	0.2	6	2	0.23	7.2	2
1	0.12	4.4	1	0.16	5.7	1	0.18	6.4	2	0.21	7.3	3
2	0.07	3.4	1	0.1	4.6	2	0.13	5.2	2	0.19	5.9	2
2	0.05	2.1	0	0.09	3	1	0.13	3.9	1	0.2	5	2
2	0.06	2.7	0	0.11	3.2	1	0.13	3.9	1	0.15	4.8	2
2	0.08	4.1	1	0.11	5.1	2	0.16	6	2	0.21	7.2	3
2	0.1	4.5	2	0.13	5.3	2	0.17	6.1	2	0.2	7	3
2	0.07	3.6	0	0.11	4.5	1	0.14	6	1	0.18	6.8	2
2	0.06	3.8	1	0.11	4.6	1	0.15	5.3	2	0.2	6.1	2
2	0.09	4	1	0.12	4.8	2	0.16	5.5	2	0.19	6.2	3
2	0.06	2.9	1	0.1	3.7	2	0.14	4.4	2	0.17	5.3	3
2	0.1	2.8	0	0.14	3.4	1	0.17	4.1	1	0.2	5	2
2	0.05	3.6	0	0.1	4.6	1	0.14	5.1	1	0.18	6	2
2	0.08	2.3	1	0.12	3.1	2	0.16	4	2	0.19	4.9	3
3	0.03	2.1	0	0.08	3.5	1	0.11	4.2	1	0.17	5.1	2
3	0.04	2.1	0	0.07	3.4	1	0.11	4.1	1	0.16	4.9	2
3	0.07	3.2	1	0.1	4	1	0.15	4.7	2	0.2	5.5	2
3	0.03	2	0	0.05	3.3	1	0.11	4	1	0.19	5.2	2
3	0.03	2.2	0	0.07	3.2	1	0.09	4	1	0.15	4.9	2
3	0.03	3	1	0.06	3.8	1	0.1	4.5	2	0.16	5.3	2
3	0.05	2.7	0	0.09	3.5	1	0.15	4.1	1	0.18	5	2
3	0.04	2.2	1	0.08	3.2	1	0.11	4.1	2	0.17	5.1	3
3	0.03	2.5	0	0.08	3.5	1	0.12	4.3	1	0.17	5.2	2
3	0.06	2.4	0	0.1	3.2	1	0.13	4.2	1	0.16	4.9	2
3	0.05	2.2	0	0.08	3.3	1	0.13	4.1	1	0.17	5	2

