



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



**COMPLEJO REGIONAL NORTE SEDE TETELA DE OCAMPO
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EVALUACIÓN DE INOCULANTES ORGÁNICOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

P R E S E N T A

MARISOL MÉNDEZ URBANO

**DIRECTOR DE TESIS
M.C. BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ**

**ASESORES
M.C. MARÍA DEL ROSARIO HERNÁNDEZ TAPIA
M.C. ALFREDO BAEZ SIMÓN
DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ**

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, ENERO DE 2023

La presente tesis titulada: Evaluación de inoculantes orgánicos para la producción de plántula de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) realizada por: Marisol Méndez Urbano ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO (A) EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Complejo Regional Norte-Sede Tetela de Ocampo

Programa de Ingeniería Agroforestal

Consejo particular integrado

Firma

Director: M.C. Benjamín Barrios Díaz

Asesora: M.C. María del Rosario Hernández Tapia

Asesor: M.C. Alfredo Báez Simón

Asesor: Dr. Juan Manuel Barrios Díaz

Tetela de Ocampo, Puebla, enero 2023

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico BUAP-CA-324 denominado: **Sistemas agroforestales y agrícolas sostenibles** y de la línea de investigación: **Agricultura protegida y uso eficiente de los recursos agrícolas**. Dicho trabajo, fue parcialmente financiado por la empresa TEZA Agricultura Protegida y Sustentable; y con recursos propios.

DEDICATORIA

Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor hacia mí y mi familia y todos mis seres queridos

A mi mami Irma

Eres una mujer que simplemente me llena de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que nací. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti mami; no sé dónde me encontraría de no ser por tus consejos, valores, por tu motivación constante, ayuda, tu compañía y tu amor incondicional. Te doy mis más sinceras gracias, mi amada mami.

✶ A mi papi José Juan

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor incondicional y por toda su ayuda desde el cielo.

A mis hermanos Angélica y Emmanuel

Por brindarme su tiempo, paciencia, esfuerzo y un hombro para descansar y seguir adelante.

A mi novio José Ricardo

Tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Te agradezco muchísimo, amor mío.

A mis amigas (os)

Por permitirme aprender más de la vida a su lado lleno de risas, bromas y viajes de estudio.

A todos y cada uno de los que se hicieron presente en este proceso y que me brindaron su apoyo incondicional para que pudiese llevar a cabo la finalización del presente trabajo
GRACIAS.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista, por permitir que formara parte de ella.

Al complejo regional norte Tetela de Ocampo, por haberme abierto las puertas a la superación personal.

Al M.C. Benjamín Barrios Díaz, director de esta tesis por las asesorías impartidas en todo momento, por todas las atenciones brindabas, por su experiencia en campo, laboratorio, y sobre todo por su entusiasmo impartido para realizar este trabajo de investigación.

A los honorables miembros del consejo en particular por el apoyo, motivación, y recomendaciones para mejorar el trabajo: M.C. María del Rosario Hernández Tapia, Alfredo Báez Simón y al Dr. Juan Manuel Barrios Díaz con gratitud permanente y respeto hoy les digo gracias.

Al Ing. José Ricardo Rodríguez López por todo su apoyo moral, ético y emocional que me otorgo en todo este proyecto de investigación.

A todos mis maestros compañeros y amigos con los que inicie y termine mi carrera que tal vez en estos momentos, ya cada uno tenga rumbos diferentes son personas que siempre agradeceré haber conocido.

Agradezco a Dios la salud, la vida y la familia que me permite disfrutar, y sobre todo por haberme ayudado a terminar esta etapa profesional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS	10
ÍNDICE DE FIGURA	11
EVALUACIÓN DE INOCULANTES ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	12
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. OBJETIVOS.....	16
Objetivo particular	16
Objetivos generales	16
III. HIPÓTESIS.....	17
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	18
4.1 Generalidades del cultivo.....	18
4.1.1 Origen, domesticación y distribución del jitomate	18
4.2 Descripción botánica	18
4.3 Calificación taxonómica (CONABIO, 2009)	19
4.4 Morfología de la planta de jitomate.....	20
4.4.1 Raíz.....	20
4.4.2 Tallo.....	20
4.4.3 Hojas	20
4.4.4 Flor	20
4.4.5 Fruto.....	21
4.4.6 Semilla.....	21
4.5 Fenología del cultivo.....	21
4.6 Concepto de germinación	22
4.7 Fases de la germinación	22
4.8 Factores que afectan a la germinación	23
4.8.1 Factores internos (intrínsecos): propios de la semilla	23
4.8.2 Factores externos (extrínsecos): dependen del ambiente:	23
4.9 Evaluación del proceso germinativo.....	24

4.10 Producción de plántula de jitomate	24
4.10 1 Agricultura Protegida	24
4.10.2 Contenedores	25
4.10 3 Charolas recomendadas	25
4.10.4 Preparación de las charolas	25
4.11 Clasificación de los sustratos	25
4.11.1 Materiales inorgánicos	26
4.11.2 Materiales orgánicos	26
4.12 Manejo de la plántula	27
4.12.1 Riegos	27
4.12.2 Fertilización	27
4.12.3 Luz	28
4.12.4 Temperatura	28
4.12.5 Enfermedades de jitomate en plántula	28
4.13 Plagas de jitomate en plántula	29
4.13.1 Mosca blanca	29
4.13.2 Minador de la hoja	30
4.13.3 Áfidos	30
4.14 Biocontrol de patógenos con hábitos radicales	31
4.14.1 Microorganismos empleados como agentes de biocontrol	31
4.15 Productos biológicos	31
4.16 ¿Qué es un inoculante microbiano?	32
4.17 Los inoculantes desde el punto de vista de la agricultura	32
4.18 Uso de inoculantes orgánicos en el sector agrícola	33
V. MATERIALES Y MÉTODOS	34
5.1 Localización	34
5.2 Infraestructura	35
5.3 Material vegetativo	35
5.4 Sustrato	35
5.5 Lavado y desinfección de las charolas	36
5.6 Temperatura	36
5.7 Modo de siembra	36
5.8 Inoculantes orgánicos	36

5.9 Fertilización.....	37
5.10 Diseño experimental	38
5.11. Variables a evaluar	38
5.11.1. Porcentaje de germinación (% PG)	38
5.11.2. Tiempo al 50% de germinación	38
5.11.3. Altura de la plántula.....	39
5.11.4. Diámetro del tallo.....	39
5.11.5. Índice de esbeltez	39
5.11.6. Medición del área foliar	39
5.11.7. Peso fresco y peso seco parte aérea.....	40
5.11.8. Peso fresco y peso seco de la raíz	40
5.11.9. Longitud de raíz	40
5.11.10. Volumen de raíz.....	40
5.11. Análisis de variables	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
6. 1. Porcentaje de germinación (% PG)	42
6. 2. Tiempo al 50 % de germinación	42
6. 3. Altura de la plántula	44
6.4. Dímetro del tallo.....	45
6.5. Índice de esbeltez	46
6.6. Área foliar	47
6.7. Peso fresco parte aérea.....	48
6.8. Peso seco parte aérea	49
6.9. Peso fresco de raíz.....	50
6.10. Peso seco de la raíz.....	51
6.11. Longitud de raíz	52
6.12. Volumen de raíz.....	53
IV. CONCLUSIÓN.....	55
VII. LITERATURA CITADA.....	56
VII. ANEXOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Páginas
<u>Cuadro 1. Tratamientos empleados para la producción de jitomate en condiciones de macrotunel.</u>	38
<u>Cuadro 2. Tiempo al 50 % de emergencia en plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. con la aplicación de cuatro inoculantes orgánicos.</u>	43
<u>Cuadro 3. Índice de esbeltez de plántula <i>Solanum lycopersicum</i> L. de cada uno de los tratamientos.</u>	46
<u>Cuadro 4. Análisis del área foliar en plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L.</u>	47

ÍNDICE DE FIGURA

Contenido	Paginas
Figura 1. Morfología de la planta de jitomate; (A) Representación de la planta de jitomate (Nuez et al., 1995) (B) Plantas de jitomate en invernadero (ETIFA, 2010) (C) Racimo de jitomate (Brandt et al., 2005).....	19
Figura 2. Localización del experimento. (Gloogle Earth, 2018).....	34
Figura 3. Carátula del programa ImageJ.	40
Figura 4. Porcentaje final de emergencia a los 14 días de la siembra.	42
Figura 5. Emergencia acumulada de plántula de jitomate bajo la aplicación de cuatro inoculantes orgánicos.	43
Figura 6. Altura promedio de plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. durante 12 fechas de evaluación con diferentes inoculantes orgánicos.	44
Figura 7. Diámetro promedio de plántulas de jitomate durante ocho fechas de evaluación con diferentes inoculantes orgánicos.	45
Figura 8. Peso fresco parte aérea de plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. de cada uno de los tratamientos.	48
Figura 9. Peso seco parte aérea en plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. de cada uno de los tratamientos.	49
Figura 10. Peso fresco de raíz en plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. de cada uno de los tratamientos.	50
Figura 11. Peso seco de raíz en plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. de cada uno de los tratamientos.	51
Figura 12. Longitud de raíz que presento cada uno de los tratamientos con la aplicación de inoculantes orgánicos.	52
Figura 13. Volumen de raíz que presento cada uno de los tratamientos con la aplicación de inoculantes orgánicos.	53
Figura 14. Área de trabajo.	65
Figura 15. Acondicionamiento del área de trabajo, limpieza de las herramientas a empleadas.	65
Figura 16. Preparación del sustrato para cada uno de los tratamientos.	66
Figura 17. Siembra y acondicionamiento de las charolas en el microtúnel para su germinación	66
Figura 18. Germinación de semillas de <i>Solanum lycopersicum</i> L.	67
Figura 19. Desarrollo y crecimiento de plántula de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	67
Figura 20. Muestreo destructivo	68
Figura 21. Evaluación de variables.....	68

