



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Instituto de Ciencias
Centro de Agroecología

Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon
esculentum L.*) MEDIANTE MANEJO
AGROECOLÓGICO Y MICROORGANISMOS
PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

Presenta

I. Q. ENRIQUE EVARISTO DIAZ ESPINOSA

Director de la Tesis

DR. JOSÉ CINCO PATRÓN IBARRA

Puebla, Pue.

Enero, 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado por el apoyo otorgado para la conclusión de esta tesis dentro del Programa IV. Investigación y Posgrados. Apoyar a los programas de posgrado para lograr su incorporación al Padrón Nacional de Calidad. Indicador establecido en el Plan de Desarrollo Institucional 2017-2021.

Al programa de Maestría en Manejo Sostenible Agroecológico por la oportunidad de desarrollo académico y personal.

Al Doctor José Cinco Patrón Ibarra por su apoyo y dirección en el cumplimiento y buen desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa e hijas que con su amor y cariño me dan la fuerza para enfrentar la vida.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. GENERAL	6
1.3.2. PARTICULARES	6
1.4. HIPÓTESIS	7
1.5. REVISIÓN DE LITERATURA	8
1.5.1. PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN MÉXICO	8
1.5.2. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE JITOMATE	10
1.5.3. VARIEDADES COMERCIALES DE JITOMATE	10
1.5.4. FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE JITOMATE	11
1.5.4.1. FERTILIZACIÓN QUÍMICA	11

	Página
1.5.4.2. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	14
1.5.4.2.1. ABONOS ORGÁNICOS	14
1.5.5. ORIGEN DE LAS ENFERMEDADES	17
1.5.6. MANEJO AGROECOLÓGICO DE ENFERMEDADES	18
1.5.6.1. MICROORGANISMOS BENÉFICOS	18
1.5.6.2. BIOFERTILIZANTES	21
1.5.6.3. EXTRACTO LÍQUIDO DE LOMBRICOMPOSTA	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	23
2.1.1. HIDROLOGÍA DE LA ZONA	23
2.1.2. CLIMA	25
2.1.3. SUELOS	25
2.2. ANÁLISIS DE SUELO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL	25
2.2.1. MUESTREO PARA DETERMINAR ANÁLISIS DE SUELOS. 25	
2.2.2. DETERMINACIONES EN SUELO	29
2.2.2.1. DETERMINACIONES FÍSICAS	29
2.2.2.2. DETERMINACIONES QUÍMICAS	29
2.2.2.3. DETERMINACIONES BIOLÓGICAS	30
2.3. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO CON JITOMATE	30
2.3.1. DISEÑO DE TRATAMIENTOS	30

	Página
2.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	31
2.3.3. VARIABLES POR EVALUAR	31
2.4. ANÁLISIS DE COSTOS	33
2.4.1. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	33
2.4.2. COSTOS FIJOS Y VARIABLES	33
2.4.3. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO CONVENCIONAL (CTMC)	34
2.4.4. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO AGROECOLÓGICO (CTMA)	34
2.4.5. COSTO TOTAL UNITARIO	35
3. RESULTADOS Y DISCUSION	36
3.1. DETERMINACIONES EN SUELO	36
3.1.1. DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS	36
3.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	36
3.2. VARIABLES EVALUADAS	40
3.2.1. ALTURA DE LA PLANTA	40
3.2.2. DIÁMETRO DE TALLO	41
3.2.3. PRODUCCIÓN DE JITOMATE PONY EXPRESS BAJO LOS TRATAMIENTOS APLICADOS	42
3.2.3.1. PRODUCCIÓN POR CALIBRE DE FRUTO	44
3.3. ANÁLISIS DE COSTOS	45
3.3.1. COSTOS DIRECTOS	45

	Página
3.3.2. COSTOS FIJOS Y VARIABLES	46
3.3.3. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO CONVENCIONAL (CTMC)	46
3.3.4. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO AGROECOLÓGICO (CTMA)	46
3.3.5. COSTO TOTAL UNITARIO	47
3.4. CONCLUSIONES.....	48
4. BIBLIOGRAFÍA CITADA	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del municipio de Tlapanalá, Puebla; invernadero donde se realizó el experimento con jitomate variedad Pony Express.....	24
Figura 2. Toma de muestra de suelo en camellón.....	27
Figura 3. División de muestras mezcladas para homogenización de suelo.....	28
Figura 4. Área experimental donde se sembró jitomate Saladet variedad Pony Express, los recuadros representan las naves del invernadero, los de color verde son donde se tomaron las muestras y se realizó el experimento.....	29
Figura 5. Raíces de jitomate Pony Express al finalizar el experimento, a) manejo sin control de patógenos de suelo y fertilización al 70%, b) manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 70%, c) aplicación de consorcio bacteriano, d) aplicación de lombricomposta y extracto líquido foliar, e) tratamiento 3 más tratamiento 4 y f) manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 100%.....	39
Figura 6. Crecimiento de hongo fitopatógeno, a) tratamiento 1, presencia de <i>Fusarium</i> sp., b) tratamiento 2, presencia de <i>Fusarium</i> sp., c) tratamiento 3, presencia de <i>Fusarium</i> sp., con halo de contención, d) tratamiento 4, presencia de <i>Fusarium</i> sp., e) tratamiento 5, sin presencia visible de <i>Fusarium</i> sp., f) tratamiento 6, presencia de <i>Fusarium</i> sp.....	40
Figura 7. Tratamientos vs. altura de la planta 70 ddt, jitomate Pony Express, utilizando Tukey con $\alpha = 0.05$ y $P = 0.9235$	41
Figura 8. Tratamientos vs. Diámetro de tallo 70 ddt, jitomate Pony Express, mediante Tukey con $\alpha = 0.05$ y $P = 0.004$	42
Figura 9. Tratamientos vs Producción de Jitomate Pony Express al finalizar el ciclo del cultivo, con $\alpha = 0.05$, y $P = 0.9815$	43

Figura 10. Tratamientos vs calibres de fruto del cultivo de jitomate Pony Express al finalizar el ciclo de cultivo.....45

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y biológicos a determinar en el suelo del área experimental.....	30
Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados al cultivo en invernadero de jitomate Pony Express.....	31
Tabla 3. Diseño de tratamientos aplicados al cultivo de jitomate en invernadero de la variedad Pony Express.....	32
Tabla 4. Determinaciones físicas y químicas de suelo de la parcela experimental bajo invernadero en el municipio de Tlapanalá, Puebla.....	38
Tabla 5. Costos directos e indirectos, fijos y variables de cada tratamiento por kilogramo de producción en el cultivo de jitomate Pony Express al finalizar el cultivo.....	46
Tabla 6. Costos totales, unidades totales producidas, y costo total unitario del cultivo de jitomate Pony Express por cada tratamiento estudiado	47
Tabla 7. Resultados del costo beneficio de los tratamientos aplicados en el cultivo de jitomate Pony Express.....	47

RESUMEN

La materia orgánica y los microorganismos juegan un papel primordial en la fertilidad de los suelos, pues de ellos depende en gran parte la estructura, la dinámica, y el balance natural de los mismos. Asimismo, la materia orgánica y los microorganismos también permiten la disponibilidad de la gran diversidad de nutrientes y el medio que necesitan los cultivos agrícolas para un buen desarrollo y una buena productividad. Sin embargo, la agricultura convencional se ha basado en el uso de fertilizantes sintéticos y paquetes de agroquímicos, que si bien han servido para producir alimentos durante un lapso de la vida del hombre, también han generado consecuencias negativas y de gran preocupación por su uso excesivo e indiscriminado. Debido al estado actual de la agricultura, en el presente trabajo se realizó una comparativa entre el manejo agroecológico del cultivo de jitomate Pony Express, basado en el uso de lombricomposta, un extracto líquido foliar y un consorcio bacteriano, además de una reducción de fertilización del 30%, contra el manejo convencional al 70 y 100% de fertilización. Como respuesta se evaluó la altura de la planta, diámetro de tallo, la producción, calibres de fruto y un análisis del beneficio-costo, obteniendo valores muy similares para cada tratamiento, con una producción de 112 toneladas por hectárea y un valor de 1.60 para la relación beneficio-costo cuando se aplicó el paquete agroecológico propuesto. Por lo que la propuesta agroecológica resulta ser la más rentable, destacando la sinergia entre la combinación de la lombricomposta, el extracto líquido orgánico y el consorcio bacteriano, además de la disminución del impacto negativo al suelo al reducir el uso de productos químicos.

ABSTRACT

Organic matter and microorganisms play an essential role in soil fertility, since their structure, dynamics, and natural balance largely depend on them. Likewise, organic matter and microorganisms also allow the availability of the great diversity of nutrients and the medium that agricultural crops need for good development and good productivity. However, conventional agriculture has been based on the use of synthetic fertilizers and agrochemical packages, which, although they have served to produce food for a period of human life, have also generated negative consequences and of great concern due to their indiscriminate use. Due to the current state of agriculture, in the present work a comparison was made between the agroecological management of the Pony Express tomato crop (based on the use of vermicompost, a foliar liquid extract and a bacterial consortium, and a reduction in fertilization of 30%), against conventional management at 70% and 100% fertilization. The parameters to be evaluated were: the height of the plant, stem diameter, production, fruit sizes and a cost-benefit analysis. The results show very similar values for each treatment, with a production of 112 tons per hectare and a value of 1.60 for the benefit-cost ratio when the proposed agroecological package was applied. Therefore, the agroecological proposal turns out to be the most profitable, highlighting the synergy between the combination of the vermicompost, the organic liquid extract and the bacterial consortium, in addition to the reduction of the negative impact on the soil by reducing the use of chemical products.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de jitomate es el quinto en importancia por su contribución en el valor de la producción agrícola primaria en México. En 2016, participó con el 4.6 por ciento del valor total, de acuerdo con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Las inversiones en agricultura protegida buscan mejorar los niveles de rentabilidad en la producción, principalmente en la que se destina al mercado de exportación. Lo anterior, a través del incremento en la productividad por unidad de superficie, lo que implica un uso más intensivo de los insumos utilizados para la producción. Es posible observar que los rendimientos de jitomate varían en función de un amplio rango de tecnologías empleadas, desde el cultivo a campo abierto hasta la producción en invernaderos altamente tecnificados con sistemas automatizados de hidroponía, nutrición y control fitosanitario (SIAP, 2016; SAGARPA y FIRA, 2017).

Aun así, la rentabilidad disminuyó, ya que los costos de producción se incrementaron en un 132.67%, y el índice de precios al productor creció en una tasa media anual de 2.1%. El estado de Puebla se encuentra dentro de los 10 estados con mayor producción de jitomate generando 129,400 toneladas de las 3.3 millones de toneladas que se producen en el país (SIAP, 2016; SAGARPA y FIRA, 2017).

Las actividades primarias en el Estado de Puebla representan el 4% del PIB, la zona de Izúcar de Matamoros es la primera en cuanto al rubro agrícola, sin embargo, se ha enfrentado a una disminución de la producción e incremento en los costos de producción debido al cambio climático y a la incidencia de plagas y enfermedades, que cada vez son más difíciles de manejar de manera tradicional, además de que los agroquímicos que las controlan son cada vez más costosos y no se encuentran al alcance de todos los productores, y aunque se puedan comprar, resultan efectivos hasta que los patógenos o plagas adquieren resistencia, y nuevamente se requiere de buscar otros ingredientes activos más complejos y costosos, formando un círculo vicioso que no solo disminuye la productividad, sino que resulta cada vez más dañino al medio ambiente. La razón de buscar medios agroecológicos para la disminución del ataque de plagas no es nueva, pero cada vez más indispensable,

ya que busca incrementar la productividad, disminuir los costos de producción y el daño al ambiente, pero también dejar la dependencia que tienen los productores hacia los laboratorios desarrolladores de agroquímicos, siendo este un paso hacia la verdadera soberanía alimentaria (Santiago, 2014).

De manera particular, el cultivo de jitomate es altamente susceptible a daños por hongos y nemátodos en suelo, por lo que se busca una solución que resuelva dicha problemática. Como resultado de esta problemática, surge la idea de combinar un manejo agroecológico basado en usar lombricomposta como base para incrementar la materia orgánica, además de un complejo bacteriano desarrollado en la BUAP, y el uso de un extracto líquido de la lombricomposta. La hipótesis planteada fue que con la introducción de estos productos se puede, en primera instancia, eliminar al menos en un 30% el uso de fertilizantes químicos, que podrá mejorar la calidad y salud del suelo y de las plantas, e incrementar la producción del cultivo de jitomate.

El presente trabajo valida una opción sostenible al manejo del cultivo de jitomate con el fin de conocer el desarrollo del cultivo, evaluando la relación beneficio costo, desarrollo y rendimiento de fruto, aplicando un paquete tecnológico basado en la combinación de lombricomposta y extracto de lombricomposta con un complejo de bacterias inoculados en las plántulas al momento del trasplante y disminuyendo el uso de productos químicos (pesticidas y fertilizantes).