3	0.07	2.7	1	0.11	3.3	1	0.16	4.3	2	0.2	5.1	2
4	0.17	6	2	0.23	8.5	3	0.28	9.4	3	0.29	10	4
4	0.14	6	2	0.24	9.2	3	0.27	9.8	3	0.26	10.5	4
4	0.16	4.8	2	0.17	8	3	0.25	9	3	0.28	11	4
4	0.14	5.5	2	0.18	9.1	3	0.2	10.1	3	0.23	10.5	3
4	0.13	4.7	2	0.2	8.8	3	0.24	9.7	3	0.28	11	4
4	0.15	6.5	2	0.17	10	3	0.2	10.7	3	0.3	11.5	4
4	0.15	5.8	2	0.21	9.5	3	0.23	9.6	4	0.29	10.5	4
4	0.13	5.7	2	0.2	9.7	3	0.23	10.1	3	0.25	10.4	3
4	0.17	6.5	2	0.2	8.5	3	0.23	9.7	3	0.25	10.1	3
4	0.16	5.4	2	0.23	10.2	3	0.26	10.9	3	0.27	11.4	4
4	0.14	5.6	2	0.21	9.1	3	0.24	9.8	3	0.28	10.8	4
4	0.16	5.8	2	0.2	9.2	3	0.23	10	3	0.26	10.6	3
5	0.12	4	2	0.18	6.1	2	0.24	6.5	2	0.29	6.7	4
5	0.1	3	2	0.16	5.6	2	0.22	6	2	0.21	6.7	3
5	0.14	3.5	2	0.17	6.3	2	0.24	6.6	2	0.26	8.2	4
5	0.08	3.1	1	0.06	4.7	2	0.16	5.5	2	0.23	6.2	3
5	0.11	3.5	2	0.18	6	3	0.24	6.5	3	0.23	7.3	3
5	0.09	3.7	2	0.14	6.1	3	0.2	6.5	3	0.25	7.5	3
5	0.12	3.6	2	0.21	6	3	0.27	6.7	3	0.25	7.1	3
5	0.11	3	2	0.15	5.5	3	0.17	5.9	3	0.26	6.6	4
5	0.17	4	1	0.19	5.6	2	0.23	6.6	3	0.22	6.8	3
5	0.11	2.5	2	0.13	4.8	2	0.19	5.7	3	0.23	7	3
5	0.12	3.3	2	0.16	5.7	3	0.21	6.2	3	0.24	6.9	4
5	0.11	3.5	2	0.15	5.6	2	0.22	6.3	2	0.25	7.1	3
6	0.07	2.8	1	0.11	3.6	1	0.14	5.2	2	0.19	5.9	2
6	0.05	2.5	0	0.08	3.6	1	0.13	5	1	0.2	5.6	2
6	0.04	2.5	0	0.1	3.7	1	0.14	4	1	0.2	4.8	2
6	0.05	2.7	0	0.1	3.9	1	0.16	4	2	0.21	5.2	2
6	0.08	2.9	1	0.13	4	1	0.19	5.5	2	0.22	6.3	3
6	0.04	2.7	1	0.08	3.7	1	0.13	4.4	2	0.19	5.6	3
6	0.06	2.5	0	0.1	3.4	1	0.13	4.4	1	0.2	5.3	2
6	0.06	3	0	0.09	3.8	1	0.13	4.5	1	0.19	5.7	2
6	0.08	2.8	0	0.12	3.5	1	0.17	4.4	1	0.2	5.5	2
6	0.04	2.7	0	0.09	3.5	1	0.15	4.3	1	0.18	5.2	2
6	0.06	2.9	1	0.11	3.8	1	0.15	4.9	2	0.21	5.6	2
6	0.07	2.6	1	0.11	3.6	1	0.16	4.2	2	0.18	5.1	2
7	0.1	3	1	0.14	4.2	1	0.18	5.1	2	0.22	5.9	2
7	0.04	2.2	0	0.09	4.2	1	0.15	4.9	1	0.18	5.5	2
7	0.06	2.6	0	0.11	3.9	1	0.15	4.7	2	0.2	5.5	2
7	0.03	2.1	0	0.07	3	1	0.17	4	1	0.19	5.2	2
7	0.06	2.8	1	0.09	3.5	1	0.17	4.8	2	0.21	5.4	2

7	0.05	2.4	1	0.09	3.3	1	0.13	4.1	2	0.18	5	2
7	0.08	2.9	1	0.13	3.8	1	0.16	4.9	2	0.2	5.7	2
7	0.05	2.8	0	0.08	3.9	1	0.12	4.6	1	0.17	5.6	2
7	0.09	2.6	0	0.14	3.4	1	0.17	4.5	1	0.21	5.4	2
7	0.06	3	0	0.1	3.9	1	0.15	4.7	1	0.19	5.5	2
7	0.04	2.8	1	0.09	3.7	1	0.13	4.7	2	0.19	5.3	2
7	0.06	2.3	0	0.11	3.4	1	0.16	4.1	1	0.21	5.1	2
8	0.22	5.6	2	0.22	7	4	0.26	8.5	4	0.29	8.5	4
8	0.23	5.2	2	0.24	8.1	3	0.27	9.5	3	0.28	9.8	3
8	0.18	5	2	0.23	8.2	3	0.25	9.5	3	0.28	10	3
8	0.19	6	2	0.22	7.6	3	0.25	9	3	0.26	9.6	3
8	0.19	5	2	0.22	9	3	0.24	9.1	3	0.28	9.6	4
8	0.21	5.5	2	0.2	9	3	0.27	9.6	3	0.29	9.4	3
8	0.15	4.8	2	0.21	7.1	3	0.25	8.3	3	0.26	8.2	3
8	0.15	5.1	2	0.22	8.8	3	0.26	9.6	3	0.28	10.6	4
8	0.18	4.6	2	0.23	7.6	3	0.28	6.9	3	0.29	8.4	4
8	0.13	5.1	2	0.2	8.5	3	0.26	9.6	3	0.28	9.8	3
8	0.17	5.11	2	0.22	8	3	0.27	8.9	4	0.28	9.3	4
8	0.2	5.3	2	0.22	8.2	3	0.25	9	3	0.3	9.5	3
9	0.12	3.1	2	0.11	5.9	2	0.22	6.3	3	0.27	7.9	4
9	0.14	4	2	0.12	6	2	0.21	6.8	3	0.24	8.2	3
9	0.13	4	2	0.15	5.9	2	0.22	7.6	3	0.28	9.1	4
9	0.09	4	2	0.16	5.7	3	0.23	7.6	3	0.3	9.5	4
9	0.13	3	2	0.15	5.7	3	0.22	7.6	3	0.27	9.2	3
9	0.11	4	2	0.17	5.8	2	0.22	7.5	3	0.28	8.5	4
9	0.13	3.7	2	0.17	6.2	3	0.23	7.4	3	0.26	8	3
9	0.09	3.2	2	0.19	6.2	3	0.25	7.6	3	0.26	9.6	3
9	0.11	3	2	0.12	5	3	0.22	6.6	3	0.25	9	3
9	0.12	3	2	0.14	5.1	3	0.17	7.3	3	0.22	9.9	3
9	0.1	3.4	2	0.14	5.8	3	0.21	7.2	3	0.25	8.7	4
9	0.13	3.6	2	0.16	5.7	2	0.23	7.3	3	0.28	9.1	3