EVALUACIÓN DE INOCULANTES ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

RESUMEN

La presente investigación fue realizada para evaluar tres bioinoculantes micorrízicos en donde se tuvieron resultados favorables, estos se hicieron en 3 tratamientos adheridos al sustrato y un testigo, los cuales constan de lo siguiente; el tratamiento 1 estaba compuesto por Grammit® TS, el tratamiento 2 por Grammit® TS + Voltán®, el tratamiento 3 por Grammit® TS + Voltán® + Apolo® y el tratamiento 4 (testigo) solo contenía agua; se evaluaron variables germinativas, lo cual para porcentaje de germinación todos los tratamientos no cuentan con diferencia significativa lo que nos dice que en todos los tratamientos hubo la misma capacidad germinativa, para la variable tiempo al 50% de germinación el mejor tratamiento fue el 1, ya que su velocidad de germinación fue de 74.07 horas, teniendo una diferencia de 17.29 en comparación de tratamiento 4 que fue el que más tiempo tardó en germinar; en cuanto a las evaluaciones morfológicas el tratamiento 1 obtuvo un resultado favorable en diámetro, sin embargo el tratamiento 4 fue el que se desarrolló mejor en cuanto a la altura, por último para el índice de esbeltez el tratamiento que mejor resultados obtuvo fue el tratamiento 1 con 5.67, ya que como bien se explica este índice asocia la mejor calidad a valores menor a 6, además de que un valor bajo significa que la planta cuenta con mejor calidad, tal fue el caso entre el tratamiento 2 que a pesar de haber obtenido un valor de 5.8 este no fue menor que el tratamiento 1, sin embargo los tratamientos 3 y 4 estuvieron por encima del rango permitido (6). Por lo que de acuerdo con el objetivo principal que era evaluar y comparar el efecto de diferentes inoculantes orgánicos, sobre el crecimiento y calidad de plántula en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) se cumplen las expectativas

Palabras clave: calidad de plántula, microorganismos benéficos, micorrizas, inoculantes orgánicos, índice de esbeltez.

ABSTRACT

The present investigation was carried out to evaluate three mycorrhizal bioinoculants in which favorable results were obtained, these were made in 3 treatments adhered to the substrate and a control, which consist of the following; treatment 1 consisted of Grammit® TS, treatment 2 by Grammit® TS + Voltán®, treatment 3 by Grammit® TS + Voltán® + Apolo® and treatment 4 (control) only contained water; germinative variables were evaluated, which for germination percentage all the treatments do not count with significant differences what tells us that in all the treatments there was the same germinative capacity, for the variable time to 50% of germination the best treatment was 1, since its germination speed was 74.07 hours, having a difference of 17.29 compared to treatment 4, which was the one that took longer to germinate; Regarding the morphological evaluations, treatment 1 obtained a favorable result in diameter, however treatment 4 was the one that developed better in terms of height, finally for the slenderness index the treatment that obtained the best results was treatment 1 with 5.67, since as this index is explained, it associates the best quality with values less than 6, in addition to that a low value means that the plant has better quality, such was the case between treatment 2 that despite having obtained a value of 5.8 this was not less than treatment 1, however treatments 3 and 4 were above the allowed range (6). So, according to the main objective that was to evaluate and compare the effect of different organic inoculants, on the growth and quality of seedling in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) the expectations are fulfilled

Key words: seedling quality, beneficial microorganisms, mycorrhizae, organic inoculants, slenderness index

I.INTRODUCCIÓN

La alimentaria a nivel global requiere una mayor producción de alimentos para abastecer el progresivo crecimiento de la población (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). De acuerdo a lo que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) “la seguridad alimentaria se consigue cuando la población tiene, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos, en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades alimenticias” (FAO, 2009).

En México cada habitante cuenta con 0.28 hectáreas para producir alimentos, conforme aumente la población dicha superficie disminuirá. En este momento para incrementar los rendimientos en los distintos sistemas de producción agrícola, es necesaria la utilización de fertilizantes, de esta forma aumentar el rendimiento y el beneficio económico; el precio de los fertilizantes, dentro del costo de producción de los agricultores, oscila entre 10 y 25% (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010).

El deterioro de los recursos naturales es muy evidente debido al exceso de actividades agrícolas, (Santillana, 2006), por tal motivo gestionar u obtener un componente tecnológico e innovador que intervenga en la sostenibilidad del sistema agrícola se opta por la biofertilización , que de manera conjunta promueve la sanidad de los cultivos y esta reduce la utilización de agroquímicos sintéticos, los cuales han afectado notoriamente el sistema agrícola (Díaz-Franco *et al.*, 2012).

En México, el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum* L.). En 2008, México ocupó el doceavo lugar como productor de jitomate y el segundo lugar como exportador (SAGARPA, 2010), Además de tener un gran impacto socioeconómico ya que promueve empleos en la etapa reproductiva y mayormente en el periodo de comercialización ya que es la época dónde se utiliza bastante mano de obra, debido a este impacto social que tiene se ha convertido en un cultivo de suma importancia en la mayor parte del país. (SIACON, 2004).

Por lo previamente redactado, el enfoque que se le ha dado a la plántula de jitomate en el aspecto de la necesidad que se requiere para que se cumplan con los requerimientos de calidad y por la oferta que este tiene es de gran atención, es por eso que el desarrollo debe ser una especialidad y la razón es simple, ya que se basa en la obtención de desarrollar plántulas sanas y vigorosas, y estas provienen de un almacigo donde las condiciones fisicoquímicas y de nutrientes son los adecuados, por ello la elaboración de tecnología juega un papel de suma importancia.(Guzmán, 2003).

En la actualidad se han abierto nuevas posibilidades en el ámbito de las biotecnologías en referencia en la manera de aplicar microorganismos que benefician al suelo y al mismo

tiempo las plantas se ven favorecidas en su crecimiento, además la inclusión de un buen control biológico patógeno (Hernández 1998).

Los bioinoculantes es una de las nuevas e innovadoras tecnologías, ya que estas contienen una gran cantidad de microorganismos vivos o latentes (hongos y bacterias; ya sea solo o combinados) y estos cumplen con la función de incrementar el suministro o bien la disponibilidad de los principales nutrientes que la planta requiere; estos también se les conoce como inoculantes microbianos o también inoculantes de suelo, el uso de estos microorganismos surge como una excelente opción en el aumento de la productividad en campo derivado de la problemática que se tiene en torno al alza en el precio del petróleo, así como la necesidad por producir alimentos que estén libres en pesticidas compatibles en el buen suministro de los recursos naturales.

Entre los efectos directos que ejercen los bioinoculantes en el estado nutricional de las plantas están los siguientes (Hernández 1998).

- a) Favorecen el reabastecimiento de los nutrimentos del suelo.
- b) La fijación biológica de nitrógeno por cultivos que pertenecen a la familia de las leguminosas.
- c) Aumenta la disponibilidad de estos nutrimentos, a través de la solubilización de fosfatos.
- d) Tener el acceso a los nutrientes incrementa el volumen de raíz llegando a crear modificaciones morfológicas favorables para el cultivo con el cual este asociado. Además, se pueden controlar algunos patógenos del cultivo de interés, y por ello se le confiere un valor agregado.

Por ello en el presente trabajo se realizará la evaluación y comparación del efecto de tres diferentes inoculantes orgánicos en plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

II. OBJETIVOS

Objetivo particular

Evaluar y comparar el efecto de diferentes inoculantes orgánicos, sobre el crecimiento y calidad de plántula en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Objetivos generales

- Evaluar el desarrollo de la plántula, por medio de su altura, diámetro, porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación y germinación acumulada.
- Evaluar y comparar los inoculantes orgánicos por acción separada y en conjunto para determinar cuál inoculante orgánico tiene mejor resultado para determinar la calidad de plántula en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)
- Determinar el desarrollo foliar en plántulas de jitomate.

III. HIPÓTESIS

La implementación de inoculantes orgánicos ayudará a mejorar la calidad de las plántulas según parámetros de calidad

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Generalidades del cultivo

4.1.1 Origen, domesticación y distribución del jitomate

La región andina comprendida desde el sur de Colombia al norte de Chile, se considera el centro de origen del género *Lycopersicon*. Actualmente, aun se desarrollan de forma silvestre las diferentes especies de este género en algunas provincias de la citada región (Esquinas y Nuez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001). La planta de jitomate fue transportada por los habitantes de esa zona de un sitio a otro y de ahí se extendió su cultivo hacia todo el continente americano (Rodríguez *et al.*, 2001).