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los cultivos protegidos o bajo cubierta representan altas inversiones en infraestructura, sin embargo, su misma naturaleza de monocultivo y cultivo intensivo, ha generado una problemática en cuanto al desarrollo de plagas y enfermedades, que cada vez resultan más difícil de controlar, lo cual se refleja en un incremento de los costos de producción, y una alta dependencia al uso de agroquímicos, situación que merma la salud del consumidor y el equilibrio en el medio ambiente. Dada la importancia del cultivo de jitomate en nuestro país, es necesario encontrar soluciones que representen un equilibrio entre la producción de alimentos sanos, el desarrollo económico del productor, y el poder de adquisición del consumidor de un alimento sano y nutritivo a un precio razonable. En el presente trabajo se diseñó un paquete agroecológico para el productor, quien resulta beneficiado obteniendo una producción con menos riesgo debido al uso de agroquímicos, menor daño en su suelo, y por tanto la regeneración de sus suelos, así como un aumento en la producción a menor costo. La principal finalidad de esta investigación fue obtener una combinación de enmiendas orgánicas que otorgue, al productor opciones económicas, y de protección a sus suelos, y por ende a sus cultivos sin el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos, infiriendo de manera indirecta en la salud pública.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de jitomate en suelo presenta invariablemente problemas de ataque de nemátodos, y *Fusarium* sp. principalmente, debido a la aplicación indiscriminada de agroquímicos, que influyen en disminución de la población de microorganismos naturales del suelo, Guzmán-Casado *et al.*, (2000) sostiene que un suelo degradado es incapaz de realizar un reciclaje efectivo de nutrientes y energía, ya que éste depende del buen funcionamiento de las cadenas tróficas del suelo.

En la industria agrícola de México, el problema principal a los que se enfrentan los asesores y productores es la disminución de producción, y la solución más conocida, así como la más rápida, es el uso de agroquímicos. En algunos casos usados de manera racional, pero desafortunadamente en la mayoría de estos, se suma la ignorancia sobre la acción real de cada ingrediente activo y las implicaciones que conlleva el uso de dichas sustancias tóxicas. La utilización de biocidas provoca una drástica disminución de los microorganismos (microbiota) edáficos y en conjunto con el déficit de materia orgánica, cuya presencia contribuye al aumento de la estabilidad de los agregados del suelo, la infiltración del agua y la aireación del suelo, dan lugar a la desaparición progresiva de los cementos húmicos necesarios para una buena estructura (Guzmán-Casado *et al.*, 2000).

En su mayoría, los agricultores cuentan con un bajo nivel escolar, y por lo general su interés no se basa en un equilibrio ambiental o de salud, si no en cumplir con sus necesidades económicas más urgentes, de la misma manera la asesoría que prevalece en la mayoría de los casos es aquella que conoce principalmente el manejo de agroquímicos, sin que sea prioridad el equilibrio medioambiental y de salud. En este sentido la seguridad agroalimentaria contiene cuatro dimensiones (Heinisch, 2013): 1. Disponibilidad de los alimentos o capacidad para adquirirlos, 2. Acceso a los alimentos, 3. Calidad de los alimentos (nutricional y sanitaria) y 4. Estabilidad de los abastecimientos. Es imprescindible la búsqueda de tecnologías que permitan cumplir con las directrices de sustentabilidad, sostenibilidad y salud para el consumidor, pero también un beneficio económico para el productor.

Por todo lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta: ¿Es factible la producción de jitomate a nivel invernadero manteniendo o reduciendo costos, a partir del uso de fertilizantes orgánicos y biológicos?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

- Validar la implementación de un paquete tecnológico agroecológico, para la productividad del cultivo con jitomate bajo cubierta en el municipio de Tlapanalá, Puebla.

1.3.2. PARTICULARES

- Realizar el diagnóstico de la fertilidad del suelo con base en un análisis físico, químico y biológico, en una parcela experimental en el municipio de Tlapanalá, Puebla.
- Evaluar la productividad del cultivo de jitomate con el uso de lombricomposta, microorganismos promotores del crecimiento y extracto líquido de lombricomposta.
- Proponer un manejo sostenible para el cultivo de jitomate bajo cubierta.
- Analizar la relación beneficio/costo del manejo agroecológico vs manejo convencional del cultivo de jitomate.

1.4. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas en el presente trabajo son las siguientes:

- Las enmiendas orgánicas impactan sustancialmente en las propiedades físico – químicas - biológicas del suelo y en la productividad del cultivo de jitomate.
- El uso de microorganismos promotores del crecimiento, mejoradores de suelo y complementos foliares incrementan la productividad del cultivo de jitomate.
- La implementación de un manejo sostenible en el cultivo de jitomate en Tlapanalá, Puebla permite una mayor rentabilidad del cultivo, en comparación con el manejo convencional.

1.5. REVISIÓN DE LITERATURA

1.5.1. PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN MÉXICO.

El jitomate (*Lycopersicon esculentum L.*) es una hortaliza con gran importancia en México y el resto del mundo, originaria de América, se consume en fresco y como materia prima de diversos productos procesados. Representa el 3.46% del P.I.B. y, a nivel internacional, representa el 25.11% de las exportaciones mundiales. En México el 95% de la superficie sembrada se encuentra mecanizada; el 76% de esta superficie cuenta con asistencia técnica, y sus exportaciones representan 1.61 millones de toneladas en 2016 (SIAP, 2016).

En México, hay sembradas 23,177 ha de jitomate, con rendimiento de 62.85 ton/ha en promedio. Entre 2012 y 2016 se registró una mayor superficie establecida de este cultivo con tecnologías de agricultura protegida (malla sombra e invernaderos), en promedio 26 por ciento de la superficie total. Así, durante ese período, en cultivos con esos tipos de tecnología se produjo en promedio el 58 por ciento de la producción total nacional. Durante los cinco años previos (2007-2011), la superficie sembrada con agricultura protegida fue de 8 por ciento del total, en tanto que la producción obtenida representó el 24 por ciento del total (SIAP, 2016).

La superficie total destinada al cultivo de jitomate disminuyó a una tasa promedio anual de 2.5 por ciento durante la última década. A partir de 1980 se llevaron registros, sembrándose 85,500 hectáreas, en 2000 se sembró un área de 75,900 hectáreas y en 2016 se sembraron 51,861 hectáreas (SIAP, 2016).

Por tecnología de cultivo se entiende el comportamiento de la superficie destinada a esta hortaliza, es diferente en campo abierto y en agricultura protegida. En el primer caso, la superficie sembrada se redujo a una tasa promedio anual de 5.6 por ciento entre 2006 y 2016, al pasar de 65,431 a 36,855 hectáreas con producciones que oscilan entre las 30 y 65 toneladas por hectárea. La disminución de la superficie cultivada en esta modalidad de cultivo ha sido mayor en algunas entidades como Sinaloa, Veracruz, Nayarit y Baja California. Por otra parte, la superficie establecida con agricultura protegida (malla sombra e invernadero) pasó de 1,078 a 15,006

hectáreas en el período mencionado, es decir, creció a una tasa promedio anual de 30.1 por ciento con producciones que van desde las 100 hasta 175 toneladas por hectárea. El cultivo en agricultura protegida se concentra en Sinaloa, Baja California y San Luis Potosí, aunque también ha adquirido mayor importancia en otras entidades como Jalisco, Coahuila, Sonora, Puebla, Baja California Sur, Guanajuato, Estado de México, Oaxaca y Querétaro. Desde 2006 el volumen de jitomate obtenido en condiciones de agricultura protegida ha aumentado. Así, pasó de 135,533 toneladas en 2006 (6.5 por ciento del total), a 733,178 toneladas en 2010 (32.2 por ciento del total), a 2,034 millones de toneladas en 2016 (60.7 por ciento del volumen total). A partir de 2012 el volumen de jitomate obtenido en cultivos con malla sombra e invernaderos fue mayor al 50 por ciento del total. Lo anterior, debido a las ventajas que estos métodos de producción tienen en comparación con el cultivo a campo abierto. La agricultura protegida ayuda a ejercer determinado grado de control sobre los diversos factores del medio ambiente, permitiendo con ello minimizar las restricciones que las condiciones climáticas adversas tienen sobre los cultivos (FIRA, 2017).

De manera particular, en el estado de Puebla al año 2017, había 876 has sembradas con jitomate y su rendimiento promedio por ciclo era de 122 ton/ha lo cual nos indica las grandes proporciones e importancia del cultivo; sin embargo, eso también ha significado un mayor uso indiscriminado de agroquímicos (SAGARPA, 2017).

1.5.2. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE JITOMATE

El cultivo del jitomate es uno de los más importantes en cuanto a cultivos protegidos, el tiempo de producción es de ciclo corto, de 5 a 6 meses, o bien de ciclo largo, de 8 a 12 meses. Al mencionar cultivo protegido se entiende al uso de invernadero o de malla sombra, y puede ser de alta, media, o baja tecnología. Este cultivo consta de 4 etapas fenológicas de la planta:

Plántula: Abarca desde la siembra de semilla o germinación y termina al ser trasplantada, generalmente se realiza a la cuarta semana después de haber germinado o bien cuándo aparece la cuarta hoja verdadera.

Desarrollo vegetativo: Puede considerarse desde el trasplante hasta que comienza la fructificación. Variará según el clima, sin embargo, se puede considerar como promedio de tres a cuatro semanas, en la que el mayor desarrollo se dará en raíz y hojas, la planta crecerá y será necesario realizar el tutorado correspondiente.

Fructificación: Esta etapa comienza aproximadamente de los 21 a los 30 ddt (días después del trasplante). Es notorio ya que en los primeros racimos se nota una polinización y amarre de los frutos, comenzamos a ver los primeros jitomates en los primeros racimos. Sin embargo, en esta etapa es importante mencionar que la planta no deja de presentar desarrollo vegetativo, ni de continuar con la floración y fructificación de racimos.

Cosecha: Esta se lleva a cabo entre los 80 y 90 días ddt, y por lo general se realizan dos cortes por semana, con espacio de tres a cuatro días. Esta etapa puede prolongarse por 60 o hasta 90 días más, según el productor decida. Los frutos se cortan de color naranja o rojo, y existen al menos 3 diferentes clasificaciones por tamaño. Generalmente posterior al corte se realiza la clasificación y empaquetado (Gálvez, 2015).

1.5.3. VARIEDADES COMERCIALES DE JITOMATE

Se han probado diversas variedades de jitomate indeterminado, aunque en la mayoría de los casos se ha usado variedad "Reserva F1", "Pai-pai" "V427" "Cid F1", "Ramses F1" y algunas otras variedades determinadas como "Pony Express" y

“Caporal”. Por economía y resultados la que más se ha trabajado ha sido Reserva, y Pony Express. En este cultivo la propagación dura 4 semanas, el primer corte se realiza a los 85 ddt, se realizan dos cortes semanales, y el tiempo de duración varía siendo el mayor en las primeras siembras de 9 meses, aunque se ha disminuido a solo 6 en los últimos ciclos. Se realizan ciclos cortos debido a la alta incidencia de enfermedades. La afectación en la siembra, cultivo y productividad debido a la existencia de hongos, principalmente *Fusarium* ocasionan pérdidas y mayor consumo de agroquímicos para controlar las infestaciones (Dzul *et al.*, 2011).

1.5.4. FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE JITOMATE

1.5.4.1. FERTILIZACIÓN QUÍMICA

El cultivo de jitomate se fertiliza con sales como: urea, fosfato monoamónico, fosfato mono potásico, nitrato de magnesio, nitrato de calcio, sulfato de potasio, fosfonitrato y cloruro de potasio, así como microelementos manganeso, cobre, zinc, hierro, boro y molibdeno, entre otros. Estas sales son aplicadas al cultivo en un equilibrio determinado según la etapa fenológica del cultivo, como el establecimiento (plántula), desarrollo vegetativo, fructificación y producción (Jasso *et al.*, 2011).

Se aporta una nutrición focalizada a la planta para disminuir también el uso de fertilizantes y agua, a su vez se utilizan fertilizantes solubles mediante técnica de fertilización por goteo, con lo cual se usa de manera eficiente la aplicación de estas sales. El fertirriego es una forma óptima de aplicación del agua y de los fertilizantes; su uso adecuado incrementa el aprovechamiento del agua y de los nutrimentos por la planta y minimiza la pérdida de éstos por debajo de la zona radical (Zapata, 2002).

La calidad nutritiva del jitomate depende de la cantidad y fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, entre otros, aportados por el suelo de la parcela de producción cuando el cultivo se lleva a cabo en sistemas de producción en campo o bajo cubierta, o está en función de los nutrientes contenidos en la solución nutritiva de un sistema hidropónico. Las necesidades de fertilización de un cultivo son el resultado de la demanda de nutrimentos que este requiere, del

suministro de nutrimentos por el suelo (balance nutrimental) y de la eficiencia de recuperación del fertilizante por el cultivo (Rodríguez, 1993).