Anexo 3. Variables de peso seco, peso fresco e índice de calidad de Dickson

Tratamiento	Peso Fresco	Peso Seco	Peso Seco parte aérea	Peso Seco radicular	Indice Calidad Dickson	Indice de Esbeltez	Relación PSA/PSR
No.	g	g	g	g			
1	0.6	0.0614	0.0444	0.0151	0.01	3.4	2.9
1	0.6	0.0868	0.0611	0.0252	0.015	3.2	2.4
1	0.7	0.1205	0.0883	0.0317	0.02	3.3	2.8
2	0.42	0.0512	0.0365	0.0137	0.009	3.1	2.7
2	0.4	0.0597	0.0392	0.0184	0.011	3.4	2.1
2	0.42	0.0568	0.0414	0.0142	0.01	2.9	2.9
3	0.46	0.0497	0.0345	0.0134	0.009	2.9	2.6
3	0.48	0.0605	0.0429	0.0167	0.011	3.1	2.6
3	0.52	0.0881	0.0638	0.0238	0.016	2.9	2.7
4	0.9	0.1898	0.1256	0.0634	0.032	4.0	2.0
4	1.4	0.2185	0.144	0.0735	0.037	3.9	2.0
4	1.9	0.3058	0.215	0.0887	0.047	4.0	2.4
5	0.7	0.0778	0.056	0.0206	0.014	2.8	2.7
5	0.9	0.1431	0.0869	0.055	0.032	2.9	1.6
5	0.7	0.085	0.0588	0.0257	0.016	3.0	2.3
6	0.48	0.0744	0.0495	0.0239	0.016	2.7	2.1
6	0.5	0.0571	0.0402	0.016	0.011	2.9	2.5
6	0.5	0.0789	0.0535	0.0244	0.016	2.8	2.2
7	0.56	0.0672	0.0474	0.0184	0.013	2.8	2.6
7	0.54	0.0868	0.0587	0.0269	0.017	2.9	2.2
7	0.56	0.0825	0.0589	0.0227	0.016	2.7	2.6
8	1	0.146	0.0968	0.0486	0.027	3.4	2.0
8	1.1	0.1706	0.119	0.0505	0.03	3.4	2.4
8	2.1	0.2923	0.1903	0.0994	0.057	3.2	1.9
9	0.7	0.0771	0.0498	0.0245	0.015	3.2	2.0
9	1.1	0.1587	0.0973	0.0604	0.032	3.3	1.6
9	1.1	0.1545	0.1042	0.0488	0.027	3.7	2.1

11.2. Manejo agroecológico de enfermedades con origen en suelo en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero

Anexo 4. Variables de desarrollo en la producción de jitomate.