Ha sido muy controvertido el centro de domesticación de esta planta; sin embargo, nuestro país, ha sido considerado el origen de domesticación, debido a que hay mayor similitud entre los cultivares silvestre de México y los europeos, que con los de la zona sudamericana. Aunado a lo anterior, cuando los españoles llegaron a tierras mexicanas, el jitomate, ya se encontraba altamente arraigado a su cultura; además el nombre de la palabra: “tomatl, de donde esta planta obtiene su nombre en la actualidad, es de origen náhuatl (Esquinas y Nuez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

Los aztecas llamaban a esta planta “Xic-tomatl” por lo cual, muy probablemente en la actualidad a este cultivo se le siga llamando en algunas regiones de México, Jitomate, para referirse al fruto de *Lycopersicon esculentum* (Cruces, 1990), lo cual no sucede en otras regiones del planeta. Los encargados de diseminar al jitomate por todo el mundo, fueron los españoles y portugueses, durante la colonización que llevaron a cabo y posteriormente otros países y estados contribuyeron también a su dispersión (Esquinas y Nuez, 2001).

4.2 Descripción botánica

De acuerdo con Hernández (2011), las plantas de jitomate (Figura 1) son herbáceas perennes, son aquellas que no forman tejidos leñosos permanentes en comparación con un arbusto o un árbol, estas se comportan como anuales pueden morir después de la primera estación de desarrollo debido a las heladas o la sequía. Las hojas del jitomate son pinnadas con 7 o 9 foliolos ya sean alternos u opuestos, además las hojas cuentan con tricomas (cubiertas de pelo). La inflorescencia es una cima con diferentes patrones de ramificación (mono, di y policotómico), además puede contar con tres nudos entre cada inflorescencia. Las flores son amarillas, las anteras están unidas lateralmente para formar un cono en forma de botella con una punta alargada estéril en el ápice. Los sistemas de polinización en el cultivo de jitomate han jugado un rol importante en la evolución del cultivo al haber mejor polinización habrá mayor cantidad de frutos. El color comercial del jitomate es rojo, pero esto dependerá de la variedad lo mismo pasa con el tamaño.

La conducta del crecimiento del cultivo de jitomate se ve de dos maneras; los determinados como su nombre los dice son aquellos que tienen un crecimiento fijo con una estructura arbustiva, de porte bajo, pequeños y tienen un reproducción y producción precoz. Una de sus características peculiares es la formación de inflorescencias en el extremo del ápice.

En cuestión con el crecimiento indefinido, este puede llegar a medir dos metros o más ya que su crecimiento es continuo, una vez pasando seis semanas después de la siembra va inicio su comportamiento productivo de forma continua, las inflorescencias no se desarrollan en el ápice sino de forma lateral ya que estos pueden desarrollar tallos axilares. Algunas técnicas culturales, se elimina todo o se dejan algunos de éstos. Para la producción mecanizada se emplean variedades de tipo determinado, que son bajos o arbustivos. Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo de la planta de jitomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad (Von Haeff, 1983).

4.3 Calificación taxonómica (CONABIO, 2009)



Figura 1. Morfología de la planta de jitomate; (A) Representación de la planta de jitomate (Nuez *et al.*, 1995) (B) Plantas de jitomate en invernadero (ETIFA, 2010) (C) Racimo de jitomate (Brandt *et al.*, 2005).

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales (Personatae)

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum*

4.4 Morfología de la planta de jitomate

4.4.1 Raíz

La planta de jitomate presenta un tipo de raíz pivotante que permite la absorción y transporte de agua, nutrientes, así como el soporte de la planta al suelo, al mismo tiempo se van desarrollando raíces adventicias creando ramificaciones que pueden formar concentraciones densas obteniendo volúmenes altos.

El sistema radical es alterado en algunas prácticas agrícolas como es el caso del trasplante porque la raíz principal (pivotante) desaparece y emergen las raíces secundarias, y se estima que un 75% del mismo sistema radicular se encuentra entre los primeros 45 cm superiores del terreno (Rodríguez *et al.*, 2001).

4.4.2 Tallo

El tallo de una planta de jitomate puede variar de 2 a 4 cm en la base este está cubierto de pelos glandulares y no glandulares que le ayudan a tener más tolerancia al estrés por alta radiación o sequías. Debajo de la epidermis podemos observar dos tipos de células el cortex el cual transporta la clorofila y el colenquimático el cual le da soporte a la planta de jitomate. El meristemo apical está en la parte superior del tallo, en esta zona se presenta una gran actividad celular donde se inician los primordios foliares y flores este está protegido por las hojas recién formadas (Chamorro, 2001).

4.4.3 Hojas

Las hojas del jitomate son alternadas y simples, además de bipinatisectas y pecioladas, estas tienen una longitud aproximadamente de entre 10 y 25 centímetros; los segmentos de las hojas pueden ser con un borde lobulado, ovales y al mismo tiempo acuminados. En jitomates híbridos de crecimiento indeterminado se pueden presentar tres hojas intercaladas entre dos racimos (Muños, 2003).

4.4.4 Flor

En cuanto a la flor del jitomate se le conoce como hermafrodita, penduladas y actinomorfas con un largo de 2 cm con una coloración amarilla que resalta, mientras que en especies de jitomate silvestre las flores son pentámeras; en plantas de cultivo se tiene un segmento indefinido en cada ciclo y estas son muy diversas ya que hay muchas diferentes. En estas flores el caliz se ve formado por 5 a 10 segmentos lineales y persistentes, y a medida que nuestro fruto empieza a desarrollarse, este va aumentando de tamaño; la corola es amarillenta, rotada y con tubo corto, esta se divide en 5 y ocasionalmente en más lóbulos y en su dorsal está recubierto con numerosos pelos glandulares, más de 5 estambres adheridos a la corola

por medio del tubo que está formado por más de cinco carpelos. El pistilo es único, ya que está formado por la unión de 6 carpelos. El ovario de estas es considerado bilocular (aunque existen hasta diez lóculos en algunos cultivos) y su placenta es carnosa. En la parte media de los pedicelos se encuentra un pequeño estrangulamiento el cual corresponde a la zona de abscisión. Las flores se colocan en cimas axilares y cada una por lo general lleva de 5 a 6 flores, aunque a veces se llevan a manifestar hasta 30 (Chamorro, 2001).

4.4.5 Fruto

De endocarpio y pericarpio está formada la baya carnosa del fruto es decir el mesocarpio y epicarpio. En especies de algunos jitomates silvestres, su fruto es bilocular, mientras que en variedad de cultivo se tienen de dos a treinta lóculos aproximadamente, pero el que más se presente con frecuencia es de cinco a nueve. Se desarrollan pelos y glándulas en la epidermis de los frutos, la cual desaparece cuando llegan a su madurez. Aun cuando el fruto empieza a tener crecimiento se observan restos del estilo en el ápice del mismo. Por lo general no tiene una forma específica en el fruto ya que estas varían dependiendo de la variedad, sin embargo, estas son mayormente globosas u oblongas. (Chamorro, 2001).

4.4.6 Semilla

Dentro del fruto se presentan una gran cantidad de semillas de tamaño muy pequeño, estas son embestidas en una masa de aspecto gelatinoso formado por el tejido parenquimático, el cual llena las cavidades cuando el fruto se encuentra maduro, su forma es lenticular con unas dimensiones pequeñas de 5x4x2 mm. Están formadas por un embrión, una testa o cubierta seminal y un endospermo, este lo forma una yema apical, una radícula, el hipocótilo y dos cotiledones. La testa es dura e impermeable (Jaramillo *et al.*, 2007, Jaramillo *et al.*, 2012).

4.5 Fenología del cultivo

Las condiciones climatológicas de algunas zonas juegan un papel importante ya que determinan parte del ciclo del cultivo en donde se establece, tal como el número de racimos que se manejarán por plántula, el manejo que se les dará por la variedad utilizada (Jaramillo *et al.*, 2007, Jaramillo *et al.*, 2012).

Se comprenden dos fases en el desarrollo del jitomate las cuales son vegetativa y reproductiva, en donde en la fase vegetativa se presentan otras 4 etapas, de las cuales se inician a partir de almacigo, posteriormente la germinación, cuando se formen 3 o 4 hojas verdaderas y por último cuando estas plántulas son trasplantadas en campo, por lo general se lleva a cabo después de 30 días de la siembra, esta fase también comprende cuando se presenta la primera inflorescencia. La fase reproductiva comienza con la floración la cual se revela entre los 25 o 30 días una vez trasplantada la plántula, posteriormente de la formación

del fruto hasta su madurez para su cosecha lo cual abarca de 85 a 100 días pos-trasplante, en total la etapa reproductiva tiene una duración aproximadamente de 180 días y el ciclo total del jitomate abarca un aproximado de 7 meses, lo cual es cuando cuenta con al menos diez racimos (Jaramillo *et al.*, 2007, Jaramillo *et al.*, 2012).

4.6 Concepto de germinación

En cuanto al proceso germinativo se puede entender como el proceso que tiene la semilla para reactivar el metabolismo a partir de la absorción de agua y por ende se inicia el crecimiento del embrión dentro de la semilla (Bidwell, 1990). Se puede clasificar en dos tipos de germinación: 1) germinación fanerocotilar la cual consiste en que los cotiledones emergen de la semilla y la segunda llamada criptocotilar en la cual se observa que los cotiledones no emergen (Castro *et al.*, 1987 citado por Zevallos y Flores, 2003).

Otros autores hacen manifiesto a la germinación de manera epigea siempre y cuando los cotiledones sobre salen de la semilla hacia la superficie del suelo y por otro lado también se considera otra germinación hipogea cuando los cotiledones se quedan en el interior de la testa de la semilla y estos no surgen hacia la luz (Barrera, 1992; Zevallos y Flores, 2003).