La calidad nutricional de los alimentos que son consumidos por los humanos ha tomado mayor relevancia, los agricultores al momento de seleccionar las fuentes y tipos de fertilizantes deben revisar los nutrimentos contenidos en ellos, ya que son aplicados al suelo para nutrir los cultivos. El **nitrógeno** (N) es un componente esencial de los aminoácidos que a su vez forman las proteínas. Este nutrimento constituye el 17% de una molécula de proteína. En consecuencia, la concentración de las proteínas en las plantas depende de la cantidad de nitrógeno disponible. El suplemento de N está determinado por la cantidad aprovechable por la planta durante el ciclo de cultivo. Fertilizantes con N-amoniaco o urea pueden transformarse rápidamente en N-nítrico cuando se aplican al suelo en presencia de oxígeno. El rango de conversión de nitrógeno depende de las condiciones presentes en el suelo para las bacterias nitrificantes. Las partes comestibles de los vegetales de frutos como el jitomate, pepino, chiles y berenjenas generalmente contienen poco o nada de nitrato. La aplicación de N no suele aumentar el riesgo de acumulación de nitratos en la fruta dado que se transporta poco nitrato a través del floema de las plantas. El exceso en la aplicación de N por lo general disminuye la concentración de vitamina C, azúcar soluble, sólidos solubles, calcio y magnesio; se observa un aumento de la acidez titulable y la relación ácido: azúcar en jitomate. Aplicaciones excesivas de nitratos ocasiona la alcalinización de la rizósfera, que puede causar deficiencias por fijación de zinc y hierro. Por otra parte, aplicaciones altas de amonio propicia la acidificación de la rizósfera, situación que puede originar deficiencias por empobrecimiento de calcio, magnesio y potasio; deficiencias por fijación de fósforo; inhibición del crecimiento, toxicidad de aluminio, hierro y de amoníaco (NH_3) libre. El **fósforo** (P) favorece el crecimiento radicular, mejora la eficiencia de los nutrimentos, del uso del agua y aumenta el rendimiento. La absorción y reducción de nitrato es un proceso que consume energía, la cual es suministrada por el trifosfato de adenosina (ATP). En consecuencia, el metabolismo de nitrato está relacionado con el suministro P. El **potasio** (K) está estrechamente relacionado con

la asimilación de N en las plantas. Puede ocasionar deficiencias de calcio y magnesio, si se encuentra en grandes cantidades, ya que estos nutrientes tienen características similares y el K compite con ellos en la absorción radicular. En cambio, si su nivel es bajo, repercute en la reducción del tamaño del fruto y del rendimiento, que además tiene malas cualidades organolépticas. No se debe olvidar tampoco la importancia del K en la regulación estomática, en los periodos de sequía y durante las heladas tardías de primavera. El **calcio** (Ca) es un elemento normalmente absorbido por las plantas en forma de Ca^{2+} . No es tóxico aún a concentraciones muy altas, siendo además muy efectivo en la detoxificación de altas concentraciones de otros elementos en las plantas. Las sales solubles de calcio como el nitrato y el sulfato son más económicas, en general, que los quelatos, de ahí que difícilmente se justifique la aplicación de un quelato de calcio por vía edáfica. Sin embargo, para uso foliar, a pesar de estar recomendados con éxito el nitrato y el cloruro de calcio, estos pueden causar quemaduras, en algunos tejidos muy sensibles a las sales, siendo, en estos casos, preferible el uso de quelatos o sales orgánicas de calcio. El **magnesio** (Mg) es absorbido por las raíces de las plantas principalmente como Mg^{2+} , el cual se encuentra en el suelo en forma de sales solubles como sulfato, nitrato y cloruro. No hay evidencias de la necesidad de que el magnesio deba estar quelatado para que pueda ser absorbido por las raíces de las plantas, ni tampoco de que la quelatación mejora su absorción. Los **microelementos**, para que los vegetales puedan cumplir su ciclo, es bien conocido que necesitan elementos minerales, algunos de ellos en cantidades tan pequeñas que se les denomina oligoelementos o más frecuentemente microelementos, siendo todos ellos indispensables para el desarrollo vegetal. Las plantas cubren sus necesidades de agua y microelementos minerales a partir de la solución del suelo, siendo determinante el estudio de la relación suelo-planta (Ramos, 2015).

Los microelementos se encuentran en el suelo bajo los siguientes estados:

- **Solubilizados en agua:** en la solución del suelo.

- **Intercambiables:** iones enlazados por cargas eléctricas de las partículas del suelo. Adsorbidos, quelatados o formando complejos: la mayoría de los microelementos son metales pesados, capaces de formar complejos con agentes complejantes o quelatantes de la materia orgánica del suelo.
- **Minerales primarios:** componentes de la roca madre.
- **Minerales secundarios:** en arcillas y óxidos metálicos insolubles.

Los tres primeros grupos constituyen la fracción de microelementos asimilables para las plantas, encontrándose en equilibrio, de forma que, un cambio en la concentración de uno de ellos conlleva una variación en las concentraciones de los otros. Los microelementos precipitados como el Fe y Mn en forma de óxidos pueden representar cantidades notables, y constituyen una fracción que puede transformarse en asimilable. Los microelementos adsorbidos en la estructura cristalina de los minerales arcillosos o que son constituyentes propios de esta estructura, no son asimilables para las plantas (Ramos, 2015).

1.5.4.2. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Un fertilizante orgánico es un producto de origen natural, animal o vegetal (por oposición a los abonos sintéticos), que contiene principalmente nitrógeno, fósforo o potasio y trazas de otros elementos en cantidades variables. Se puede utilizar tal cual o triturado, secado, deshidratado, reducido a polvo o en forma líquida (Medina *et al.*, 2010).

1.5.4.2.1. ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, mantenimiento los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Medina *et al.*, 2010).

Los fertilizantes orgánicos son abonos de origen natural que provienen de restos de alimentos, animales y vegetales, así como de los residuos de cultivos y de cualquier fuente orgánica o natural; estos elementos tienen propiedades que ejercen determinados efectos los cuales aumentan su fertilidad y ayudan a mejorar la calidad del suelo o del medio de cultivo. Estos abonos son una herramienta ideal para incrementar la producción ya que aportan vitaminas y minerales, los cuales son nutrimentos necesarios y ayudan a estimular la actividad de los microorganismos y así beneficiar el desarrollo de las plantas. Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas (Cegarra *et al.*, 1993).

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aerobio o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Libreros, 2012).

El abono orgánico es capaz de favorecer la estructura y la textura del suelo, así por ejemplo puede hacer más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos; incluso permite mejorar la permeabilidad del suelo debido a que influye en el drenaje y en la aireación de éste, razón por la cual hay una alta actividad radicular y una mayor acción de los organismos presentes en el medio de cultivo. Asimismo, los fertilizantes orgánicos ayudan a absorber las radiaciones solares con lo cual el suelo adquiere más temperatura y puede absorber mejor los nutrimentos. El uso de fertilizantes orgánicos ayuda a retener y a mantener la humedad necesaria que cada tipo de suelo requiere para el crecimiento adecuado de los cultivos; por otra parte, los fertilizantes orgánicos permiten restablecer los niveles de materia orgánica, con lo cual es posible incrementar la capacidad para acumular distintos elementos que son aportados a través de estos. Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la

capacidad de retención de humedad y en el pH (Courtney y Mullen, 2008), también aumentan el potasio disponible (Erhart y Hartl, 2003), y el calcio y el magnesio (Jakobsen, 1996; Miyasaka *et al.*, 2001). En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Andrea, 2004).

Se recomienda el uso de abonos orgánicos como remediadores de los suelos, para devolver las características, físicas, químicas y biológicas que permitan continuar con una adecuada producción de alimentos sanos, armonizando las necesidades agrícolas y el cuidado al medio ambiente. La importancia que tiene evaluar y cuantificar la disminución en la capacidad productiva de un suelo, es que estas acciones son reversibles buscando las alternativas adecuadas para tal fin, y la aplicación de enmiendas como la lombricomposta es una de estas prácticas (Álvarez *et al.*, 2012).

La lombricomposta es un proceso que básicamente consiste en la descomposición de residuos orgánicos a través del efecto de lombrices (*Eisenia andrei*, *Eisenia foetida*) al alimentarse de los mismo y excretar una sustancia altamente enriquecida en proteínas y minerales que son útiles a las plantas, y que también ayuda a mejorar la textura del suelo, y algunas de las condiciones físico, químicas de este. Esta sustancia facilita el desarrollo de microorganismos, que también son benéficos al suelo, mejora la capacidad de retención del agua.

Resulta importante la mención que la aplicación de desechos orgánicos requiere ser tratada de una manera adecuada, ya que es necesario que sufra un composteo, para que pueda ser mayormente asimilada por la planta, si no, puede representar un cambio en pH y en el desarrollo de microorganismos no benéficos para la planta, la disposición de los nutrimentos, etcétera. Esta es la razón por la que la lombricomposta es una excelente opción para aportar materia orgánica, y diversos nutrientes minerales que las plantas requieren para un óptimo desarrollo, además de que esta debe contar con la relación C: N adecuada. (en el caso de lombricomposta en 25:1), (Galvan, 2009).

1.5.5. ORIGEN DE LAS ENFERMEDADES

Para que una enfermedad se desarrolle en una planta, deben estar presentes varias condiciones: una planta susceptible, un organismo patogénico, un buen mecanismo de distribución del organismo y un ambiente apropiado para que esta exista. Cuando las condiciones son apropiadas, la infección ocurre y el agente causal de la enfermedad se establece (Castellanos *et al.*, 2004).

Debido a la alta inversión que representa una estructura protegida, y que no resulta redituable cambiar de cultivo constantemente, hace que no exista una rotación del cultivo, los residuos de cosecha, suelos mal drenados, con poca materia orgánica y un desequilibrio microbiológico contribuyen a un exponencial crecimiento de enfermedades, dichas enfermedades causadas por patógenos producen estructuras que pueden resistir el efecto del tiempo y cultivos no hospedantes. Debido a lo anterior surge la necesidad de usar agroquímicos cada vez más complejos, o en mayores dosis, lo cual resulta altamente perjudicial para el medio ambiente e incrementa los costos de producción. En este cultivo, como en muchos otros, el control de enfermedades se basa fundamentalmente en el uso de fungicidas órgano-sintéticos, con los respectivos problemas colaterales ampliamente documentados (Esquinas y Nuez, 1995; Zavaleta, 1999).

El cultivo generalmente se desarrolla de la siguiente manera: Antes del trasplante a las charolas se les realiza una inmersión en propamocarb, posteriormente al trasplante se hacen fumigaciones de manera semanal, y en casos necesarios se realizan aplicaciones en menor cantidad de tiempo, los agroquímicos usados son por lo general: propamocarb, metalaxil, clorotalonil, procloraz, gentamicina, oxitetraciclina, estreptomina, kasugamicina, imidacloprid, cipermetrinas, abamectina, flonicamid, paratión metílico, tebuconazol, estrobirulinas, fosetil aluminio, sulfato y gluconato de cobre. El uso de agroquímicos no solo incrementa los costos, pese a su uso racional, y utilizando los de menor residualidad, es una gran cantidad la que se requiere para el manejo de un cultivo, el ataque de enfermedades es cada vez más difícil de controlar. Las enfermedades más comunes son: *Alternaria*, *Pythium*, *Fusarium*, *Phytophthora infestans* y problemas

de bacterias. En el caso de plagas: Mosquita blanca, araña roja, gusanos de diferentes tipos, trips, y en suelo, nemátodos; en algunos casos gallina ciega. Las enfermedades patogénicas están presentes en plántulas (*damping off*), follaje (tizones temprano y tardío), en tallos (*Fusarium* spp.) y hasta en los frutos (pudrición apical y pudrición por *Alternaria*) (Tigchelaar, 2001; González *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2007).

1.5.6. MANEJO AGROECOLÓGICO DE ENFERMEDADES

1.5.6.1. MICROORGANISMOS BENÉFICOS

Una de las propuestas más actuales en sanidad de los cultivos es el uso de microorganismos de benéficos, por ejemplo, los consorcios bacterianos. Las características óptimas que debe poseer un antagonista microbiano útil en cultivos vegetales son las siguientes: ser genéticamente estable, eficaz a bajas concentraciones, hábil para sobrevivir condiciones adversas del medio ambiente, incluyendo refrigeración y almacenamiento controlado, resistente al ataque de hiperparásitos, efectivo para una amplia gama de microorganismos patógenos en una variedad de frutas y hortalizas, fácil de producir en medios de bajo costo, resistente a los fungicidas, compatible con procedimientos de procesos comerciales, poder establecerse con rapidez para minimizar la destrucción realizada por la plaga, no ser patogénico en el hospedero y que no produzca metabolitos secundarios dañinos a la salud humana (Zúñiga *et al.*, 2014).

La velocidad de descomposición de los compuestos químicos en el suelo esta en función de la disponibilidad que tienen los microorganismos o a los sistemas enzimáticos para degradar, así como de la cantidad y actividad de éstos. Los suelos en donde se han utilizado agroquímicos, como pesticidas, por un periodo largo de tiempo se ven afectados en la mineralización de nitrógeno, es decir que dichos suelos tienen un rendimiento pobre en cuanto a fertilidad del suelo, cabe mencionar que la adición de lombricomposta es útil para incrementar la fertilidad, ya que al adicionarse el suelo con esta enmienda orgánica incrementa su concentración de

nitratos el cual será aprovechado por las plantas, por lo que el uso de lombricomposta sería una alternativa para suelos con un largo historial en el uso de pesticidas (Álvarez *et al.*, 2012).

Aunado al mejoramiento de suelo a través de la aplicación de materia orgánica (lombricomposta), para lograr el control de enfermedades que tanto daño causan a los agricultores; se recomienda adicionar organismos benéficos, en este trabajo se trata de bacterias llamadas “Rizobacterias”, es decir, que viven alrededor del sistema radicular del cultivo, y que, tienen diferentes funciones, en algunos casos, como por ejemplo *Azospirillum*, suelen ser fijadoras de nitrógeno, en otros casos, pueden desintegrar el fosfato (que es un elemento difícil de asimilar por la planta debido a la interacción que tiene con otros elementos), la acción común de estos conjuntos de bacterias es la producción de ácido indolacético (AIA) que promueve el crecimiento y desarrollo vegetal. Una de las formas en que actúan dichas bacterias es que exudan fitohormonas. Una gran cantidad de estas bacterias se encuentran presentes en el suelo de manera natural, desafortunadamente con el uso de agroquímicos y una inadecuada cultura de desinfección y tratamiento del suelo, se ha erradicado su estado natural, por ello se recomienda la inoculación de la planta y del suelo con ellas. Entre los usos efectivos de los microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martínez, 2002).