Tratamiento	15 DDT			30 DDT			45 DDT		
	Diámetro	Altura	No. Hojas	Diámetro	Altura	No. Hojas	Diámetro	Altura	No. Hojas
No.	cm	cm		cm	cm		cm	cm	
1	0.38	26.63	6.13	0.62	54.75	10.88	0.77	88.13	12.75
1	0.4	26	5.63	0.59	52.25	10.5	0.8	89.38	13.13
1	0.4	24.5	6	0.57	48.63	10.38	0.76	81.5	13.25
1	0.39	26	5.75	0.64	54.5	10.63	0.82	90.13	14.13
1	0.4	28.88	6.25	0.58	44.88	10.38	0.75	67.63	12.63
2	0.43	26.38	6.63	0.7	69.5	11.88	0.97	116	15.13
2	0.42	28.75	6.13	0.59	57.25	11.13	0.84	90.5	12.6
2	0.39	25	6.13	0.65	54.5	11.13	0.85	93.38	14.25
2	0.4	23.13	6	0.68	59.38	11.25	0.97	100.25	14.75
2	0.39	28.75	6.5	0.63	55	11.75	0.83	106.75	14.13
3	0.41	27.5	6.13	0.67	63.88	11.75	0.84	98.75	14.5
3	0.43	29.25	6.5	0.68	61.5	11.63	0.89	96.63	15.13
3	0.4	26.13	6.38	0.62	58.5	11.63	0.9	93.25	15.25
3	0.4	25.75	6.13	0.63	60.5	11.88	0.89	98.25	15.25
3	0.42	29.13	6.38	0.59	47.5	11.38	0.73	86.25	13.88
4	0.4	27.88	6.25	0.62	60	11.63	0.84	92.5	14.88
4	0.4	26.75	6	0.63	59.75	11.38	0.9	100.25	14.5
4	0.39	23.25	6.13	0.64	56.13	11.13	0.8	97.75	14.38
4	0.45	28.75	6.63	0.71	66.75	11.88	0.96	104.38	15.88
4	0.43	29.25	6.13	0.58	53.25	11.63	0.78	92.75	13.88
5	0.41	24.88	6.13	0.63	56.13	11	0.83	87.25	13.13
5	0.4	28.13	6.13	0.61	57.63	11.5	0.74	88.88	14.38
5	0.37	23.88	5.75	0.59	51.25	11.13	0.81	90.5	14.38
5	0.4	24.75	6.38	0.68	62.88	11.75	0.9	109.75	15.25
5	0.41	28.38	6.38	0.66	50.5	11	0.77	90.5	13.25
6	0.41	28.13	6.38	0.58	60.63	11.38	0.77	97.5	14.88
6	0.41	24.88	6	0.68	62.25	11.5	0.92	104.75	15.25
6	0.37	21.38	5.75	0.58	42.13	10.5	0.77	74.25	13.25
6	0.4	24.25	6.13	0.67	63.25	11.88	0.91	104.38	14.88
6	0.41	29.5	6	0.7	51.88	11.5	0.81	103.63	14.63
7	0.42	27.75	6.25	0.7	69.63	11.63	0.89	106	14.75

7	0.42	27.5	6.13	0.68	60.5	11.5	0.88	93.63	14.75
7	0.39	25.25	6	0.65	59.25	11.63	0.89	98	14.88
7	0.42	27.63	6.13	0.66	65.75	11.75	0.91	105.25	15.75
7	0.4	29.25	6.5	0.65	50.63	11.88	0.83	94.38	14.38
8	0.41	26.63	6.38	0.65	67.75	11.5	0.86	110	14.75
8	0.39	27.63	6.13	0.59	51.5	11.13	0.74	79.5	13.63
8	0.41	24.38	6.25	0.65	57.88	11.75	0.89	95.63	14.75
8	0.45	25.5	6.5	0.69	67.25	12	0.96	110.63	15
8	0.4	28.38	6.38	0.65	53.13	11.63	0.85	96.75	14.5
9	0.41	24.75	6.25	0.65	61.38	11.63	0.87	106.63	14.75
9	0.41	27.25	6.38	0.71	67	12	0.97	108.38	15.13
9	0.38	25	6.25	0.67	57.38	11.5	0.82	92.5	14.13
9	0.42	25.63	6.38	0.7	64.5	11.75	0.91	104.63	15.38
9	0.42	31.5	6.63	0.64	58.5	11.25	0.8	105.38	14.13

Tratamiento	60 DDT			75 DDT			90 DDT		
	Diámetro	Altura	No. Hojas	Diámetro	Altura	No. Hojas	Diámetro	Altura	No. Hojas
No.	cm	cm		cm	cm		cm	cm	
1	0.96	124.07	16.25	1.03	150.01	18.13	1.09	160.53	20
1	1	132.17	16.88	1.1	172.29	18.75	1.21	182.38	20.75
1	0.96	128.79	16.88	1.11	162.66	18.88	1.14	178.66	20.75
1	1	127.71	17.63	1.1	152.66	18.38	1.16	172.29	20.75
1	0.93	94.75	16.38	1	118.63	16.75	1.06	130.5	19.13
2	1.33	165.65	19.75	1.46	218.63	22.75	1.55	250.25	25.38
2	1.06	129.47	17.63	1.13	160.46	18	1.18	178.61	21.75
2	1.11	141.35	17.75	1.24	182.19	21	1.29	207.35	23.63
2	1.27	141.48	17.88	1.36	188.1	21.5	1.42	209.14	22.63
2	1.07	152	17.38	1.17	197.88	20.5	1.3	216.5	22.88
3	1.09	138.78	17	1.19	169.4	18.5	1.23	187.28	22
3	1.1	133.65	17.13	1.21	164.59	19.88	1.26	180.68	21.75
3	1.1	133.92	17.5	1.2	173.11	20.75	1.27	196.08	22.38
3	1.16	142.7	18.13	1.32	185.9	21.25	1.39	219.31	22.88
3	0.98	125.13	17.25	1.11	160.88	17	1.19	174.75	20.25
4	1.05	135.41	17.38	1.19	165.96	19.25	1.25	185.46	22.13
4	1.21	152.69	19.5	1.33	204.74	21.88	1.4	237.6	22.75
4	1.09	140.4	17.5	1.19	177.38	20.13	1.26	193.88	21.88
4	1.26	152.01	18.63	1.35	199.65	22.25	1.42	231.58	25.25