4.7 Fases de la germinación

La germinación cuenta con 3 fases las cuales se redactan a continuación:

Hidratación: para el inicio de la germinación nuestra semilla comienza con la absorción de agua en bastante proporción por parte de todos sus tejidos que la forman. Una vez que se absorbe la cantidad necesaria de agua, la semilla empieza a aumentar de tamaño de forma proporcional en la actividad respiratoria, siempre y cuando se tenga el agua necesaria (Koornneef *et al.*, 2002).

Germinación: una vez que nuestra semilla está bien hidratada inicia el proceso de transformación metabólica la cual es necesaria para que nuestra planta se inicie a desarrollar. En esta fase la absorción de agua se ve disminuida por la misma, ya que previamente absorbió lo necesario, incluso puede ser nula durante este proceso (Koornneef *et al.*, 2002).

Crecimiento: por último, una vez que nuestra semilla ha germinado, comienza a necesitar de agua nuevamente, ya que en esta fase comienza la emergencia lo cual es notorio el cambio ya que ahora se puede observar morfológicamente, durante esta fase la absorción de agua es muy importante por eso se debe de contar con una disponibilidad suficiente (Koornneef *et al.*, 2002).

4.8 Factores que afectan a la germinación

4.8.1 Factores internos (intrínsecos): propios de la semilla

Madurez de la semilla: es cuando se da el completo desarrollo morfológico y fisiológico de la semilla; la madurez morfológica se obtiene cuando las distintas estructuras del embrión han alcanzado su máximo y puede lograrse sobre la misma planta. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas son incapaces de germinar, porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas (Alzugaray *et al.*, 2007).

Viabilidad de las semillas: es un período variable dependiente del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Un dato importante es la edad (longevidad) de las semillas, es decir el tiempo que estas permanecen factibles para la germinación. En algunos casos hay semillas que germinan después de decenas o centenas de años y eso es posible al tener una cubierta seminal dura. Entre menos activo este el metabolismo de la semilla, tiene como consecuencia que vivan por más tiempo comparado con las semillas que están en temperatura ambiente.

Las bajas temperaturas y la deshidratación alargan la vida de las semillas más que si se conservan en humedad normal, pero la deshidratación tiene sus límites, por debajo del 2-5 % en humedad se ve afectada el agua de constitución de la semilla, siendo perjudicial (Alzugaray *et al.*, 2007).

4.8.2 Factores externos (extrínsecos): dependen del ambiente:

Humedad: la digestión del agua en la semilla es el primer paso y el más importante en el proceso de germinación, para que la semilla se active es necesario la rehidratación de sus células (tejidos). El potencial hídrico debe de ser menor en las semillas secas que en el medio exterior por tal motivo la abundancia de agua actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Ramón y Mendoza, 2002).

Temperatura: este factor interviene en las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla. La acción que tiene cada enzima posee un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. La germinación sucede dentro de un cierto margen de temperatura, si esta es muy alta o muy baja, la germinación no sucederá, aunque las demás condiciones sean favorables. Tener un equilibrio nos da un mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y crecimiento no tiene por qué coincidir. Así, unas temperaturas estimulan la fase de germinación y otras la de crecimiento (Ramón y Mendoza, 2002).

Gases: uno de los gases más importantes en el proceso de germinaciones el oxígeno para esto necesitamos un ambiente aireado, para tener una mejor disponibilidad de él y teniendo un intercambio adecuando con el dióxido de carbono, de esta manera el embrión obtiene la energía para realizar sus actividades metabólicas. Otra manera de obtener oxígeno de calidad es por medio del agua y este viaja a través de la cubierta seminal, en esta misma podemos encontrar sustancia que hacen lo contrario disminuyendo la propagación de oxígeno en el embrión (Ramón y Mendoza, 2002).

4.9 Evaluación del proceso germinativo

La evaluación de los análisis de germinación trata de cuantificar la capacidad germinativa de las semillas, hay alteraciones que producen plantas con diferentes tamaños afligiendo el éxito del trasplante e incrementa los costos de producción (Arriaga *et al.*, 1994). Para evaluar el proceso germinativo se consideran los siguientes conceptos:

Porcentaje de germinación (PG): Es el número de semillas que germinan bajo condiciones definidas o tratamiento específico. Se expresa en porcentaje (%) o en números absolutos.

Velocidad de germinación: Evalúa la rapidez o tasa con que ocurre la germinación bajo tratamiento. (González-Zertuche, 1992).

Homogeneidad de germinación: Señala qué tan concurrente es la germinación entre plantas, en un tiempo determinado (González-Zertuche, 1992).

4.10 Producción de plántula de jitomate

4.10 1 Agricultura Protegida

Se considera como agricultura protegida cuando un sistema productivo se encuentra protegido por distintas especies con estratos alternativos, con la finalidad de disminuir los daños, los cuales pueden ser causados por efectos climatológicos o animales (Moreno *et al.*, 2011). En cuanto la infraestructura con la que cuente, esta será más factible para nuestro sistema ya que podremos disminuir ciertas necesidades de inversiones de más; para ello se deberán considerar que todas las instalaciones y/o equipos estén aptos en cuanto al estado climático del sitio en donde se encuentre nuestro cultivo (FIRA, 2010). Sin embargo, en México la agricultura protegida se rige en diversas condiciones climatológicas (Castellanos y Borbón, 2009).

Con mucha diferencia, un invernadero requiere de mayor financiamiento económico en la producción de jitomate, con respecto al que se cultiva a campo abierto, ya que cuenta con una protección del exterior de condiciones que disminuyen la productividad de la planta de jitomate (Calvin *et al.*, 2005)

4.10.2 Contenedores

En condiciones de agricultura protegida, el manejo en cuanto al uso de contenedores se ha visto de manera más intensa por lo menos en estos treinta últimos años; sin embargo, y a pesar de tener mayores ventajas de su uso, es requerido un manejo más fuerte de la planta ya afuera en campo, debido a que las raíces quedan expuestas a diversas incertidumbre, principalmente cuando se tienen temperaturas altas (Ingram *et al.*, 2003)

4.10.3 Charolas recomendadas

Cada cultivo tiene diferentes solicitudes donde se hará la siembra esto lo determina el tamaño de la semilla, por eso una de las características de la charola es el tamaño de la celda en donde se sembrará porque tiene un gran impacto sobre el desarrollo del cultivo (Waterer *et al.*, 2004), entre más grande la semilla más grande debe de ser la celda o charola. De acuerdo con las valoraciones recomendadas por Chávez (2001), se recomienda utilizar charolas de 200 cavidades para obtener plántula de calidad.

4.10.4 Preparación de las charolas

Una manera de disminuir gastos económicos, se puede optar por la utilización de charolas previamente utilizadas en otros ciclos, sin embargo se debe de tener cuidado ya que esto puede ocasionar enfermedades no deseadas, para contrarrestar esto se deberán realizar tratamientos de desinfección con lavados tratados a las charolas para su esterilización, para eso se recomienda lavarlas minuciosamente con agua y detergente, hasta la parte que pareciera menos visible, para eso nos podemos apoyar de materiales como cepillos o escobetas; sin embargo en el mercado también existen productos a la venta que nos ayudaran a disminuir riesgos de infección, ya que estos garantizaran que al entrar en contacto con la charola abatirán posibles amenazas de alguna enfermedad, bacteria o virus de los cuales futuramente nos puedan causar pérdidas de plantas (Chávez, 2001).

4.11 Clasificación de los sustratos

Para las plantas de ornato existe una gran variedad de materiales que se pueden utilizar como sustratos y estos pueden ser orgánicos o inorgánicos. En los que se consideran como sustratos orgánicos contienen elementos activos para la nutrición que requieran las plantas, sin embargo los sustratos inorgánicos ayudaran a mantener un mayor en las mezclas empleadas (Acosta *et al.*, 2008).

Para su clasificación de orgánicos e inorgánicos se tienen criterios a evaluar tomando en cuenta el origen que tienen los materiales con los que están hechos, las propiedades de los

mismos, su naturaleza o su capacidad de degradación, etc. sin embargo lo más práctico para su clasificación es composición (Abad, 1995; Burés, 1998; Abad y Noguera, 2000).

4.11.1 Materiales inorgánicos

Dentro de la clasificación de los inorgánicos se encuentran tres ejemplos:

Origen natural: estos compuestos son los que se obtienen de la naturaleza como por ejemplo rocas principalmente, es decir de diversos orígenes minerales tales como ígnea, sedimentaria o metamórfica, estos no se consideran como biodegradables ya que el material se puede seguir utilizando futuramente ya que son elementos como la grava, harinas de roca, arena, zeolita.

Transformados o frotados industrialmente: hoy en día, se cuentan con industria que transforman los elementos naturales y les dan aspectos más estéticos, pasando por procesos químicos o físicos, así mismo logrando tener como objetivo la obtención de un elemento con aspectos muy porosos, ligeramente granulados, dentro de esta categoría podemos encontrar a la perlita, vermiculita, lana de roca o arcillas expandidas (Bunt, 1998; Hitchon *et al.*, 1990).

Residuos o subproductos industriales: estos se obtienen a través de industrias que algunas veces desechan elementos como desechos de minería, desechos de combustiones, escorias de hornos o residuos de carbón entre otros (Burés, 1997).