La rizósfera constituye un microhábitat donde ocurren numerosas interacciones entre las plantas, que producen una gran cantidad de exudados, y los microorganismos del suelo que pueden ser atraídos o repelidos por la gran variedad de moléculas liberadas por las diversas especies vegetales (Bais *et al.*, 2006). Se estima que del 2 al 5% de las rizobacterias pueden estimular el crecimiento vegetal por medio de diferentes mecanismos (Antoun y Kloepper, 2001). En algunos casos, las rizobacterias estimulan directamente el crecimiento mediante la producción de

reguladores, AIA, la isopentenyladenosina (IPA) y el ácido giberélico (Arshad y Frankenberger, 1991; Patten y Glick, 1996; Parvin *et al.*, 2011); otro mecanismo que favorece el crecimiento vegetal es la solubilización de fosfatos orgánicos e inorgánicos en el suelo por medio de la producción de fosfatasas y de ácidos orgánicos, que aumentan la disponibilidad del fósforo para las plantas (Rodríguez y Fraga, 1999; Paredes y Espinosa, 2010; Keneni *et al.*, 2010; Wahyudi *et al.*, 2011). En otros casos, el efecto favorable sobre el crecimiento de las plantas cultivadas es a través de mecanismos indirectos, como las actividades antagónicas de algunas bacterias contra microorganismos fitopatógenos por medio de la producción de antibióticos, enzimas y compuestos volátiles que permiten reducir la incidencia de enfermedades de las plantas cultivadas (Maurhofer *et al.*, 1992; Berg *et al.*, 2000; Mojica *et al.*, 2009; Rudrappa *et al.*, 2010). En algunos casos, las bacterias benéficas son capaces de estimular los mecanismos de defensa vegetal, como el reforzamiento de la pared celular y la producción de compuestos fenólicos y fitoalexinas. Este mecanismo consiste en que la bacteria benéfica y el organismo patógeno permanecen separados físicamente, la rizobacteria no causa ningún síntoma visible en la planta, ni tampoco un efecto de toxicidad en el patógeno (Van *et al.*, 1998). En condiciones de escasa disponibilidad de Fe^{+3} , las bacterias benéficas que producen sideróforos compiten ventajosamente con los microorganismos fitopatógenos por este elemento, reduciendo de este modo la disponibilidad de Fe^{+3} para los microorganismos patógenos y en consecuencia, la incidencia de enfermedades (Leeman *et al.*, 1996, Hernández *et al.*, 2006). Otro mecanismo por el cual las rizobacterias pueden estimular el crecimiento de las plantas es mediante la actividad de la enzima 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico desaminada, que hidroliza el 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), el inmediato precursor del etileno, que reduce la concentración de esta fitohormona y su efecto inhibitorio del crecimiento vegetal (Glick *et al.*, 1998; Sgroj *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2012). Diversos estudios han demostrado que la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal ha logrado mejorar el crecimiento de plántulas de tomate, trigo, soya, maíz y otras especies, mediante

la combinación de los mecanismos mencionados anteriormente (Chabot *et al.*, 1996; Gutiérrez-Mañero *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 2010).

Los diferentes mecanismos que utilizan las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) hacen de estos microorganismos una herramienta interesante que se puede integrar a los diferentes procesos de la producción agrícola, como es la nutrición vegetal y el control de plagas y enfermedades. De esta forma se permite un mejor aprovechamiento de la fertilidad natural de los suelos, reduciendo la aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas que contaminan el ambiente. En cuanto al uso de biofertilizantes, destacan las bacterias del género *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Mesorhizobium* las cuales fijan nitrógeno en simbiosis con diversas especies de leguminosas. En diversos países, principalmente en los desarrollados, se aplican habitualmente biofertilizantes a los cultivos, preparados con microorganismos como *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* y micorrizas. En países de América Latina como México, Colombia, Brasil, Cuba, Venezuela, Nicaragua y Costa Rica existen muchas experiencias a pequeña y mediana escala, en las que se usan diferentes productos que tienen como base de su funcionamiento a microorganismos nativos. En México, algunas instituciones como el INIFAP y SAGARPA han realizado diferentes ensayos con cepas potencialmente útiles como biofertilizantes, los cuales ya se utilizan en ciertas explotaciones tecnificadas como la soya en Argentina y Brasil (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012).

1.5.6.2. BIOFERTILIZANTES

Un biofertilizante es un fertilizante formulado con uno o varios microorganismos (hongos y bacterias) , los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, uno de los elementos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica es el uso de biofertilizantes, lo cual en los sistemas productivos es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad. La sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los

agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (Mejía, 1995).

1.5.6.3. EXTRACTO LÍQUIDO DE LOMBRICOMPOSTA

El extracto de compost es acuoso de alta actividad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica de la composta (Ochoa *et al.*, 2009). El humus de lombriz es uno de los fertilizantes naturales de más alta calidad y más nutritivos del mundo. Debido a su efecto en la mejora del suelo, promueve el crecimiento y un mayor rendimiento de los cultivos (Morales *et al.*, 2009). Este producto es un material orgánico derivado de la actividad de la lombriz roja californiana (*Esenia foetida*) (Edwards *et al.*, 1984) y presenta un efecto sobre el crecimiento de la planta, el cual puede estar relacionado con la actividad microbiana (Márquez y Cano, 2005).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. AREA DE ESTUDIO

El experimento fue realizado en el estado de Puebla, en el municipio de Tlapanalá, ubicado en la parte suroeste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 38' 24" y 18° 44' 06" de latitud norte y los meridianos 98° 28' 18" y 98° 35' 36" de longitud occidental y sus colindancias son: Al norte limita con Huaquechula, al sur limita con Tilapa, al oeste limita con Tepeojuma e Izúcar de Matamoros y al poniente limita con Tepexco y Huaquechula (Figura 1).

El municipio se localiza dentro de la región morfológica del Valle de Matamoros, valle que limita al norte con el de Atlixco, al sur con el de Chiautla y al este con los llanos de Tepexi. Su altitud es de 1,300 metros sobre el nivel del mar. Al oriente se levanta una corta sierra de no más de 10 kilómetros de largo, de 200 metros de altura, donde destacan los cerros: Campana, el Huarache, Nochizo, Guayacanes y la Victoria. Al noroeste de la localidad de Tlapanalá se alza un conjunto montañoso formado por los cerros Tenayote, Tlapanaleco, La Campana, Chiquito y el Ídolo. La mayor parte del municipio presenta áreas dedicadas a las actividades agrícolas; existen grandes zonas de Agricultura de temporal (Inafed, 2010).

2.1.1. HIDROLOGÍA DE LA ZONA

El municipio pertenece a la Cuenca del Río Atoyac, es recorrido por dos ríos permanentes, el Ahuehuello y el Atila. El Río Ahuehuello baña el poniente del municipio de norte a sur y se une posteriormente al Nexapa, afluente del Atoyac. El Río Atila recorre el centro del municipio también de norte a sur hasta unirse al Ahuehuello. Cuenta con arroyos intermitentes que se unen a los ríos mencionados y con el bordo llamado la Calavera (Inafed, 2010).

Localización de Tlapanalá en el estado de Puebla.

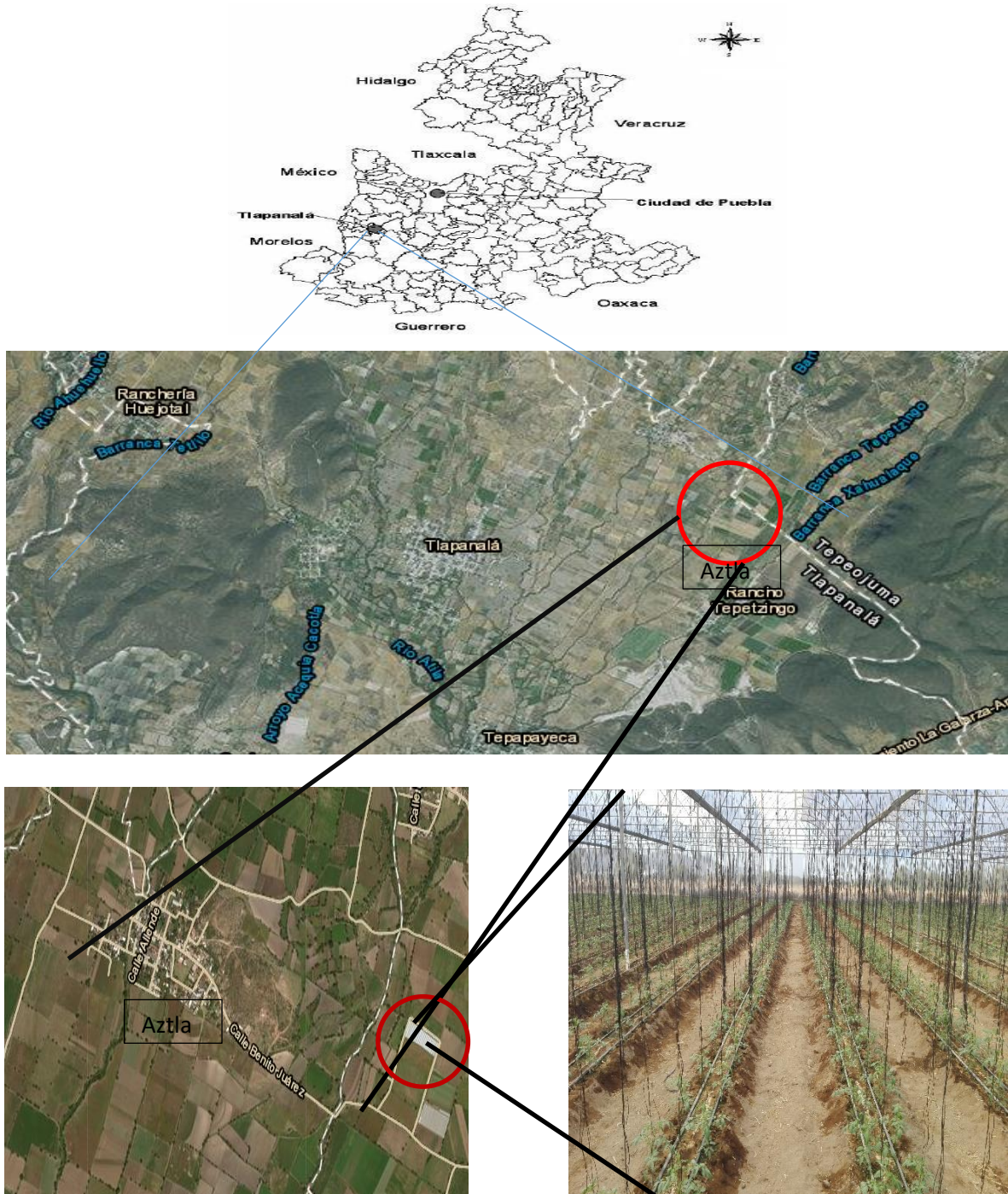


Figura1. Ubicación del municipio de Tlapanalá, Puebla; invernadero donde se realizó el experimento con jitomate variedad Pony Express.

2.1.2. CLIMA

El municipio se localiza dentro de la zona de climas cálidos del Valle de Izúcar de Matamoros, identificándose dos climas: Clima semicálido: Se presenta en las zonas montañosas del municipio. Clima cálido subhúmedo: Es el clima predominante, se presenta en todo el municipio excepto al oriente y extremo noroeste (Inafed, 2010).

2.1.3. SUELOS

En el municipio se identifican suelos pertenecientes a cuatro grupos que continuación se describen (Inafed, 2010):

Litosol: Se presentan en las formaciones montañosas del oriente y noroeste.

Feozem: Se localizan al poniente y en pequeñas áreas del norte del municipio; presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate a menos de 7.5 centímetros de profundidad en el suelo).

Regosol: Se localizan en una extensa área del centro-oeste del municipio; presenta fase lítica (roca a menos de 50 centímetros de profundidad).

Fluvisol: Se localizan en una ancha franja que recorre de norte a sur el municipio, presenta fase pedregosa (fragmentos de roca o tepetate de 7.5 centímetros de diámetro).

2.2. ANÁLISIS DE SUELO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Se realizó un muestreo de suelos en la parcela experimental que se encuentra ubicada en el paraje “San Isidro Huayacan perteneciente a los campos de la junta auxiliar del rancho de Aztla, Tlapanalá Puebla. Este fue ejecutado con el propósito de proporcionar información de las características del suelo como son: Físicas. Químicas y Biológicas.

2.2.1. MUESTREO PARA DETERMINAR ANÁLISIS DE SUELOS

El método de muestreo será el siguiente y en base a las Normas oficiales Mexicanas (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Es un procedimiento para la obtención de una o más muestras representativas en un terreno. Mediante el muestreo, la heterogeneidad de los parámetros del suelo a ser evaluados podrá estimarse en su valor promedio, colectando un determinado número de muestras o de muestras compuestas derivadas de submuestras.

El material y equipo mínimo necesario para la colecta de muestras de suelo en campo, barrena de cilindro cerrado o pala recta. La herramienta de muestreo debe garantizar que la muestra obtenida tenga el mismo volumen en espesor y profundidad, de un tamaño suficiente que facilite y permita la formación de las muestras compuestas, que sea fácil de limpiar, resistente al desgaste, útil en suelos arenosos secos y en arcillosos húmedos, y que no contamine las muestras con impurezas.

Materiales para realizar muestreo:

Bolsas de plástico transparente con capacidad para dos kilogramos de suelo.

Marcadores de tinta indeleble.

Libreta de notas y bolígrafo.

Procedimiento:

Subdivisión de unidades de muestreo.

Establecer objetivos para definir las unidades de muestreo.

La unidad de muestreo debe ser un área donde el tipo de suelo en cuanto a textura, color, pendiente, cultivo, manejo, etc., sea aparentemente homogéneo. Disminuir la heterogeneidad de los atributos que se van a determinar, delimitando las unidades de muestreo o áreas aparentemente homogéneas en el terreno. Se ha observado que las muestras individuales pueden presentar mayor variación y consumen más tiempo y recursos económicos que las muestras compuestas, por lo que resulta más conveniente colectar y analizar muestras compuestas. El número de muestras individuales que deben componer una muestra compuesta varía entre 15 y 40, dependiendo de la heterogeneidad y tamaño de la unidad de muestreo, aunque el

número de submuestras es independiente del tamaño de la población (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Existen varios procedimientos para definir el sitio de colecta de la muestra, siendo el más práctico el muestreo en zig zag, a lo largo de una línea dentro de la unidad de muestreo. El muestreo en zig zag inicia por un lado del terreno, escogiendo al azar el punto de partida para definir el plano de muestreo que cubra homogéneamente la unidad de muestreo. Ya definido el plano de muestreo se decide la distancia entre los diferentes puntos de muestreo, en relación con el número de submuestras elegido según el objetivo del muestreo.