4	1.04	133	17.88	1.14	176.88	20	1.22	183.88	22.25
5	1.09	124.2	15.38	1.22	152.9	16.88	1.28	171.11	20.38
5	1.02	130.82	16.5	1.11	160.6	20.38	1.19	188.18	20.38
5	1.12	129.96	16.63	1.18	168.16	20	1.28	195.88	20.5
5	1.21	154.85	18.38	1.3	200.48	20.5	1.37	216.45	22.88
5	1.01	113.13	15.38	1.11	129.63	15.63	1.17	143.88	17
6	1.03	147.02	18	1.12	194.7	20.5	1.18	225.81	23.13
6	1.2	149.85	20	1.33	197.45	20.63	1.4	222.06	22.63
6	1.1	117.72	17	1.21	156.48	18	1.27	176.69	20.75
6	1.22	153.5	18.25	1.33	203.64	21.75	1.41	233.61	23.5
6	1.06	154.5	17	1.19	194.63	19.38	1.29	225.75	23.5
7	1.12	138.78	18.13	1.23	171.6	18	1.3	184.88	22.13
7	1.14	135.68	17.88	1.23	166.79	17.25	1.31	188.5	21.75
7	1.16	142.16	18.88	1.27	184.39	22	1.34	213.63	22.75
7	1.18	148.77	18.25	1.27	187.41	21	1.32	212.71	24.25
7	1.08	128.88	17	1.22	168.38	17.13	1.32	181.63	23.25
8	1.12	155.52	17.25	1.24	195.11	20.5	1.35	220.14	23.63
8	0.97	115.43	15.75	1.17	143.96	19.13	1.22	159.09	20.38
8	1.14	141.48	17.5	1.24	181.91	21	1.32	197.18	22.13
8	1.24	149.85	17.88	1.35	182.05	19.75	1.4	197.85	21.75
8	1.1	137.25	17.75	1.19	182.25	17.38	1.26	209.38	22.25
9	1.13	155.52	17.38	1.21	196.35	20.25	1.3	218.25	22.75
9	1.24	154.44	19.38	1.33	201.99	21.13	1.41	231.43	24.25
9	1.11	137.16	17.75	1.29	176	22.25	1.38	205.43	22.75
9	1.19	140.81	17.13	1.3	167.89	18.75	1.35	177.01	22.25
9	1.05	138.13	16.88	1.14	165.75	16	1.22	177.88	20

Anexo 5. Incidencia de enfermedad de suelo en la producción de jitomate

Tratamiento	Incidencia de Enfermedad de suelo				
	15/06/2013	01/07/2013	15/07/2013	01/08/2013	15/08/2013
No.	%	%	%	%	%
1	0	6.25	12.5	12.5	12.5
1	0	0	6.25	6.25	12.5
1	0	0	0	0	6.25
1	0	6.25	0	0	0
1	0	0	6.25	12.5	12.5
2	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	6.25
2	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	6.25
2	0	0	6.25	6.25	6.25
3	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
3	0	0	6.25	6.25	6.25
3	0	0	0	0	6.25
3	0	0	0	0	0
4	0	6.25	12.5	12.5	25
4	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	6.25
4	0	0	0	0	6.25
4	0	0	6.25	6.25	6.25
5	0	0	0	0	0
5	0	6.25	6.25	6.25	18.75
5	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
5	0	12.5	18.75	18.75	31.25
6	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	6.25
7	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
7	0	0	6.25	6.25	6.25
7	0	0	0	0	0

7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
8	0	0	6.25	12.5	12.5
8	0	0	0	6.25	6.25
8	0	0	0	6.25	6.25
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
9	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
9	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	6.25