4.11.2 Materiales orgánicos

En esta categoría podemos encontrar a dos tipos de materiales orgánicos o tipos de sustratos orgánicos, los cuales se describen a continuación:

Natural: algo que caracteriza a estos materiales es que están previstos a una descomposición biológica como ejemplo se tiene a la turba o la tierra de monte (Bunt, 1998; Burés, 1997).

Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo: aquí podemos encontrar elementos que necesitan tener un tratamiento previo para poder adquirir una maduración y así lograr que la materia orgánica se estabilice, lo que a su vez nos dará mayor calidad de sustrato, como por ejemplo cortezas de árboles, aserrín, viruta de madera, residuos sólidos de hogar, estiércoles entre otros elementos con similitud a los ya mencionados (Bunt, 1998; Chong y Cline, 1993; Beeson, 1996; Tripepi *et al.*, Burés, 1997)

En nuestro país, uno de los recursos naturales más utilizados es la tierra de monte, seguido de arena, atole y lama de río. En México el material más utilizado es la “Tierra de hoja” o “Tierra de monte”, seguido de arena y atole (suelo linoso que se encuentra en las orillas de ríos por el acumulamiento en el tiempo) o lama de río. Cabe mencionar que el atole se puede aprovechar o extraer en ciertas épocas de año, ya que este se genera con el crecimiento de la

corriente, por ser un elemento de arrastre de las lluvias, en donde este comienza su origen en el bosque por el uso no adecuado que este tiene en algunos sitios, sin embargo las autoridades gubernamentales no han hecho nada por detener este suceso de extracción o bien la regularización de la misma (1998; Chong y Cline, 1993; Beeson, 1996; Tripepi *et al.*, Burés, 1997)

4.12 Manejo de la plántula

4.12.1 Riegos

El agua es el componente más importante para la sobrevivencia de los seres vivos por tal motivo es un factor de vital importancia en la creación de plántulas de jitomate, sin embargo, un mal uso o distribución de este líquido vital puede ser perjudicial para las plántulas favoreciendo el desarrollo de enfermedades. Los riegos que se deben de hacer en el vivero dependerán mucho del tipo de cultivo algunos resisten más que otros, en este caso los riegos se le hacen por medio de aspersión o micro-aspersión, tratando de evitar el golpe de las gotas sea muy fuerte porque puede ocasionar daños a la plántula (Chávez, 2001; Muñoz, 2003; Mojarro *et al.*, 2004).

Los riegos son ligeros y frecuentes por lo que es preferible efectuar de uno a dos riegos ligeros por día, o dependiendo de las condiciones meteorológicas para no crear variaciones de humedad en el sustrato y así disminuir el estrés en las plantas;

Con estas medidas también evitamos llegar a la saturación y encharcamientos, con lo que disminuye el riesgo de apariciones de enfermedades (Chávez, 2001; Muñoz, 2003; Mojarro *et al.*, 2004). Con respecto a las cantidades de fertilizante a diluir se pueden realizar fácilmente por medios manuales ya sea agitando hasta disolver el material; o, el uso de agua tibia puede disminuir el tiempo de disolución y eso se realiza ya que las cantidades de fertilizante son muy pequeñas (Hochmuth, 2001).

4.12.2 Fertilización

La nutrición juega un rol muy importante en la producción de plántulas influyendo tanto en su desarrollo como en la productividad en campo (Delgado, 2004).

Para indicar los nutrientes que necesita mi cultivo es necesario realizar un análisis de suelo esto me dará referencias de al será la fertilización que se requiere en ese momento, pero muchas veces los productores se concentran en la utilización de nitrógeno, fósforo y potasio (FAO, 2005); El nitrógeno es el nutriente que tiene una mejor respuesta en las primeras etapas de crecimiento en las plántulas en condiciones de invernadero (Preciado *et al.*, 2005).

Las primeras aportaciones de nutrientes se realizan con la aparición de las primeras hojas verdaderas (FAO, 2005). La nutrición de la plántula ayuda a lograr plantas vigorosas, que

favoreciendo su sistema radicular y así evitar pérdidas al momento del trasplante en campo definitivo (Preciado *et al.*, 2002).

4.12.3 Luz

La luz al igual que una buena aireación son clave para la germinación, todas semillas tienen reservas de nutrientes que les ayudan a eclosionar, cuando las semillas son pequeñas tienen cantidades mínimas de alimento almacenado por lo tanto es necesario obtener sus dicotiledóneas en el caso de este cultivo, siendo así más rápido su desarrollo, así mismo las semillas de la mayoría de las plantas cultivadas germinan usualmente igual en la luz que en la oscuridad (Bidweel, 1994).

4.12.4 Temperatura

La práctica agrícola de crear plántulas se necesita tener conocimientos de la temperatura óptima esta va de un rango entre los 18 y 24°C (Lorenz y Maynard, 1980), por lo tanto, se debe de mantener la temperatura del invernadero o sitio establecido como vivero.

4.12.5 Enfermedades de jitomate en plántula

Las hortalizas son afechadas por enfermedades siendo un factor limitante en su producción. Siendo el cultivo de jitomate uno de los más susceptibles a enfermedades patogénicas están presentes en plántulas (Tigchelaar, 2001; González-Chávez *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2007).

Las especies de *Pythium* y *Rhizoctonia solani*, son causa de la muerte de plántulas en los semilleros, produciendo podredumbre de semilla, raíz, tallo de las plántulas recién emergidas. El ataque de *Pythium* spp. sucede en cualquier estado que va desde la germinación de la semilla hasta el desarrollo inicial de las plantas (Tigchelaar, 2001; González-Chávez *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2007).

Lo más común en los semilleros es el ataque de *Rhizoctonia solani*, ('damping off'), responsable de podredumbre negra del cuello. Este hongo causa pequeñas lesiones hundidas en el tallo aumentando de tamaño formando heridas circulares o alargadas con anillos concéntricos, en tonos más claros en el interior, y estas terminan rodeando el tallo hasta que muere (Tigchelaar, 2001; González-Chávez *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2007).

En el follaje se manifiesta, *Phytophthora infestans*, agente causal del mildiu o tizón tardío y el cual es un patógeno que arrasa en los semilleros, donde la epidemia se presenta cada cierto tiempo. Las fuentes de inóculo de un semillero han quedado enumeradas más arriba y

deberemos especificar, en algunos casos, los peligros que representa para la producción de plantas en el semillero. En tallos (*Fusarium* spp.) (Tigchelaar, 2001; González-Chávez *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2007).

4.13 Plagas de jitomate en plántula

4.13.1 Mosca blanca

(*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*)

La mosquita blanca genera grandes daños en los cultivos a pesar de ser un chupador de tamaño muy pequeño, ya que esto ocurre cuando ella succiona e introduce su aguijón a la planta y puede traer alguna enfermedad, virus o bacterias e infectar a toda nuestra planta y así simultáneamente de planta en planta, además de que es un insecto que tiende a reproducirse con una facilidad y con un gran número de individuos, a lo que si no se controla a tiempo se puede convertir en una plaga muy problemática. Sin embargo, cuando nuestra planta esté más joven el daño que esta le causa será de mayor impacto.

La mosquita blanca más primordial es considerada a la que transmite mayor cantidad de virus es la *Bemisia tabaci*. Esta la podremos identificar mayormente por su estado inmaduro (pupa) que podremos visualizar en la parte inferior de las hojas que es donde esta se reproduce. Pero cuando está más madura es difícil identificar su especie ya que son adultos más asimilados a los demás. Esta especie adquiere todos esos virus de las malezas del campo o bien de otras plantas ya infectadas, posteriormente una vez que esta se ha infectado comienza a realizar su transmisión a las plantas sanas en cuestión de poco tiempo y en cuanto las plantas aparecen en la tierra, se recomienda que una vez plagado nuestro cultivo debemos esperar su punto más alto para poder iniciar con los procesos para controlar las enfermedades virales de nuestras plantas (Vázquez, 2003).

Uno de los grandes problemas que acarrea esta plaga es que una vez que nuestras plantas se han infectado por algún virus, ya no podremos hacer nada para evitar más daño, aunque podamos erradicar la plaga o se aumenten las fertilizaciones. Nuestras plántulas más adultas serán más resistentes, sin embargo las más jóvenes se verán afectadas: uno de los métodos que se puede utilizar en la prevención de la mosquita blanca es que se deberán de aplicar insecticidas sistémicos, ya que nuestra semilla estará cuidada y nuestra plántula tendrá mayor protección cuando salga de a la superficie, una vez que cuéntenos con este proceso se recomienda que en un lapso aproximado de 3 semanas de crecimiento de las plantas se aplique nuevamente un insecticida sistémico de manera foliar para lograr una protección de aproximadamente un mes (Quiñones, 2005)

4.13.2 Minador de la hoja

(*Liriomyza sativae*, *Liriomyza trifolii*)

Este insecto (*Liriomyza sativae*) es una mosca de color negro con aspecto lustrosa que tiene pequeñas marcas amarillas de diferentes tonalidades que van de 1 a 1.8 .. de longitud a diferencia de *Liriomyza trifolii* difiere en que cuenta un tórax que se encuentra cubierto de pelos traslapados que le proveen un color gris brillante. La porción de la cabeza detrás de los ojos es mayormente de color amarilla. La actividad de Ambas especies tiende a ser similar: estos introducen los huevecillos en las hojas y sus larvas se empiezan a alimentar entre el haz y el envés, lo que crea una criadero u horadación sinuosa. Los huevecillos tienen un largo de aproximadamente 0.2 mm, y estos en ocasiones son visibles a través de la epidermis superior de la hoja. Las larvas se asimilan a las semillas del jitomate ya que tienen aspectos amarillentos y las pupas de color café. En Las galerías se puede observar cómo se forma de una “S” con un agrandamiento en el extremo de la misma. Cuando las hojas se encuentran muy dañadas la acción fotosintética se ve afectada ya que se disminuye, por lo que se tiende a perder hojas; aun cuando las hojas comiencen a caerse en el periodo de producción también se verá afectado este periodo ya que reducirá el rendimiento para el llenado del fruto y de esta forma quedará más expuesto al sol en donde se verá dañado nuestro fruto y se tendrá una calidad esperada (Vázquez, 2003).