La profundidad del muestreo se determina en función del objetivo que se persigue. Cuando el muestreo es para evaluar la fertilidad de los suelos se debe hacer un muestreo a la profundidad de máxima exploración radical del cultivo en cuestión. Generalmente, el muestreo en la mayoría de los cultivos se recomienda realizar a una profundidad entre 0-20 o 0-30 cm. (Figura 2).

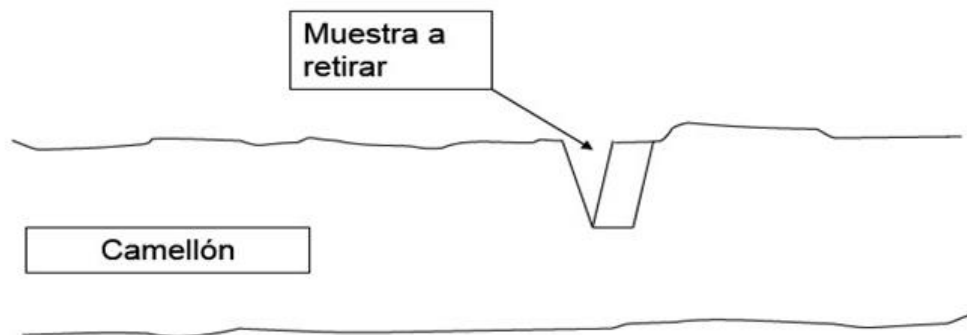


Figura 2. Toma de muestra de suelo en camellón.

La muestra compuesta se debe preparar con submuestras que contengan un mismo volumen de suelo y podrán ser sometidas a un buen proceso de homogeneización. La homogeneización de las submuestras debe realizarse dentro de una tina de plástico, con capacidad para 30 kilogramos de suelo, evitando la contaminación con otros materiales. El mezclado dentro de la tina de plástico se realiza con una pala de aluminio o de acero inoxidable, de uso manual. Después del mezclado de las muestras se forma una muestra circular, la que se divide en cuatro partes iguales, de las cuales se desechan dos cuartos opuestos y con los dos restantes se repite

el proceso de mezclado indicado anteriormente (Figura 3). Repetir el proceso tantas veces como sea necesario, hasta que la muestra final tenga un peso de 1.5 kg. La homogeneización de las submuestras puede realizarse en campo cuando se tienen muchas submuestras o en el laboratorio si la cantidad de submuestras es pequeña.

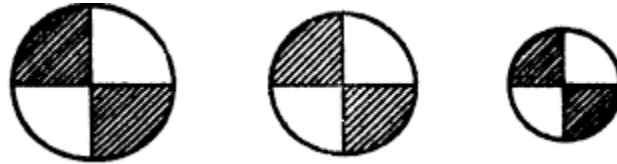


Figura3. División de muestras mezcladas para homogeneización de suelo experimental dentro del invernadero.

El informe de la muestra debe incluir la información que se indica a continuación:

- Nombre del productor o interesado.
- Clave de identificación del lugar donde fue colectada la muestra, si fuera posible sobre un plano o mapa referenciado.
- Nombre del cultivo establecido o con qué fines se realiza el muestreo.
- Identificación propia de la muestra.
- Fecha de colecta de la prueba.

La parcela experimental cuenta con 1362 m² (Figura 4), y se encuentra dentro de un invernadero de 10,000 m² quedando definido un número de 15 submuestras de donde se extraerá la muestra compuesta y que es el número mínimo de muestras aceptables de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Figura 4. Área experimental donde se sembró jitomate saladet variedad Pony Express, los recuadros representan las naves del invernadero, los de color verde son donde se tomaron las muestras y se realizó el experimento.

2.2.2. DETERMINACIONES EN SUELO

De los análisis de las muestras se determinarán los parámetros indicados en la Tabla 1.

2.2.2.1. DETERMINACIONES FÍSICAS

Las propiedades físicas de los suelos determinan en gran medida la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks *et al.*, 2004).

2.2.2.2. DETERMINACIONES QUÍMICAS

Los análisis de suelos, en especial los análisis químicos, constituyen la herramienta más eficiente para conocer cuál es la disponibilidad de nutrientes del suelo o propiedades edáficas variables en el tiempo y en el espacio. También son elementos complementarios interesantes y útiles de estudios de aptitud productiva del suelo, donde, además de las características variables mencionadas, interesa conocer las propiedades permanentes, que permiten definir la capacidad de uso, (Torres, 2016).

Tabla1. Parámetros físicos, químicos y biológicos determinados en el suelo del área experimental.

Determinaciones	Parámetro a determinar	Método
Físicas	Determinación de la textura del suelo	AS-09
	Densidad aparente	Probeta
Químicas	pH	AS-02
	Conductividad eléctrica	AS-18
	Contenido de materia orgánica	AS-07
	Nitrógeno inorgánico (N-NO ₃)	AS-25
	Fósforo disponible (P)	Bray 1 u Olsen
	Potasio (K ⁺)	AS-12
	Calcio (Ca ²⁺)	AS-12
	Magnesio (Mg ²⁺)	AS-12
	Sodio (Na ⁺)	AS-12
Hongos Fitopatógenos		
Biológicas	<i>Fusarium oxysporum f. sp.</i>	PCR
	<i>Rhizoctonia solani.</i>	PCR
	<i>Phytophthora infestans.</i>	PCR

PCR: Reacción en cadena de la polimerasa (prueba de diagnóstico que permite detectar un fragmento de material genético de un patógeno).

2.2.2.3. DETERMINACIONES BIOLÓGICAS

Existen una gran variedad de microorganismos benéficos y fitopatógenos en los suelos, para establecer un cultivo siempre es necesario realizar determinaciones y así, establecer un método o programa de control los hongos fitopatógenos, ya que estos son causantes de grandes daños a los cultivos y a la economía de los agricultores, de ahí la importancia de determinar su presencia. Las propiedades biológicas tienen la ventaja de actuar como señales tempranas de degradación o de mejoramiento del suelo (Vallejo *et al.*, 2012).

2.3. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO CON JITOMATE

2.3.1. DISEÑO DE TRATAMIENTOS

La variedad usada en este experimento fue Pony Express, de la casa semillera Harris Moran, tomate tipo roma, Saladet con hábito de crecimiento determinado, maduras

precoz con una estructura de porte medio, alta resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* 1,2,3, Peca bacteriana y Mosaico del tomate, fruto grande y extragrande de 125 a 130 gramos en promedio.

La descripción de los tratamientos se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados al cultivo de jitomate Pony Express en invernadero.

Tratamiento	Descripción del tratamiento
T1	Manejo sin tratamiento contra patógenos de suelo y fertilización al 70%.
T2	Manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 70%.
T3	T1 más aplicación de consorcio bacteriano.
T4	T1 más lombricomposta y extracto líquido foliar.
T5	T3 más T4.
T6	Manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 100%.

Cada tratamiento consto de 5 repeticiones conformadas en bloques y cada unidad experimental fue conformado por 12 plantas de jitomate de la variedad Pony Express.

2.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental se realizó en bloques y es conformado por 6 tratamientos con 5 repeticiones por tratamiento, las unidades experimentales se establecieron como muestra la Tabla 3.

2.3.3. VARIABLES EVALUADAS

El análisis de crecimiento de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas como son la longitud de los tallos y la altura de la planta, estas variables son de importancia en la cuantificación del crecimiento (Casierra *et al.*, 2007). Otras variables medidas fueron el rendimiento y los calibres de fruto, que se cuantificaron mediante del peso total de la producción y el tamaño de los frutos cosechados. Para medir el rendimiento se cuantifico el producto por planta y es

pesado en una báscula, en cuanto al calibre, la producción se clasifica por tamaños como menciona la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997 (Mendoza *et al.*, 2018).

Tabla 3. Diseño de tratamientos aplicados al cultivo de jitomate en invernadero de la variedad Pony Express.

Repetición	R1	R2	R3	R4	R5
Tratamientos	U. exp.1	U. exp.2	U. exp.3	U. exp. 4	U. exp. 5
T1	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5
T2	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5
T3	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5
T4	T4R1	T4R2	T4R3	T4R4	T4R5
T5	T5R1	T5R2	T5R3	T5R4	T5R5
T6	T6R1	T6R2	T6R6	T6R4	T6R5

Variables agronómicas

- **Diámetro, tallo y altura de la planta.**

Uno de los parámetros a determinar para validar el efecto de las enmiendas orgánicas es el desarrollo de la planta (crecimiento) esto se hace mediante su altura y diámetro de tallo, la altura de la planta se mide con un flexómetro de la base del tallo, a la hoja posicionada a mayor altura en la planta, en el caso del diámetro se utiliza un vernier digital marca AutoTec midiendo la base del tallo por debajo de los cotiledones; estas mediciones se realizan de manera quincenal a partir de los 7 ddt hasta los 70 ddt cuando inicia la etapa de la cosecha.

- **Producción y Calibres.**

A partir de los 75 ddt inicio la cuantificación de la producción, que es otra manera de validar el efecto de las enmiendas orgánicas, el peso se obtuvo utilizando una báscula digital marca Torrey con capacidad de 50 Kg (+/- 10 g) en kilogramos por planta y para el calibre de fruto en kilogramos por calibre, esto se realiza en cada corte con un total de 13 mediciones durante el tiempo que dura la cosecha, en cada corte se pesan los frutos por tratamiento en cada una de sus repeticiones, una vez cosechado y pesado, se clasifico por tamaños o calibres y cada calibre de cada tratamiento se pesa por separado, todos los datos obtenidos se sujetaron a un

análisis de varianza mediante el paquete estadístico Statgraphics, las medias fueron comparadas mediante Tukey con $\alpha = 0.05$.

2.4. ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis de costos de una empresa o de los costos necesarios para la producción de un artículo determinado, es importante clasificar los costos en directos, indirectos, fijos y variables (Henk, 2002).

2.4.1. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

En la producción agropecuaria existen costos relacionados directamente a la producción de un artículo determinado. Estos costos se llaman costos directos. Por ejemplo, los costos de semillas y fertilizante.

Los costos indirectos, como su nombre lo indica, no tienen una relación directa con la producción de un artículo determinado. Los costos de un taller de maquinaria, por ejemplo, están indirectamente relacionados con un producto terminado. Así, también los costos de Administración y corriente eléctrica de la empresa son costos relacionados con el funcionamiento general de la empresa y, por lo tanto, se consideran costos indirectos (Henk, 2002).

2.4.2. COSTOS FIJOS Y VARIABLES

Costos fijos son aquellos que no varían en relación con el volumen de producción. Por ejemplo, los costos de construcciones, instalaciones, maquinaria y equipo no varían y son independientes de la cantidad de unidades producidas, hasta determinada escala de la producción.

Los costos variables están directamente relacionados con el volumen de producción. Cuanto más se produzca, los costos variables serán mayores. Por ejemplo, los costos de alimentación se relacionan con la producción de ganado. También los costos de combustibles y lubricantes de un tractor varían de acuerdo con el número de horas de operación (Henk, 2002).

Para el análisis de costos de este proyecto se trabaja con costos directos y costos indirectos, puesto que lo que se desea es estimar el costo unitario del producto final.

Se obtendrá una comparación directa y específica de los costos por cultivo de manejo convencional y de manejo agroecológico.

2.4.3. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO CONVENCIONAL (CTMC)

CTMC = Insumos+ Operación + Administrativos

Insumos:

- Semillas, fertilizantes, agroquímicos, agua y combustible.

Operación:

- Mano de obra y maquinaria.

Administrativos:

- Administrador, supervisor, contabilidad y renta.

2.4.4. COSTO TOTAL DEL CULTIVO CON MANEJO AGROECOLÓGICO (CTMA)

CTMA=Insumos + Operación + Administrativos

Insumos:

- Semillas, fertilizantes, agroquímicos, agua y combustible.
- Insumos agroecológicos

Lombricomposta

Extracto de Lombricomposta

Consorcio Bacteriano

Operación:

- Mano de obra y maquinaria

Administrativos:

- Administrador, supervisor, contabilidad y Renta.

A partir de los resultados de costos en ambos manejos y la producción obtenida se determinará el costo unitario por kilogramo del producto para ambos casos.

2.4.5. COSTO TOTAL UNITARIO

El costo total unitario es la suma de los costos por unidad de producto determinado (Henk, 2002).

Costo total unitario = (Costos totales) / (Unidades producidas).

Los costos totales de producción de una hectárea de jitomate no son suficientes para evaluar la eficiencia de la producción, mientras no se tome en cuenta el rendimiento por hectárea. En los costos totales por kilo de jitomate, se consideran tanto los costos como el rendimiento, lo que resulta en un mejor dato para la comparación de la eficiencia de la producción.

El costo total unitario se usa como base para calcular el precio de venta, pero en este caso se utilizará para comparar el costo de la producción entre el manejo convencional y en manejo agroecológico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DETERMINACIONES EN SUELO.

3.1.1. DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

La determinación de las condiciones físicas y químicas del suelo donde se estableció el experimento se realizaron por triplicado para asegurar su efectividad, y así conocer las características del suelo (Tabla 4), los resultados de las tres muestras analizadas indican bajos niveles de Nitrógeno 0.08 % en promedio, de acuerdo la NOM-021-RECNAT-2000, nos indican niveles en un rango de (0.15-0.25 %); en cuanto a la materia orgánica el suelo cuenta con 1.68 %, al ser un suelo franco arenoso este nivel es bajo, para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arenosos es de 2.5%, de ahí que los resultados de este estudio muestren resultados favorables a la aplicación de la lombricomposta como fuente de materia orgánica, la materia orgánica del suelo contiene de 2 a 3 % de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997).