Anexo 6. Incidencia de enfermedad aérea en la producción de jitomate

Tratamiento	Incidencia de Enfermedad aérea			
	31/05/2013	09/06/2013	24/06/2013	09/07/2013
No.	%	%	%	%
1	0	93.75	100	100
1	0	81.25	100	100
1	0	81.25	87.5	100
1	0	37.5	100	100
1	0	0	18.75	56.25
2	0	81.25	100	100
2	0	62.5	100	100
2	0	93.75	100	100
2	0	12.5	31.25	93.75
2	0	0	12.5	37.5
3	0	75	100	100
3	0	87.5	100	100
3	0	68.75	87.5	100
3	0	25	31.25	81.25
3	0	0	12.5	50
4	0	100	100	100
4	0	81.25	100	100
4	0	100	100	100
4	0	18.75	43.75	93.75
4	0	0	12.5	37.5
5	0	81.25	100	100
5	0	37.5	100	100
5	0	93.75	100	100
5	0	37.5	56.25	100
5	0	0	18.75	50
6	6.25	100	100	100
6	0	75	100	100
6	0	62.5	87.5	100
6	0	18.75	25	68.75
6	0	12.5	12.5	43.75
7	0	87.5	87.5	100
7	0	68.75	100	100
7	0	50	100	100
7	0	25	62.5	100

7	0	0	18.75	50
8	0	62.5	100	100
8	0	87.5	100	100
8	0	50	100	100
8	0	31.25	56.25	93.75
8	0	12.5	25	56.25
9	0	87.5	100	100
9	0	100	100	100
9	0	100	100	100
9	0	31.25	50	87.5
9	0	0	0	18.75

Anexo 7. Rendimiento en la producción de jitomate

Tratamiento	Rendimiento				
	No.	Kg	kg/planta	kg/m2	Ton/ha
	1	17.49	1.09	6.3	63.4
	1	17.74	1.11	6.4	64.3
	1	15.63	0.98	5.7	56.7
	1	16.27	1.02	5.9	59
	1	16.23	1.01	5.9	58.8
	2	25.15	1.57	9.1	91.2
	2	22.39	1.4	8.1	81.2
	2	27.68	1.73	10	100.3
	2	29.64	1.85	10.7	107.4
	2	23.52	1.47	8.5	85.3
	3	20.77	1.3	7.5	75.3
	3	17.78	1.11	6.4	64.4
	3	19.28	1.21	7	69.9
	3	25.52	1.6	9.3	92.5
	3	20.22	1.26	7.3	73.3
	4	19.26	1.2	7	69.8
	4	25.98	1.62	9.4	94.2
	4	22.74	1.42	8.2	82.4
	4	25.65	1.6	9.3	93
	4	19.39	1.21	7	70.3
	5	18.46	1.15	6.7	66.9
	5	15.46	0.97	5.6	56
	5	18.02	1.13	6.5	65.3
	5	23.34	1.46	8.5	84.6
	5	21.6	1.35	7.8	78.3
	6	22.79	1.42	8.3	82.6
	6	25.34	1.58	9.2	91.9
	6	18.51	1.16	6.7	67.1
	6	24.58	1.54	8.9	89.1
	6	24.38	1.52	8.8	88.4
	7	20.74	1.3	7.5	75.2
	7	18.99	1.19	6.9	68.8
	7	25.2	1.58	9.1	91.4
	7	24.21	1.51	8.8	87.8
	7	20.61	1.29	7.5	74.7

8	22.94	1.43	8.3	83.2
8	19.5	1.22	7.1	70.7
8	27.55	1.72	10	99.9
8	28.88	1.81	10.5	104.7
8	20.72	1.3	7.5	75.1
9	24.13	1.51	8.7	87.5
9	23.95	1.5	8.7	86.8
9	24.11	1.51	8.7	87.4
9	23.09	1.44	8.4	83.7
9	17.09	1.07	6.2	61.9