4.13.3 Áfidos

(*Aphis gossypii*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*)

Estos insectos tienen la forma de una pera que poseen cuerpos muy flexibles, estos pueden encontrarse con o sin alas y protuberancias en el abdomen, su principal interés es succionar la sábila de la planta. *Aphis gossypii* es alrededor de 2 mm de largo, tiene una coloración dependiendo de la temporada que va de color verde pálido durante la cequia y cálida, y también se encuentra en color rosado cuando es temporada de frio. *Aulacorthum solani* o pulgón de la digital tiene una forma entre redonda y ovalada de aproximadamente 3 mm. Posee unas antenas largas con rayas oscuras y coloración brillante verde amarillenta, verde blanco-amarillenta o verde-café. *Macrosiphum euphorbiae* o áfido de la papa, es entre 2.5 y 3.5mm de largo y su color varía entre rosa, rosa verde moteado, y verde claro con una raya oscura. *Myzus persicae* o áfido verde, cuyo tamaño oscila entre 1.6 y 2.4mm es de color amarillo pálido a verde (Vázquez, 2003). Su alimentación es con la punzación de las hojas y succionando la sabia que emite esa acción. Y como acción a eso, las hojas de nuestras plantas comienzan a recogerse hacia abajo con una forma arrugada, posteriormente a eso nuestras hojas se comienzan a marchitar teniendo una decoloración; esta acción se ve más afectada con las hojas más jóvenes, las cuales están situadas en el centro de nuestra plata; cuando el problema de infección es de manera más evidente la planta en general tiende a perder calidad y muere, si nuestra planta sobrevive además de las hojas, lo que se queda como daño es la

aparición de moho color negro que es causado por la mielecilla que secreto este insecto. (Quiñones, 2005)

4.14 Biocontrol de patógenos con hábitos radicales

El biocontrol como su nombre lo indica son organismos que intervienen en la salud de las plantas; manteniéndolas vivas tal fenómeno se conoce como control biológico o biocontrol. Existen definiciones con mayor amplitud, como la de Thomashow y Weller (1996), quienes definen el biocontrol como “el empleo de organismos naturales o modificados, genes o productos de genes con la finalidad de disminuir los daños de organismos indeseables”. No obstante, la mayoría de las definiciones se enfocan al uso de microorganismos como agentes de biocontrol (Thomashow y Weller 1996).

El fenómeno de biocontrol tiene como objetivo el abatimiento o la eliminación del organismo considerado como nocivo y se basa en interacciones. (Dosreis *et al*, 2000)

4.14.1 Microorganismos empleados como agentes de biocontrol

Las investigaciones nos dan más alternativas para el control de enfermedades esto ha permitido la identificación de bacterias y hongos (filamentosos y micorrízicos) como agentes de biocontrol de patógenos con hábitos radicales. Algunos de estos microorganismos ostentan un amplio espectro de protección a varios cultivos, tanto en instalaciones de invernadero como en campo (Narisawa, 2005; Narisawa *et al.*, 2000; Paulitz y Bélanger, 2001; Powell *et al.*, 2000; Scheuerell *et al.*, 2005; Whipps, 2001; Whipps y Lumsden, 2001).

4.15 Productos biológicos

En los últimos tiempos se le ha dado un realce al estudio de microorganismos del suelo las investigaciones científicas y tecnológicas han permitido resolver más cuestionamientos sobre estos microorganismos que le hacen muy bien a las plantas. Hay diversas situaciones en cuestión al desarrollo y crecimiento de los cultivos que van desde lo natural o lo artificial.

En ambientes naturales, encontramos microorganismos tienen una carga neutra, patógena y benéfica.

En relaciones más íntima con el cultivo, facilitan el desarrollo de las raíces mejoran las condiciones de crecimiento ayudando a amortiguar el stress de los cultivos, se pueden observar de dos mecanismos defensa (Baldani, *et al.* 1997).

Directos: fijación biológica de nitrógeno (*Bradyrhizobium*), mineralización de formas orgánicas, solubilización de elementos no disponibles, etc.

Indirectos: Producción de hormonas y factores de crecimiento, protección contra patógenos, etc.

Una de las técnicas empleada es la incorporación de inoculantes, productos biológicos que son empleados como tratamiento de semilla, estos contienen microorganismos que mejoran la captación de nutrientes como el nitrógeno y fósforo. Los rizobios y otros microorganismos asisten a la fijación biológica de nitrógeno y a la solubilización de fósforo en el suelo entre otras cosas, causando el rendimiento y aumento de la productividad en los cultivos (Parra *et al* 2002).

Los bio-fertilizantes, contienen una amplia variedad de especies como: *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, etc. y forman parte de una importante tecnología en el manejo de nutrientes (Monsanto Bioarg, 2015).

4.16 ¿Qué es un inoculante microbiano?

Son conjuntos de microorganismos que promueven el desarrollo y crecimiento vegetal las preparaciones de estos productos tecnológicos abarcan desde la semilla hasta la preparación del suelo creando un microambiente ideal para la reproducción de los microorganismos benéficos obteniendo resultados favorables porque podemos suplantar parcial o totalmente la aplicación de fertilizantes químicos, reduciendo gastos e incrementando la sustentabilidad de la agricultura, particularmente en regiones económicamente deprimida (Walker *et al.*, 2003)

Tipos de interacciones planta-microorganismo

Asociativas: El microorganismo coloniza la superficie o las cercanías de la raíz (Rizosfera).

Endofíticas: El microorganismo puede colonizar el interior de la planta (raíz y/o tallo).

Simbióticas: Se generan nuevas estructuras especializadas en la provisión de nutrientes.

4.17 Los inoculantes desde el punto de vista de la agricultura

Nuestros suelos han tenido cambios en su degradación contemplando que la fertilidad fitoquímica se ha visto aminorada, esto a causa de que se ha tenido una agricultura que en un principio no fue con acciones de conservar, lo que acelero los procesos de erosión de la superficie y la pérdida de nutrientes (Pulido, L. E.; Medina, N. y Cabrera, A. 2003).

Actualmente la deficiencia de nutrientes en los suelos también se tiene debido a que se han integrado cultivos de alto rendimiento o bien de alta demanda nutrimental de la cual no hubo una reposición de los mismos, lo que por consiguiente se generó una oxidación de la materia orgánica, pérdida de nitrógeno (Pulido, L. E.; Medina, N. y Cabrera, A. 2003).

Un ejemplo claro de lo que se acaba de mencionar es el cultivo de alfalfa, ya que es una leguminosa forrajera que se caracteriza por tener una demanda enorme de nitrógeno además de agua, aun cuando las leguminosas se caracterizan por aportar este elemento, sin embargo, es una planta que absorbe mayor cantidad a la que aporta al suelo por medio de la fijación, porque se recomienda tener una introducción de este elemento por separado (Castellanos *et al.*, 2009).

4.18 Uso de inoculantes orgánicos en el sector agrícola

Una alternativa de fertilización es la utilización de estos elementos inoculantes o bien los estimuladores en crecimiento vegetativo, esta práctica nos permite beneficiar al cultivo sin causar un efecto negativo en el medio ambiente. Además, si se compara la utilización de este método contra el método tradicional de la ocupación de elementos químicos puede verse asimilada (Coyné, 2002).

Como bien se estima estos inoculantes están elaborados con bacterias tales como *Rhizobium*, *Azospirillum* y *Azotobacter*. En el cultivo de soya se observan aplicaciones con éxito con *Rhizobium*; mientras que los dos últimos han tenido mejores resultados con distintas gramíneas; una gran cantidad de estudios hacia *Azospirillum* indican que este microorganismo no tiene gran capacidad para fijar el nitrógeno como lo forma el *Rhizobium* (FAO, 1995), pero se han presentado otros modos de ejercicio que se utilizan para incitar el crecimiento.

Durante los últimos años se han realizado diferentes trabajo y estudios para dar a conocer el importante papel que juegan los microorganismos en el suelo dentro del ámbito agrícola, ya que contribuyen bastante de acertada acción al buen funcionamiento de los ecosistemas terrestres; ya que no solo se observa que con las aplicaciones de estos se permite tener una recuperación de suelo dañado, sino que también contrarresta elementos químicos que se encuentran en exceso en nuestros suelos (Azcón, 2000 y Fernández, 2005).