El valor del pH es de 6.92 característico de un suelo neutro y la densidad aparente un valor de 1.31 g/mL. El fósforo en la muestra es de 15.9 mg/Kg, lo que indica un nivel medio en cuanto a contenido y el potasio 1.33 cmol_e/Kg que indica nivel alto, el contenido de calcio es de 3.56 cmol_e/Kg que es un contenido bajo, el magnesio reporta un valor de 5.46 cmol_e/Kg que es un contenido alto, el sodio es alto, que indica un proceso de sodificación, de acuerdo con los rangos indicados en la NOM-021-RECNAT-2000.

3.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.

El cultivo microbiológico en papa dextrosa agar (PDA) resulto con crecimiento de bacterias y hongos. Se hizo un análisis microscópico sin poder identificar algún género en particular, por lo cual se recurrió al análisis molecular donde se extrajo ADN para realizar una PCR, para *Fusarium oxysporum f. sp.*, *Phytophthora*

infestans, *Rhizoctonia solani*, sin encontrar la existencia de ninguno de estos patógenos.

Se realizaron inspecciones visuales en la raíz de las plantas con los diferentes tratamientos y se observaron daños por hongos fitopatógenos y nemátodos (Figura 5), muestras de estas raíces se analizaron en laboratorio, los resultados se muestran en la Figura 6. Conjuntando ambas observaciones es notable que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 muestran daño por hongos fitopatógenos e incidencia por nemátodos, mientras que el tratamiento T5 no es visible tal daño, el uso de abonos orgánicos pueden reducir algunas enfermedades inducidas por hongos fitopatógenos (Zavaleta, 2002).

La imagen de T5 de la figura 5, muestra un desarrollo y volumen abundante de raíces, el uso de consorcios bacterianos incrementa el volumen de raíces y la sanidad debido a sus diferentes efectos en la zona radicular, Medina *et al.*, (2014) detectaron la capacidad de síntesis de ácido indolacético en 15 (18%) rizobacterias del total de microorganismos aislados y 33 (40%) solubilizaron fósforo inorgánico *in vitro*, su ensayo en plántulas de tomate, mostró un incremento significativo en la biomasa de las plántulas. El análisis visual de los tratamientos T3, T4 y T5 concluye una sinergia entre la lombricomposta y el consorcio bacteriano al ser aplicados en conjunto. La materia orgánica funciona como inoculante microbiano que incrementa las poblaciones microbianas presentes en el suelo y favorece la tasa de crecimiento de las raíces (Aranda, 2002).

Tabla 4. Determinaciones físicas y químicas de suelo de la parcela experimental bajo invernadero en el municipio de Tlapanalá, Puebla.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR M1	VALOR M2	VALOR M3	PROMEDIO	INTERPRETACION
Ph		6.89	6.87	6.99	6.92	Neutro
M.O.	%	1.33	2.4	1.32	1.68	Bajo
Nt	%	0.072	0.115	0.081	0.089	Bajo
Arena	%	71	67	69	69	
Limo	%	20	22	24	22	
Arcilla	%	9	11	7	9	
Textura						Franco arenosa
Ca²⁺	cmol _c /Kg	2	5.1	3.6	3.56	Bajo
Mg²⁺	cmol _c /Kg	6	4.8	5.6	5.46	Alto
Na⁺	cmol _c /Kg	1.5	1.3	1.3	1.36	
K⁺	cmol _c /Kg	1.4	1.3	1.3	1.33	Alto
P	mg/kg	16.5	15.3	15.9	15.9	
Da	g/ml	1.32	1.3	1.31	1.31	
CE	dS/m	2.14	1.99	1.96	2.03	Moderadamente salino



Figura 5. Raíces de jitomate Pony Express al finalizar el experimento, **a)** sin control de patógenos de suelo y fertilización al 70%, **b)** manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 70%, **c)** aplicación de consorcio bacteriano, **d)** aplicación de lombricomposta y extracto líquido foliar, **e)** tratamiento 3 más tratamiento 4 y **f)** manejo convencional con agroquímicos contra patógenos de suelo y fertilización al 100%.

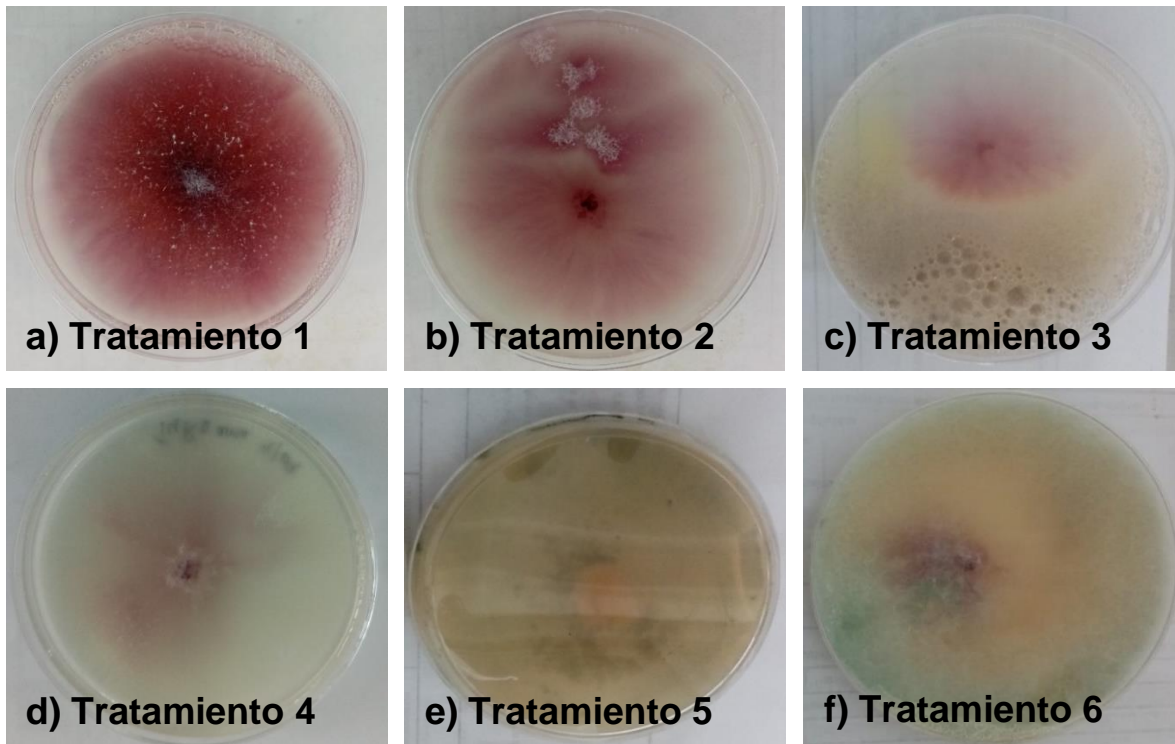


Figura 6. Crecimiento de hongos fitopatógenos, **a)** tratamiento 1 presencia de *Fusarium sp.*, **b)** tratamiento 2, presencia de *Fusarium sp.*, **c)** tratamiento 3, presencia de *Fusarium sp.* con halo de contención, **d)** tratamiento 4, presencia de *Fusarium sp.*, **e)** tratamiento 5, sin presencia visible de *Fusarium sp.*, **f)** tratamiento 6, presencia de *Fusarium*.

3.2. VARIABLES EVALUADAS

3.2.1. ALTURA DE LA PLANTA

La figura 7 muestra la altura de la planta con respecto a los tratamientos aplicados, se observa al T6 con 132.97 cm de altura, como el de mayor altura, este resultado puede deberse al 30 % de fertilización excedente con respecto al resto de los tratamientos, sin embargo, y de acuerdo con el análisis de varianza y la comparación de medias, no se muestran diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos. Utilizando Tukey con $\alpha = 0.05$ y un valor de $P = 0.9235$ podemos concluir con un 95% de nivel de confianza que no existen diferencias significativas en la altura de las plantas entre los tratamientos. Se reportan valores en un cultivo de calabaza en invernadero donde un tratamiento con nutrición orgánica (gallinaza) alcanza una altura de 34.5 cm, esta no supera en altura de

planta al tratamiento con nutrición química con una altura de 34.5 cm pero si la iguala, también se utilizaron micorrizas como tratamiento biológico, la altura de la planta en este tratamiento (33.8 cm) es inferior que el tratamiento químico y orgánico, en este estudio también se utilizó un tratamiento con la combinación los tratamientos orgánico y el biológico, el cual logra superar al tratamiento químico con una altura de planta de 39.7 cm (Díaz *et al.*, 2016). En pepino desarrollado en agricultura protegida Vásquez *et al.*, (2014), los valores de área foliar fueron similares entre la fertilización sintética al 100 % (200-200-100), comparada con la mitad del fertilizante más la inoculación de biofertilizante (complejo de bacterias promotoras de crecimiento).

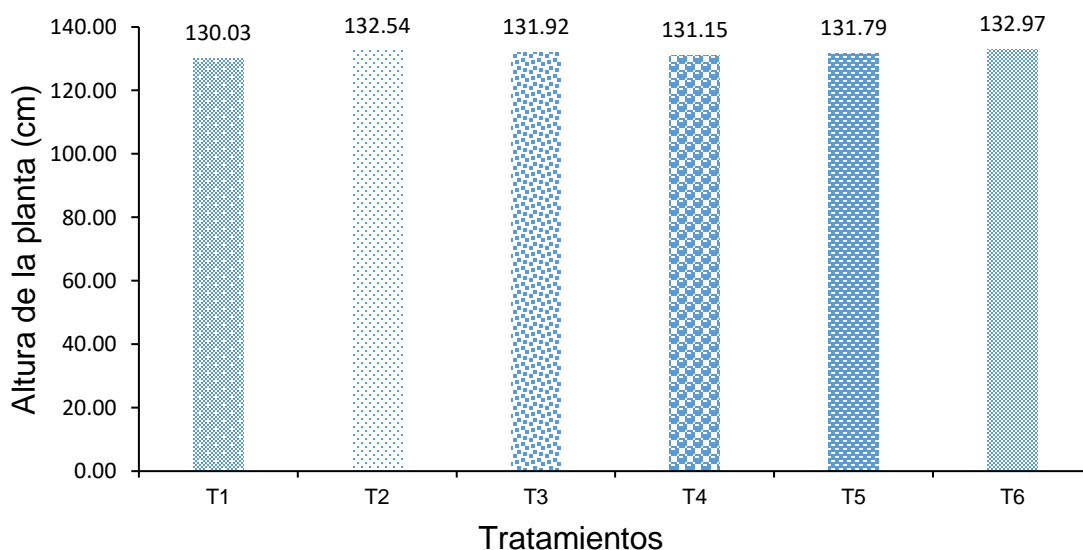


Figura 7. Tratamientos vs altura de la planta 70 ddt, jitomate Pony Express, utilizando Tukey con $\alpha = 0.05$ y $P = 0.9235$.

3.2.2. DIÁMETRO DE TALLO

En cuanto al diámetro de tallo, el T6 supera al resto de los tratamientos como se ve en la Figura 8 y como indican los resultados al analizar la varianza y hacer la comparación de medias mediante Tukey con un $\alpha = 0.05$ y un valor de $P = 0.004$, se determina con un nivel de confianza del 95 % que si existe una diferencia significativa en los diámetros de tallo de las plantas destacando al T6 como el de mayor efecto en el grosor de tallo. Casierra *et al.*, (2007) menciona que el crecimiento se manifiesta como un aumento irreversible de la masa de un organismo

vivo, órgano o célula. El concepto de crecimiento puede definirse como un aumento en tamaño, sin embargo, esto no es siempre cierto, dado que puede darse el crecimiento sin que aumente el tamaño, pero sí el número de células; con lo cual, también puede haber crecimiento con incremento de tamaño. Díaz *et al.*, (2016) reporta valores en un cultivo de calabaza en invernadero donde un tratamiento con nutrición orgánica (gallinaza) obtienen diámetros de tallo promedio de 12.5 mm, este tratamiento supera al tratamiento químico (12.1 mm) y biológico (11.9 mm), pero es inferior a la combinación de los tratamientos orgánico y el biológico, el cual logra superar a los demás tratamientos con un diámetro de tallo de 12.7 mm.

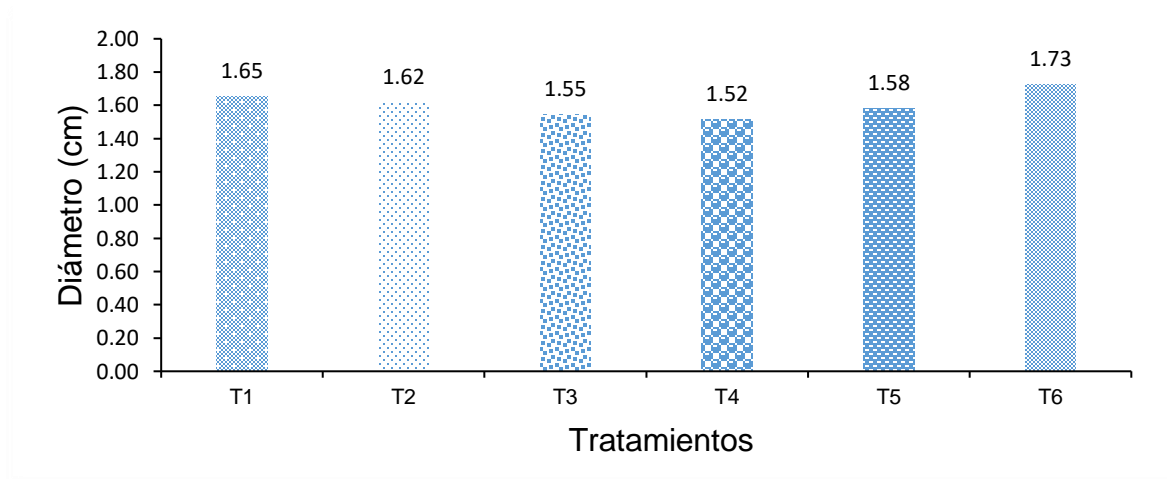


Figura 8. Tratamientos vs Diámetro de tallo 70 ddt, jitomate Pony Express, mediante Tukey con $\alpha = 0.05$ y $P = 0.004$.