Anexo 8. Correlación Humedad relativa vs enfermedad suelo

	HR Media	TE	FC	BU	LO	LOFC	FCTR	BUTR	LOTR	LOFCTR
HR Media		0.3136	0.1161	0.0916	0.2208	0.2798	-0.1746	0.361	0.3627	-0.0127
		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
		0.4934	0.8042	0.8451	0.6342	0.5433	0.7081	0.4263	0.4239	0.9785
TE	0.3136		0.9384	0.9547	0.9618	0.9756	0.8315	0.9542	0.886	0.8739
	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.4934		0.0017	0.0008	0.0005	0.0002	0.0204	0.0008	0.0079	0.0101
FC	0.1161	0.9384		0.9189	0.9912	0.9526	0.9431	0.8663	0.8609	0.8045
	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.8042	0.0017		0.0034	0	0.0009	0.0014	0.0117	0.0128	0.0291
BU	0.0916	0.9547	0.9189		0.9108	0.9078	0.8667	0.9467	0.7911	0.8915
	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.8451	0.0008	0.0034		0.0043	0.0047	0.0116	0.0012	0.0341	0.007
LO	0.2208	0.9618	0.9912	0.9108		0.9808	0.9108	0.8819	0.8734	0.817
	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7
	0.6342	0.0005	0	0.0043		0.0001	0.0043	0.0086	0.0102	0.0249
LOFC	0.2798	0.9756	0.9526	0.9078	0.9808		0.8753	0.8789	0.8394	0.8565
	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7
	0.5433	0.0002	0.0009	0.0047	0.0001		0.0098	0.0092	0.0182	0.0138
FCTR	-0.1746	0.8315	0.9431	0.8667	0.9108	0.8753		0.71	0.7192	0.7828
	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7
	0.7081	0.0204	0.0014	0.0116	0.0043	0.0098		0.0738	0.0685	0.0374
BUTR	0.361	0.9542	0.8663	0.9467	0.8819	0.8789	0.71		0.8356	0.8211
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7
	0.4263	0.0008	0.0117	0.0012	0.0086	0.0092	0.0738		0.0192	0.0236
LOTR	0.3627	0.886	0.8609	0.7911	0.8734	0.8394	0.7192	0.8356		0.6724
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7
	0.4239	0.0079	0.0128	0.0341	0.0102	0.0182	0.0685	0.0192		0.0979
LOFCTR	-0.0127	0.8739	0.8045	0.8915	0.817	0.8565	0.7828	0.8211	0.6724	
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.9785	0.0101	0.0291	0.007	0.0249	0.0138	0.0374	0.0236	0.0979	

Anexo 9. Correlación Humedad relativa vs enfermedad aérea

	HR Media	TE	FC	BU	LO	LOFC	FCTR	BUTR	LOTR	LOFCTR
HR Media		0.9095	0.8831	0.8818	0.9114	0.8816	0.8935	0.8675	0.8793	0.9277
		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
		0.0323	0.0471	0.0479	0.0312	0.048	0.041	0.0567	0.0494	0.0231
TE	0.9095		0.9966	0.9949	0.9964	0.9968	0.9957	0.9931	0.9959	0.9905
	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0323		0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0007	0.0003	0.0011
FC	0.8831	0.9966		0.9994	0.9947	0.999	0.9975	0.9974	0.9978	0.9845
	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0471	0.0002		0	0.0005	0	0.0002	0.0002	0.0001	0.0023
BU	0.8818	0.9949	0.9994		0.9958	0.9969	0.9987	0.9947	0.9951	0.9865
	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0479	0.0004	0		0.0003	0.0002	0.0001	0.0005	0.0004	0.0019
LO	0.9114	0.9964	0.9947	0.9958		0.991	0.9989	0.9854	0.9884	0.9973
	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5
	0.0312	0.0003	0.0005	0.0003		0.001	0	0.0021	0.0015	0.0002
LOFC	0.8816	0.9968	0.999	0.9969	0.991		0.9938	0.9993	0.9998	0.9794
	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5
	0.048	0.0002	0	0.0002	0.001		0.0006	0	0	0.0036
FCTR	0.8935	0.9957	0.9975	0.9987	0.9989	0.9938		0.9898	0.9914	0.9932
	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5
	0.041	0.0003	0.0002	0.0001	0	0.0006		0.0012	0.001	0.0007
BUTR	0.8675	0.9931	0.9974	0.9947	0.9854	0.9993	0.9898		0.9996	0.9711
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5
	0.0567	0.0007	0.0002	0.0005	0.0021	0	0.0012		0	0.0059
LOTR	0.8793	0.9959	0.9978	0.9951	0.9884	0.9998	0.9914	0.9996		0.976
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5
	0.0494	0.0003	0.0001	0.0004	0.0015	0	0.001	0		0.0045
LOFCTR	0.9277	0.9905	0.9845	0.9865	0.9973	0.9794	0.9932	0.9711	0.976	
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
	0.0231	0.0011	0.0023	0.0019	0.0002	0.0036	0.0007	0.0059	0.0045	