Actualmente se ha implementado a lo largo de latinoamérica el uso de biofertilizantes con base a micorrizicos arbusculares, ya que juegan un papel muy importante a la hora de la nutrición porque no solo aportan, sino que mejoran la absorción de elementos nutricionales, así como una mayor concentración al momento de absorber agua, también ayudan a mantener un pH en suelo de manera sustentable (Vosatka, Jansa, Regver, Sramek, y Malcoma, 1999, Rai, 2001).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

Tetela de Ocampo ocupa el número 172 de los 217 municipios del estado de Puebla, este está localizado al Norte colindando con los municipios de Zacatlán, Tepetzintla, Cuautempan, Huitzilán de Serdán y Xochitlán de Vicente Suarez; Tetela de Ocampo cuenta con climas templados, así como nos vamos moviendo al sur este tiende a cambiar a templado húmedo, subhúmedo hasta el semicálido, se han registrado temperaturas frías que oscilan entre los -3 y 18°C. En época de lluvias su media anual es de 750 mm y en los meses más calurosos (secos) ha llegado a presentar 40 mm. Tetela cuenta con una alta gama de variedad en los ecosistemas vegetativo como es el caso de los bosques ya que se encuentran mezclados con algunas especies de encino (INEGI, 2000).

El reciente trabajo se llevó a cabo en el Complejo Regional Norte sede Tetela de Ocampo en el Programa de Ingeniería Agroforestal, en un macrotúnel. Las coordenadas geográficas donde se ubica el experimento son: N 19° 49' 24" y W 97° 47' 09" y a una altura de 1171 msnm. (Google Earth, 2018).



Figura 2. Localización del experimento. (Google Earth, 2018)

5.2 Infraestructura

El trabajo de investigación se realizó en el macrotúnel de las instalaciones del Complejo Regional Norte Tetela de Ocampo BUAP, con dimensión de cinco metros de ancho por 12 metros de largo, teniendo un espacio total de 60 m². El lugar fue acondicionado para las charolas con materiales disponibles en el sitio.

5.3 Material vegetativo

Se manejó el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es un jitomate híbrido tipo Saladette/ Roma #057A[®] de la marca Semilla King, este cultivar es de crecimiento indeterminado, es ideal para cultivar en áreas protegidas. Los frutos son de excelente calidad, extra grandes, las frutas tienen una forma alargada, la masa de un jitomate es de 190-210 gr; su maduración de los jitomates ocurre por etapas que van desde un color rojo brillante hasta rojo intenso. Presenta una excelente madurez intermedia a los 95 días. Tiene paredes gruesas que le brinda firmeza y larga vida de anaquel, cuenta con altos rendimientos que dan de 210 a 250 ton/ha⁻¹. La estructura es bastante carnosa y densa (Anónimo, 2018).

5.4 Sustrato

El sustrato que se empleó fue una mezcla de los productos descritos a continuación, la cual consistió en hacer una proporción del 80% de turba de pantano (Cosmopeat[®]), 10% de composta de bovino (VioHache[®]) y 10% de fertilizante mineral (Zeofert[®]).

Cosmopeat[®] está elaborado con peat moss el cual es un sustrato que está formulado para la propagación de plántulas bajo condiciones de vivero, ya que ésta base cuenta con los mejores procesos de recolección, tamizado, mezcla y empaque, por tal motivo aseguran que es un producto inocuo de plagas, maleza y enfermedades, con homogeneidad en la distribución de sus elementos, así como una alta capacidad de retención de humedad. Peat moss se encuentra compuesto por fibras finas, vermiculita, agentes humectantes y nutrientes con la finalidad de obtener un sistema radicular y vascular fuerte para desempeñar una rápida recuperación a la hora del trasplante (Cosmocel, 2018).

VioHache[®] es una composta con la finalidad de ser un fertilizante orgánico, el cual está elaborado a base de estiércol de bovino por tal motivo puede ser empleado en cualquier tipo de planta con la finalidad de incrementar el intercambio catiónico del suelo, además de contribuir con microorganismos benéficos que ayudaran al desarrollo de un sistema radicular sano y vigoroso (VioHache, 2017).

Zeofert[®], marca registrada de Zeolitech, es una mezcla mineral para fertilización de fondo, la cual tiene la mayoría de nutrientes indispensables para obtener producciones adecuadas. Es un producto de origen natural no presenta las desventajas de los fertilizantes de síntesis química, además, por su solubilidad relativamente baja, permanece en el suelo por un mayor tiempo y hace que los nutrientes no se lixivien, además, tiene la ventaja de no modificar el pH, no afecta la estructura del suelo, ni ocasiona daños a las raíces. La composición nutrimental del producto es 4-9-2-16 Ca, más microelementos, tales como Si, Fe, Mn, B, Cu, Mo y Co (Zeolitech, 2019).

5.5 Lavado y desinfección de las charolas

Para el trabajo de investigación se manejaron 12 charolas de unicel de 200 cavidades con medidas de 67 cm de largo por 33 cm de ancho y 6.5 cm de alto, cada alveolo con un volumen de 21 mL. Estas charolas son de uso, se reutilizaron; para evitar problemas sanitarios se preparó una dosis de **360 Cercko**, un desinfectante diseñado en tres bases diferentes (Agua, jabón y alcohol) y sirve para lavar y desinfectar la dosis recomendada es de 1L de producto en 200 litros de agua.

5.6 Temperatura

La toma de temperatura consistió en colocar dos datalogger marca Watch Dog[®], los cuales registraron la temperatura y la humedad diaria del macrotúnel. Se colocaron en dos extremos del macrotúnel, para mejor recepción de datos. Una vez que termino el experimento los datos se extrajeron del datalogger.

5.7 Modo de siembra

Las charolas se llenaron perfectamente con la mezcla del sustrato, previamente humedecido, cubriendo cada cavidad sin compactar ni dejar vacío algún alveolo. Con un rodillo especial, se realizaron los hoyos quedando a una misma profundidad, en cada alveolo se colocó una semilla, posteriormente se cubrió con la mezcla del sustrato y se humedecerá nuevamente las charolas.

5.8 Inoculantes orgánicos

Los tratamientos empleados son insumos orgánicos, los cuales se utilizaron para diferentes funciones; dentro de la planta, las aplicaciones se llegaron a cabo a la hora de la siembra (Semilla y en el sustrato). Las funciones de cada uno se describen a continuación:

Grammit® TS

Es un inoculante de microorganismos benéficos, zinc, auxinas y extractos vegetales, que se emplean en la semilla del cultivo de interés obteniendo resultados favorables en el proceso de germinación logrando plántulas uniforme y vigorosa con la acción sinérgica que existe entre sus distintos componentes.

Grammit® TS está diseñado para promover una mejor tasa de germinación, activar el proceso de enraizamiento mediante la acción de las auxinas y PGPR's (bacterias promotoras del crecimiento) , proporciona Zn que favorece la síntesis de auxinas, lo que estimula la formación de raíces, los extractos vegetales mejoran el ambiente rizosférico beneficiando el establecimiento y desempeño de los diferentes grupos de microorganismos entre los que se encuentran fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, supresores de fitopatógenos y promotores del desarrollo vegetal.

Voltán® contiene extractos vegetales que mejoran el ambiente rizosférico permitiendo así una mejor colonización de los microorganismos, dando como resultado un mejor desarrollo y producción de los cultivos en los que se recomienda.

Es un inoculante para suelos elaborado, con una mezcla balanceada de microorganismos benéficos y extractos vegetales que favorecen el acondicionamiento físico del suelo, el desarrollo radicular, la disponibilidad y toma de nutrientes por el cultivo.

Apolo® contiene extractos vegetales que estimulan el desarrollo radicular, mejoran el ambiente rizosférico para una mejor colonización, fortalece las paredes celulares e incrementa la tolerancia al ataque de hongos fitopatógenos.

Su contenido de microorganismos benéficos coloniza rápidamente las raíces de las plantas, protegiendo a esta mediante parasitismo, antibiosis, exclusión competitiva, resistencia sistémica y mejorando el mecanismo de defensa de la planta contra hongos fitopatógenos como *Fusarium* sp, *Phythium* spp, *Phytophthora* spp, *Rhizoctonia* spp, *Verticillium* spp, etc. (Arvensis, 2017).

5.9 Fertilización

Supra® Root, se empleó como enraizador por contener fitohormonas, macronutrientes y sustancias coloidales que permiten una perfecta demostración de raíces, este producto se puede emplear en plántulas que estén en condiciones de invernadero, vivero, almacigo o en cultivos ya establecidos su uso promueve plantas vigorosas con un excelente desarrollo radicular, asimismo, se logra una gran adaptación al terreno definitivo y se inicia la generación de raíces en mayor densidad (Arvensis, 2017).

Se utilizó **Hakaphos® Violeta**; es un fertilizante hidrosoluble NPK 13-40-13 con microelementos quelados, esta fórmula es empleada para el enraizamiento del cultivo en momentos en donde existan altas demandas de fósforo (Compo expert, 2018)

5.10 Diseño experimental

El diseño experimental que se empleó fue completamente al azar con cuatro tratamientos, cada tratamiento tuvo un total de 250 semillas, contando con 20 repeticiones por cada tratamiento; Las plantas evaluadas fueron 20 por cada tratamiento. Cada inoculante a evaluar se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos empleados para la producción de jitomate en condiciones de macrotunel.