3.2.3. PRODUCCIÓN DE JITOMATE PONY EXPRESS BAJO LOS TRATAMIENTOS APLICADOS

La Figura 9 muestra la producción obtenida por cada tratamiento, analizando los datos, no existen diferencias significativas de la producción entre los tratamientos, concluyendo que el T6 que obtuvo 7.66 Kg por planta, y no es significativamente superior al T5 con 7.65 kg por planta, tomando en cuenta que T6 tuvo una ventaja en fertilización del 30% con respecto al resto de los tratamientos, de esta manera podemos denotar como los microorganismos promotores de crecimiento, la

lombricomposta y el extracto líquido foliar utilizados como enmiendas orgánicas aumentan significativamente la producción con respecto a un manejo convencional; si se comparan los tratamientos 5 y 2 que son fertilizados en la misma proporción, se puede observar con mayor facilidad como las enmiendas orgánicas aumentan la productividad del cultivo de jitomate, como indican los resultados del T2 con una producción de 7.22 Kg por planta y el T5 con una producción de 7.65 Kg por planta, encontrando que el T5 supera en un 5.95% la producción del T2, además de ello es una producción que reduce el uso de agroquímicos para el control de enfermedades patógenas del suelo y por tanto la carga de compuestos químicos en el producto final. El uso de enmiendas orgánicas (lombricomposta) en otros cultivos como es el caso de la cebolla muestran incrementos en la producción de este (Ibarra y Paredes, 2013). En cuanto a producción se refiere Diaz *et al.*, (2016) reportan valores donde demuestran que la nutrición orgánica, la inoculación con micorrizas, y la combinación de ambos arrojaron resultados similares a la fertilización inorgánica, lo que sugiere contar con prácticas agronómicas competitivas y más amigables con el medio ambiente. Los datos sugieren que la combinación de lombricomposta y el consorcio bacteriano manifiestan un efecto sinérgico para la producción de la planta.

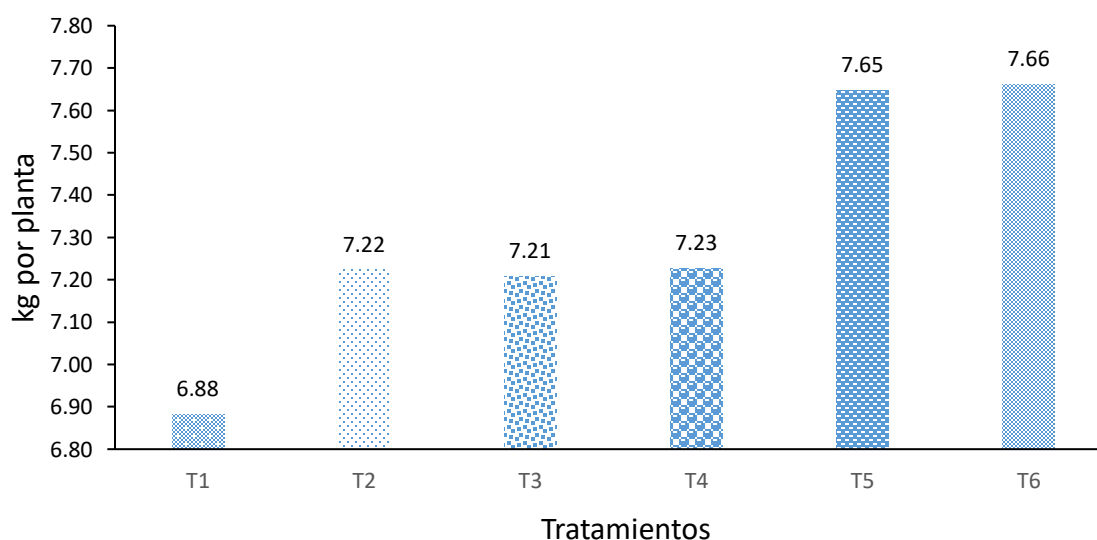


Figura 9. Tratamientos vs Producción de Jitomate Pony Express al finalizar el ciclo del cultivo, Tukey con $\alpha = 0.05$, y $P = 0.9815$, por lo tanto, $P > \alpha$.

3.2.3.1. PRODUCCIÓN POR CALIBRES DE FRUTO

Este parámetro depende de diversos factores y que es determinante tema comercial y económico puesto que generalmente en el mercado el precio es directamente proporcional al calibre de fruto, la Figura 10 muestra los calibres de fruto en kilogramos por planta al finalizar el ciclo de cultivo, se hizo el análisis estadístico para determinar si existe diferencia significativa entre las producciones por calibres por tratamientos con un $\alpha=0.05$, de lo cual obtenemos que para la producción de calibres extra con un valor de $P=0.2716$ y un 95 % de nivel de confianza no existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que $P>\alpha$. Respecto al calibre grande el análisis estadístico nos indica que el valor de P es igual a 0.6254, por lo que con un nivel de confianza del 95% se concluye que no hay diferencia significativa en el calibre grande entre los tratamientos. El análisis estadístico del calibre mediano indica con un valor de $P=0.7120$ y 95 % de nivel de confianza que no existen diferencias significativas, para el calibre chico el análisis muestra con un 95 % de nivel de confianza que existe un diferencia significativa con un valor de $P=0.0150$, entre el tratamiento 1 con menor cantidad de producción y el resto de los tratamientos, según el calibre calidad segunda, con un valor de $P=0.3407$ y un 95% de nivel de confianza se concluye que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Rodríguez *et al.*, (2009) compararon los efectos de té de composta como fertilizante biológico y la fertilización tradicional en tomate producido en invernadero, en dicho trabajo se registraron semejanzas en el diámetro, largo y peso del fruto y en el rendimiento entre los tratamientos. Díaz *et al.*, (2016), obtienen valores de producción en calabaza en invernadero donde la combinación de una fertilización orgánica y biológica es muy semejante a la producción química y en su caso de estudio superan la media nacional.

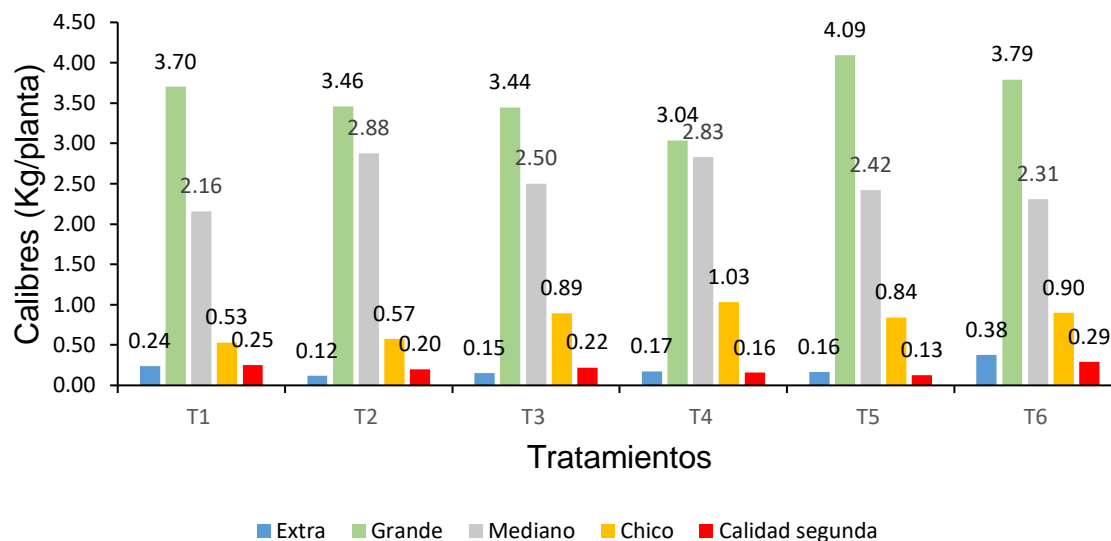


Figura 10. Tratamientos vs calibres de fruto del cultivo de jitomate Pony Express al finalizar el ciclo de cultivo.

3.3. ANÁLISIS DE COSTOS

Los resultados de costos muestran diferencias mínimas y que varían entre tratamientos como muestran los resultados; donde se pueden observar algunas tendencias en el tratamiento 1 como el más elevado y el tratamiento 5 que como el más bajo y así los diferentes costos de cada tratamiento, T1 = \$5.30/Kg, T2 = \$5.26/Kg, T3 = \$5.18/Kg, T4= \$5.27, T5= \$4.99/Kg y T6= \$5.07/Kg.

3.3.1. COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son los que causan efecto en el aumento o disminución de costos, aunque esto no significa que sea el factor determinante para el obtener el costo final del producto el cual depende de la producción (Tabla 5).

3.3.2. COSTOS FIJOS Y VARIABLES

Como se mencionó anteriormente, los costos fijos son aquellos que no varían en relación con el volumen de producción, hasta determinada escala de la producción. Mientras que los costos variables están directamente relacionados con el volumen de producción. Cuanto más se produzca, los costos variables serán mayores (Tabla 5).

Tabla 5. Costos directos e indirectos, fijos y variables de cada tratamiento por kilogramo de producción en el cultivo de jitomate Pony Express al finalizar el cultivo.

Costos por Kilogramo producción				
Tratamiento	Directos	Indirectos	Fijos	Variables
T1	\$ 3.04	\$ 2.26	\$ 1.88	\$ 3.42
T2	\$ 3.10	\$ 2.16	\$ 1.79	\$ 3.47
T3	\$ 3.02	\$ 2.16	\$ 1.79	\$ 3.39
T4	\$ 3.11	\$ 2.16	\$ 1.79	\$ 3.48
T5	\$ 2.95	\$ 2.04	\$ 1.69	\$ 3.30
T6	\$ 3.04	\$ 2.03	\$ 1.69	\$ 3.38

3.3.3. COSTO TOTAL (CTMC)

Los costos de producción totales por hectárea de los tratamientos convencionales dentro de este estudio son: T2 con fertilización reducida al 70%, \$534,918.08 y T6 con fertilización al 100%, \$569,589.40, (tabla 6), el panorama de costos (FIRA, 2018), calcula un costo de producción de una hectárea de jitomate bajo cubierta en \$473,692.00 sin incluir la depreciación o renta del invernadero, incluyendo el valor de la renta del invernadero el costo estimado sería de \$623,692.00 por hectárea, con lo cual se tiene una base de que los costos de los tratamientos convencionales están dentro de un margen aceptable comparado con los costos estimados a nivel nacional.

3.3.4. COSTO TOTAL (CTMA)

Los costos totales de producción por hectárea de los tratamientos con manejo agroecológico en este estudio son: T3 \$547,078.08, T4 \$558,258.08 y T5 \$559,458.08 (Tabla 6), el costo estimado de un cultivo orgánico bajo cubierta ajustando la densidad de siembra y superficie cultivada es de \$389,633.00 pesos por hectárea, sin incluir depreciación o renta del invernadero (Vázquez *et al.*, 2014), incluyendo el valor de la renta del invernadero el costo estimado sería de \$539,633.00 por hectárea, el costo del manejo agroecológico de los tratamientos estudiados es más elevado que el costo del manejo orgánico citado, aunque esto no define cual es el más rentable, pero se utiliza como comparativo de rango de costos.

Tabla 6. Costos totales, unidades totales producidas, y costo total unitario del cultivo de jitomate Pony Express por cada tratamiento estudiado.

Costo de Producción final			
Tratamiento	Costo total (\$/ha)	U. producidas (Kg/ha)	Costo total U. (\$/Kg)
T1	\$ 534,918.08	100835	\$ 5.30
T2	\$ 557,078.08	105834	\$ 5.26
T3	\$ 547,078.08	105612	\$ 5.18
T4	\$ 558,258.08	105892	\$ 5.27
T5	\$ 559,458.08	112056	\$ 4.99
T6	\$ 569,589.40	112266	\$ 5.07

3.3.5. BENEFICIO COSTO

Para determinar el beneficio-costo se utilizaron precios de venta actuales a la fecha de venta del producto, con estos precios y el costo total unitario se determinó la relación de cada uno de los tratamientos (Tabla 7), y se obtuvo el T5 como el de mayor rentabilidad con un beneficio-costo de 1.60, cumpliendo con uno de los objetivos finales de este trabajo.

Tabla 7. Resultados del beneficio-costo de los tratamientos aplicados al cultivo de jitomate Pony Express.