Anexo 10. Correlación Temperatura vs enfermedad de suelo

	Temp Media	TE	FC	BU	LO	LOFC	FCTR	BUTR	LOTR	LOFCTR
Temp Media		-0.2713	-0.0181	-0.2256	-0.064	-0.1114	0.177	-0.406	-0.341	0.0007
		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
		0.5562	0.9692	0.6267	0.8915	0.812	0.7042	0.3661	0.4542	0.9988
TE	-0.2713		0.9384	0.9547	0.9618	0.9756	0.8315	0.9542	0.886	0.8739
	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.5562		0.0017	0.0008	0.0005	0.0002	0.0204	0.0008	0.0079	0.0101
FC	-0.0181	0.9384		0.9189	0.9912	0.9526	0.9431	0.8663	0.8609	0.8045
	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.9692	0.0017		0.0034	0	0.0009	0.0014	0.0117	0.0128	0.0291
BU	-0.2256	0.9547	0.9189		0.9108	0.9078	0.8667	0.9467	0.7911	0.8915
	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.6267	0.0008	0.0034		0.0043	0.0047	0.0116	0.0012	0.0341	0.007
LO	-0.064	0.9618	0.9912	0.9108		0.9808	0.9108	0.8819	0.8734	0.817
	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7	-7
	0.8915	0.0005	0	0.0043		0.0001	0.0043	0.0086	0.0102	0.0249
LOFC	-0.1114	0.9756	0.9526	0.9078	0.9808		0.8753	0.8789	0.8394	0.8565
	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7	-7
	0.812	0.0002	0.0009	0.0047	0.0001		0.0098	0.0092	0.0182	0.0138
FCTR	0.177	0.8315	0.9431	0.8667	0.9108	0.8753		0.71	0.7192	0.7828
	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7	-7
	0.7042	0.0204	0.0014	0.0116	0.0043	0.0098		0.0738	0.0685	0.0374
BUTR	-0.406	0.9542	0.8663	0.9467	0.8819	0.8789	0.71		0.8356	0.8211
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7	-7
	0.3661	0.0008	0.0117	0.0012	0.0086	0.0092	0.0738		0.0192	0.0236
LOTR	-0.341	0.886	0.8609	0.7911	0.8734	0.8394	0.7192	0.8356		0.6724
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7		-7
	0.4542	0.0079	0.0128	0.0341	0.0102	0.0182	0.0685	0.0192		0.0979
LOFCTR	0.0007	0.8739	0.8045	0.8915	0.817	0.8565	0.7828	0.8211	0.6724	
	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	0.9988	0.0101	0.0291	0.007	0.0249	0.0138	0.0374	0.0236	0.0979	

Anexo 11. Correlación Temperatura vs enfermedad aérea

	Temp Media	TE	FC	BU	LO	LOFC	FCTR	BUTR	LOTR	LOFCTR
Temp Media		0.9704	0.955	0.9456	0.9484	0.9653	0.9448	0.9636	0.9689	0.9409
		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
		0.0061	0.0114	0.0151	0.014	0.0077	0.0154	0.0083	0.0066	0.0171
TE	0.9704		0.9966	0.9949	0.9964	0.9968	0.9957	0.9931	0.9959	0.9905
	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0061		0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0007	0.0003	0.0011
FC	0.955	0.9966		0.9994	0.9947	0.999	0.9975	0.9974	0.9978	0.9845
	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0114	0.0002		0	0.0005	0	0.0002	0.0002	0.0001	0.0023
BU	0.9456	0.9949	0.9994		0.9958	0.9969	0.9987	0.9947	0.9951	0.9865
	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5	-5
	0.0151	0.0004	0		0.0003	0.0002	0.0001	0.0005	0.0004	0.0019
LO	0.9484	0.9964	0.9947	0.9958		0.991	0.9989	0.9854	0.9884	0.9973
	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5	-5
	0.014	0.0003	0.0005	0.0003		0.001	0	0.0021	0.0015	0.0002
LOFC	0.9653	0.9968	0.999	0.9969	0.991		0.9938	0.9993	0.9998	0.9794
	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5	-5
	0.0077	0.0002	0	0.0002	0.001		0.0006	0	0	0.0036
FCTR	0.9448	0.9957	0.9975	0.9987	0.9989	0.9938		0.9898	0.9914	0.9932
	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5	-5
	0.0154	0.0003	0.0002	0.0001	0	0.0006		0.0012	0.001	0.0007
BUTR	0.9636	0.9931	0.9974	0.9947	0.9854	0.9993	0.9898		0.9996	0.9711
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5	-5
	0.0083	0.0007	0.0002	0.0005	0.0021	0	0.0012		0	0.0059
LOTR	0.9689	0.9959	0.9978	0.9951	0.9884	0.9998	0.9914	0.9996		0.976
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		-5
	0.0066	0.0003	0.0001	0.0004	0.0015	0	0.001	0		0.0045
LOFCTR	0.9409	0.9905	0.9845	0.9865	0.9973	0.9794	0.9932	0.9711	0.976	
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
	0.0171	0.0011	0.0023	0.0019	0.0002	0.0036	0.0007	0.0059	0.0045	

Anexo 12. Correlación Humedad relativa vs temperatura

	HR MEDIA	TEMP MEDIA
HR MEDIA		-0.3548
		-125
		0
TEMP MEDIA	-0.3548	
	-125	
	0	