Relación beneficio costo						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Producción kg/planta	6.88	7.22	7.21	7.23	7.65	7.66
Precio por Kg	\$ 8.02	\$ 7.99	\$ 7.96	\$ 7.93	\$ 8.00	\$ 7.98
Utilidad Bruta	\$ 55.16	\$ 57.71	\$ 57.34	\$ 57.32	\$ 61.20	\$ 61.14
(-) Total costos	\$ 36.51	\$ 38.02	\$ 37.34	\$ 38.10	\$ 38.18	\$ 38.87
Beneficio neto	\$ 18.65	\$ 19.68	\$ 20.00	\$ 19.22	\$ 23.02	\$ 22.26
costo-beneficio	1.51	1.52	1.54	1.50	1.60	1.57

3.4. CONCLUSIONES

- Las propiedades físico – químicas - biológicas del suelo indican que no es un suelo con la fertilidad adecuada, sin embargo, con la aplicación de lombricomposta + consorcio bacteriano + extracto líquido foliar y fertilización al 70% produjo un rendimiento (112 t/ha) similar de fruto al obtenido con manejo convencional.
- La propuesta agroecológica de producción de jitomate es una alternativa para contrarrestar los efectos por patógenos en suelos, ya que aumenta la producción de jitomate y disminuye tanto el uso de fertilizantes químicos como de agroquímicos aplicados contra hongos fitopatógenos en suelos, y al mismo tiempo reduce el impacto al medio ambiente.
- La relación costo beneficio para el paquete agroecológico propuesto es positiva con un valor de 1.60, la recuperación más alta con respecto al resto de los tratamientos, con lo que se valida la implementación de un manejo sostenible en el cultivo de jitomate en el municipio de Tlapanalá, Puebla.

4. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, B. D., Flores, M. R. y Lastiri, H. M. A. 2012. Efectos de la adición de vermicomposta en un suelo contaminado con pesticidas y su comportamiento en el proceso de nitrificación y mineralización de carbono. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Michoacán, México. *Scientia-CUCBA* 14(1):21-26.

Andrea, B. 2004. Manejo ecológico del suelo. Dominicana. Editorial RAP-AL., no 1, 27 pp.

Antoun, H. y Kloepper, J. W. 2001. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). S. Brenner and J. H. Miller (eds.). *Encyclopedia of genetics*. Academic Press. New York, NY, USA. p. 1477-1480.

Aranda, D. E. 2002. Usos y aplicaciones de las lombricompostas en México. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio. Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM., p.p. 22-35.

Arshad, M. y Frankenberger, W. T. Jr. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil*. Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands. 133:1-8.

Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S. y Vivanco, J. M. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57: 233-266.

Berg, G., Kurze, S., Buchner A., Wellington, E. M. y Smalla, K. 2000. Successful strategy for the selection of new strawberry associated rhizobacteria antagonistic to *Verticillium* wilt. *Can. J. Microbiol.* 46: 1128-1137.

Casierra, P.F., Constanza, C. M. y Cárdenas, H. J. F. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2), 299-305.

Castellanos, J. Z., Gálvez, H. F., Lorenzo, P. Muños, R. J. de J., Medina. G. G., Ojodeagua, A. J. L., Rondón, S., Sánchez G. M. C., Siller, C. J. H., Urrutia, M. A., Valenzuela, U. G., Vargas, T. P., Villalobos, R. S. 2004. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2ª Edición. Celaya, Gto. México. Impresos Profesionales del Centro. p.p. 318-319.

Cegarra, J. A.; Roig, A. F.; Navarro, M. P.; Bernal, M.; Abad, M.; Climent, D. y Aragón, P.1993. Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. En: Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje. Córdoba, España: Ed Mundi - Prensa. p.p. 46-55.

Chabot, R., Antoun H. y Cescas M. P. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. *Phaseoli*. Plant Soil. (Netherlands) 184: 311-321.

Courtney, R. G. y Mullen, G. J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresour. Technol., vol. 99, 2913-2918.

Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Allende, F. A. y Ortiz, C. F. E. 2016. Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. Revista Internacional de contaminación ambiental. Vol. 32 No. 4 México.

Dzul, C. I. R., Jaramillo, V. J. L., Tornero, C. M. A. y Schwentesius, R. R. 2011. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el estado de Jalisco. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14: 501-512.

Edwards, C. A., Burrows, I., Fletcher, K. E. y Jones, B. A. 1984. The use of earthworms for composting farm wasted. En: Gasser JKR (ed). Composting of agricultural and other wastes. Els. App. Sci. Publ. London. 241 p.

Erhart, E. y Hartl, W. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. European Journal of Soil Biology., vol. 39, No. 3, p. 149-156.

Esquinas, A. J. T. y Nuez, V. F. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez, V. F. (ed.). El Cultivo del tomate. Mundi- Prensa. Madrid, España. p.p. 16 - 19.

FIRA. 2017. Tomate Rojo. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México. www.fira.gob.mx

FIRA. 2018. Costos de producción 2018 – 2019 / Tomate. México. www.fira.gob.mx

Galvan, A. 2009. Importancia de la elaboración de composta y vermicomposta a partir de residuos agrícolas. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura.

Gálvez, G. M. 2015. Producción de tomate saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill) Con soluciones nutritivas orgánicas en invernadero. Universidad Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México.

Glick, B. R., Penrose, D. M. y Li, J. 1998. A model for the lowering of the plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 63-68.

González-Chávez, M., Shagarodsky, T., Barrios, O. y Fraga, N. 2003. Comportamiento varietal del tomate ante el ‘tizón temprano’ en condiciones de campo. Rev. Protección Veg. 18(1):38 - 41.

Graetz, H. A. 1997. Suelos y Fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.

Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J. y Vera Núñez, J. A. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3: 1261-1274.

Gros, A. y Domínguez, A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.

Gutiérrez-Mañero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J., Tadeo, F. R. y Talón, M. 2001. The plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiol. Plant.* 111: 206-211.

Guzmán, C. G., Gonzáles, de M. M. y Sevilla, G.E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. https://www.researchgate.net/publication/272127962_Introduccion_a_la_Agroecologia_como_Desarrollo_Rural_Sostenible.

Heinisch, C. 2013. Soberanía alimentaria: un análisis del concepto. <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-00794380>.

Henk, W. B. 2002. Administración de empresas agropecuarias. Trillas.

Hernández-Rodríguez, A., M. Hendrich-Pérez, M. G. Velázquez del Valle y A. N. Hernández-Lauzardo. 2006. Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Rev. Mex. Fitopatol.* 24: 42-49.

Ibarra, G.L. G. y Paredes, F. J. Q. 2013. Producción de cebolla (*Allium cepa* L.) influenciada por la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas. *Investigación Agraria*, vol. 7 No. 1.

Inafed.gob.mx. 2010. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. [Puebla - Tlapanalá \(inafed.gob.mx\)](http://www.inafed.gob.mx)
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21185a.htm>

Jakobsen, S. T. 1996. Leaching of nutrients from pots with and without applied compost. *Resour. Conserv. Recyc.*, vol. 18, p. 1-11.

Jasso, C. C., Martínez, G. M. Á, Alpuche, S. Á. G. y Garza, U. E. 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 41. www.inifap.gob.mx

Keneni, A., Assefa, F. y Prabu, P. C. 2010. Isolation of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of faba bean of Ethiopia and their abilities on solubilizing insoluble phosphates. *J. Agric. Sci. Technol.* 12: 79-89.

Leeman, M., Ouden, F.M., Pelt, J. A., Dirx, F. P. M., Steijl, H., Bakkerand, P.A. H. M. y Schippers, B. 1996. Iron availability affects induction of systemic resistance to *Fusarium* wilt of radish by *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology* 86: 149-155.

Libreros S. S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, vol. 28, p.p. 13-14.

Márquez, H. C. y Cano R. P. 2005. Producción Orgánica de Tomate Cherry Bajo Invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5:219-224.

Martínez V. R. 2002. Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. XIII Congreso Científico del INCA. Programa y resúmenes. La Habana.

Maurhofer, M., C. Keel, U. Schnider, C. Voisard, D. Haas y Défago, G. 1992. Influence of enhanced antibiotic production in *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO on its disease suppressive capacity. *Phytopathology* 82: 190-195.

Mejía G. 1995. Agricultura para la vida: Movimientos alternativos frente a la agricultura química. Cali, Colombia: Feriva, p. 252.

Medina, J. N., Chimal, C. Y., Gómez, L. B., Aguilar, Z. J. J. y Hernández, G. G. 2014. Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate. *Terra Latinoamericana*, Volumen 32, No. 4.

Medina, L. A.; Monsalve, Ó. I. y Forero, A. F. 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Ciencias Hortícolas*, vol. 4, No. 1, p. 109-125).

Mendoza, P.C., Ramírez, A. C., Martínez, R. A., Rubiños, P. J. E., Trejo, C. y Vargas, O. A. G. 2018. Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.9 No.2. Efecto de

número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero
(scielo.org.mx)

Miyasaka, S. C.; Hollyer, J. R. y Kodani, L. S. 2001. Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Res.*, vol. 71, p. 101-112.

Mojica-Marín, V., Luna-Olvera, H. A., Sandoval-Coronado, C. F., Pereyra-Alfárez, B., Morales-Ramos, L. H., González-Aguilar, N. A., Hernández-Luna, C. E. y Alvarado-Gómez, O. G. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. *Fyton* 78: 105-110.

Morales, J.C., Fernández, M.V., Montiel, A. y Peralta, B. C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz *Eisenia foetida*. *Biotecnia* 11(1):19-26.

NOM-021-RECNAT-2000-DOF-DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN.

NOM-021-SEMARNAT-2000.

Ochoa, E., Figueroa, U., Cano, P., Preciado, P., Moreno, A. y Rodríguez, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 15(3):245-250.

Parvin, J., Vidit, T. y Ballabh, B. 2011. Characterization of Rhizobacteria diversity isolated from *Oryza sativa* cultivated at different altitude in north Himalaya. *Res.* 2: 208-216.

Patten, C. L. y Glick, B. R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Can. J. Microbiol.* 42: 207-220.

Paredes-Mendoza, M. y Espinosa-Victoria, D. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana* 28: 61-70.

Potash y Phosphate Institute. 1988. Manual de fertilidad de suelos. Georgia. USA, 85 p.

Quiroga, M. R., Rosales, E. M. y Rincón, E. P. 2007. Enfermedades causadas por hongos y nematodos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Rev. Mex. Fitopat. 25(2):114 - 119.

Ramos G. F. 2015. Aplicación balanceada de fertilizantes. Productores de hortalizas. 24: 8-15.

Rodríguez, D.N., Cano, R.P., Figueroa, V.U., Favela, C.E., Moreno, R.A., Márquez, H.C., Ochoa, M.E. y Preciado, R.P. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Lantinoamer. 27, 319-327.

Rodríguez, H. y Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol. Adv. 17: 319-349.

Rodríguez S. J. 1993. La fertilización de los cultivos: un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago de Chile, Chile. 287 p.

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce, de León, J., Gill, M. 2004. Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo-Uruguay. 68 p.

Rudrappa, T, Biedrzycki, M. L., Kunjeti, S. G., Donofrio, N. M., Czymmek, K. J., Paré, P. W. y Bais, H. P. 2010. The rhizobacterial elicitor acetoin induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. Commun. Integr. Biol. 3: 130-138.

SAGARPA. 2017. Jitomate Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Primera edición. www.gob.mx/sagarpa

Santiago L. G. 2014. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. 85 p.

Sgroy, V., Cassán, F., Masciarelli, O., del Papa, M. F., Lagares, A. y Luna, V. 2009. Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting (PGPB)

or stress homeostasis-regulating (PSHB) bacteria associated to the halophyte *Prosopis strombulifera*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85: 371-381.

SIAP. 2016. <https://www.gob.mx/siap/articulos/jitomate-3-3-millones-de-toneladas-en-2016>.

Singh, A. V., Shah, S. y Prasad, B. 2010. Effect of phosphate solubilizing bacteria on plant growth promotion and nodulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). J. Hill Agric. 1: 35-39.

Tigchelaar, E. C. 2001. Botánica y cultivo. En: Jones, J. B.; Jones, J. P.; Stall, R. E.; y Zitter, T. A. (Eds.). Plagas y enfermedades del tomate. The American Phytopathological Society. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 2 - 4.

Torres D. M. 2016. Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de la fertilidad de los suelos y la fertilización de cultivos. Tecnoagro S.R.L. México. 5 p.

Vallejo, V.E., Roldán, F., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N. y Dick, R.P. 2012. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 150, 139-148.

Van-Loon, L. C., Bakker, P. A. y Pieterse, C. M. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Ann. Rev. Phytopathol. 36: 453-483.

Vásquez, S.E. Lira, S.R., Valdez, A.L., Cárdenas, F.A., Ibarra, J.L. y González, D. 2014. Respuesta de pepino a la fertilización biológica y mineral con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra. Rev. Inter. Inv. Innov. Tecnol. 10, 1-11.

Vázquez, H. G., Barrios, D. B., Barrios, D. J. M., Cruz, R. W. y Berdeja, A. R. 2014. Rentabilidad de la producción de jitomate silvestre orgánico (*Solanum Lycopersicum L.*) en cubiertas plásticas de bajo costo. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. 34, enero-junio p. 773-783.

Wahyudi, A. T., Astuti, R. P., Widyawati, A., Meryandini, A. y Nawangsih, A. A. 2011. Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting rhizobacteria. J. Microbiol. Antimicrobials 3: 34-40.

Wang, M. X., Liu J., Chen, S. L. y Yan, S. Z. 2012. Isolation, characterization and colonization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing bacteria XG32 and DP24. World J. Microbiol. Biotechnol. 28: 1155-1162.

Zapata F. 2002. Contribución de las técnicas nucleares al desarrollo de prácticas de manejo integrado de suelo, agua y nutrimentos para el incremento de la producción agrícola. Terra 20:1-6.

Zavaleta M. E. 2002. Abonos orgánicos para el manejo de Fitopatógenos con origen en el suelo. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio 2002. Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM., p.p. 38-45.

Zavaleta M. E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana 17(3):201-207.

Zuñiga, A. J.J., Noh Medina, J., Yam, Ch. C., Borges, G. L. y Hernández, G. G. 2014. Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate. Terra Latinoamérica vol.32 No.4 Chapingo. [Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate \(scielo.org.mx\)](http://scielo.org.mx)