	Tratamientos	Dosificación
T1	Grammit® TS	1 g
T2	Grammit® TS + Voltán®	1 g + 2 g x 1L
T3	Grammit® TS + Voltán® + Apolo®	1 g + 2 g + 2 g x 1L
T4	Agua	Agua

5.11. Variables a evaluar

5.11.1. Porcentaje de germinación (% PG)

Se realizó conforme a lo propuesto por Enríquez Peña *et al.*, (2004), quien señala que éste corresponde a la relación entre el número de semillas sembradas y el número de semillas germinadas, los datos para esta variable se tomaron diariamente una vez que emergió la primera semilla se utilizó la siguiente fórmula para su cálculo:

$$(\%PG)=PE * 100/S$$

Donde:

%PG: Porcentaje de germinación

PE: Número de semillas germinadas

S: Número total de semillas sembradas

5.11.2. Tiempo al 50% de germinación

Se determinó la velocidad de germinación, es decir, el tiempo que tarda en alcanzar el 50% de la germinación, se realizaron conteos todos los días, se consideró como semilla emergida aquella que presento la radícula visible sin tomar en cuenta su longitud.

5.11.3. Altura de la plántula

Para establecer el crecimiento del cultivo se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta la yema apical, utilizando un flexómetro donde se registró en centímetros. Las mediciones se tomaron con una frecuencia de cinco días hasta los 40 días después de la emergencia.

5.11.4. Diámetro del tallo

Se obtuvo el diámetro con ayuda de un vernier digital con precisión en milímetros, se midió en el cuello de la raíz. Las mediciones se tomaron con una frecuencia de cinco días hasta los 40 días después de la emergencia.

5.11.5. Índice de esbeltez

Es la relación entre la altura de la planta y el diámetro del tallo. Entre los valores bajos podemos asociarlos a mejor calidad de planta, ya que se encuentra más robusta, en cambio los valores altos podemos observar que la planta es más esbelta creando una discrepancia entre la altura y el diámetro de la planta: usualmente se recomienda que este sea menor a seis (Prieto *et al.*, 1999). Como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de esbeltez} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

5.11.6. Medición del área foliar

Para esta evaluación se tomaron fotografías con una cámara, la toma de fotografías se inició cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas (20 días), una vez que se hizo el muestreo destructivo.

Para el análisis de imágenes se utilizó el software ImageJ versión 1.48T (Rasband, 2007) para Windows® de uso libre el cual permitio determinar el área de objetos gráficos en los que se introduce una referencia de tamaño conocido; se eligió una fotografía en el software mencionado y se fija una medida de referencia de tamaño para los análisis posteriores. Para ello, sobre la fotografía visible en la pantalla se trazó con el ratón de la computadora una línea de referencia sobre la marca de un centímetro que fue tomada con una regla de 30 centímetros y se colocara sobre la Scale > Know distance: 2, Unit of length: cm, Global scal. Para procesar imágenes se usaron los comandos: Process > Binary > Make binary. Para la medición de área se seleccionó la región de una hoja con la herramienta “Wand” y se utilizaron los comandos Analyze > Measure (Ricon *et al.*, 2012) (ver Figura 3). Finalmente, los resultados de área arrojados del programa se copiaron en una tabla del programa Excel.

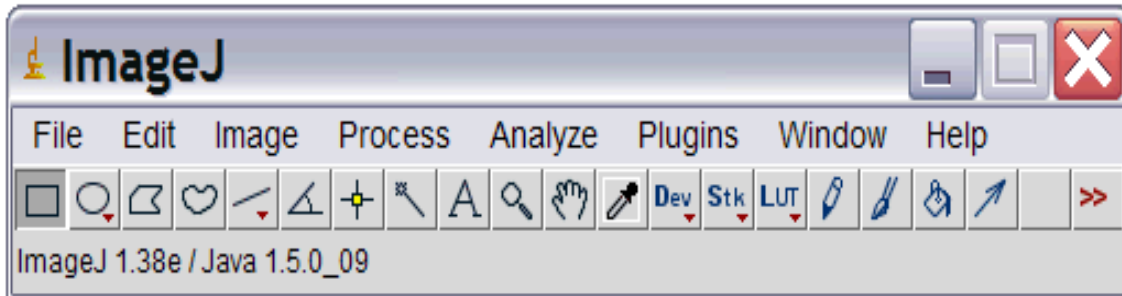


Figura 3. Carátula del programa ImageJ.

5.11.7. Peso fresco y peso seco parte aérea

Se pesó la biomasa y la materia seca (mg) en una balanza analítica. Cada uno de los tratamientos se secó en una estufa con circulación de aire forzado a 65 °C por tres días. Una vez obtenido el peso se registró. Esto se realizó a los 40 días después de la emergencia.

5.11.8. Peso fresco y peso seco de la raíz

Se pesó la biomasa y la materia seca (mg) en una balanza analítica. Cada uno de los tratamientos se secó en una estufa con circulación de aire forzado a 65 °C por tres días. Una vez obtenido el peso se registró. Esto se realizó a los 40 días después de la emergencia.

5.11.9. Longitud de raíz

Esta variable se obtuvo al cortar la raíz de la plántula, esta se registró con ayuda de un flexómetro en centímetros a los 40 días después de la emergencia.

5.11.10. Volumen de raíz

El volumen se consiguió cortando las raíces, estas se lavaron con agua para separarlas del sustrato, se les determinó el volumen con una probeta de capacidad de 100 mL; esta se llenó hasta los 50 mililitros como base de inicio para cada uno de los tratamientos, después se colocó la raíz en la probeta sumergiéndola hasta el fondo y al volumen actual se le restará al volumen inicial y esta diferencia será el volumen de raíz, esta variable se realizó hasta los 40 días después de la emergencia.

5.11. Análisis de variables

Con los datos obtenidos de cada una de las variables, se llevó a cabo el análisis de varianza, desviación estándar y separación de medias según Tukey ($\alpha = 0.05$) para evaluar los tratamientos (Infante y Zarate, 1984) y se empleará el programa estadístico Minitab® 18.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6. 1. Porcentaje de germinación (% PG)

Con base a los resultados de la variable porcentaje final de germinación y de acuerdo al análisis de varianza realizado, se puede afirmar que no hubo diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre tratamientos como se observa en la figura 4. Algunos autores dicen que juega un rol muy importante el papel que desarrollan los microorganismos benéficos en el estado germinativo porque propician cualidades fisiológicas y nutricionales de las plantas colonizadas (Davies *et al*, 2000).

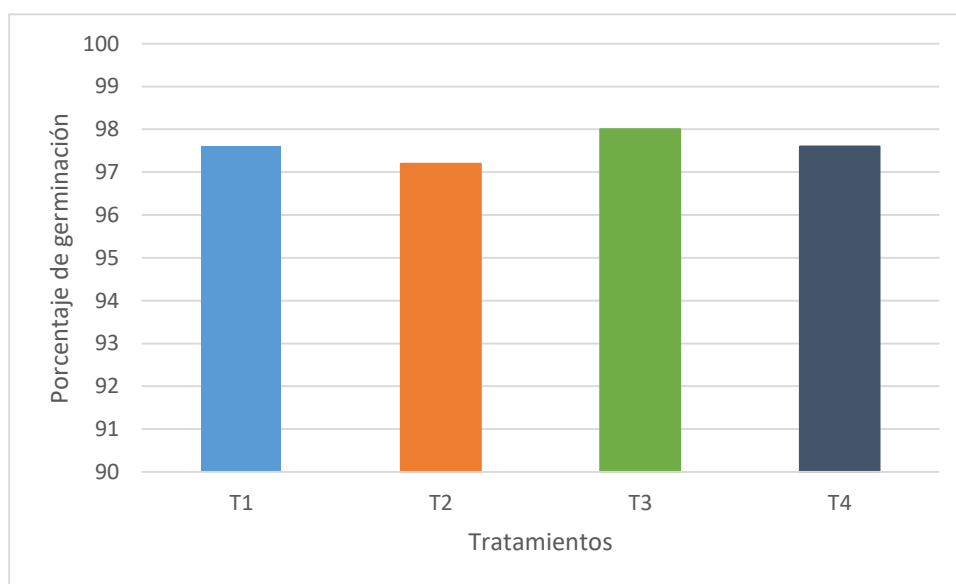


Figura 4. Porcentaje final de emergencia a los 14 días de la siembra.

6. 2. Tiempo al 50 % de germinación

Tiempo al 50% de la emergencia de raíz ha sido colocada como medida de vigor ligada a la velocidad de la germinación. La determinación del porcentaje de germinación se pretende entender que a menor tiempo de emergencia (brote) hay una mejor respuesta.

Para obtener el 50 % de emergencia, es decir, en qué tiempo alcanzó el 50 % de emergencia en cada tratamiento, este cálculo se realizó mediante una hoja de cálculo (ms Excel), en esta se generó una gráfica de todos los tratamientos con los datos de las semillas emergidas que se evaluaron a diario, la gráfica generó una curva y posteriormente se ajustaron mediante una regresión lineal, y con ellos se obtuvieron las fórmulas del modelo y con base a ellas se calcularon las horas en las que se alcanzó el 50 % de la emergencia como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tiempo al 50 % de emergencia en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. con la aplicación de cuatro inoculantes orgánicos.

Tratamientos	Ecuaciones lineal	Tiempo al 50% de emergidas
T1	$y=23.417x-34.693$ $r^2=0.8932$	74.07
T2	$y=20.72x-37.653$ $r^2=0.8862$	90.86
T3	$y=22.217x-39.093$ $r^2=0.8867$	87.97
T4	$y=21.92x-40.053$ $r^2=0.8616$	91.36

Se observa que el mejor tratamiento es el 1, cuyo tiempo al 50 % se logra a las 74.07 horas en comparación con los demás tratamientos ya que el más lento lo representa el tratamiento 4 con un tiempo al 50 % de 91.36 horas. En la figura 5 se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

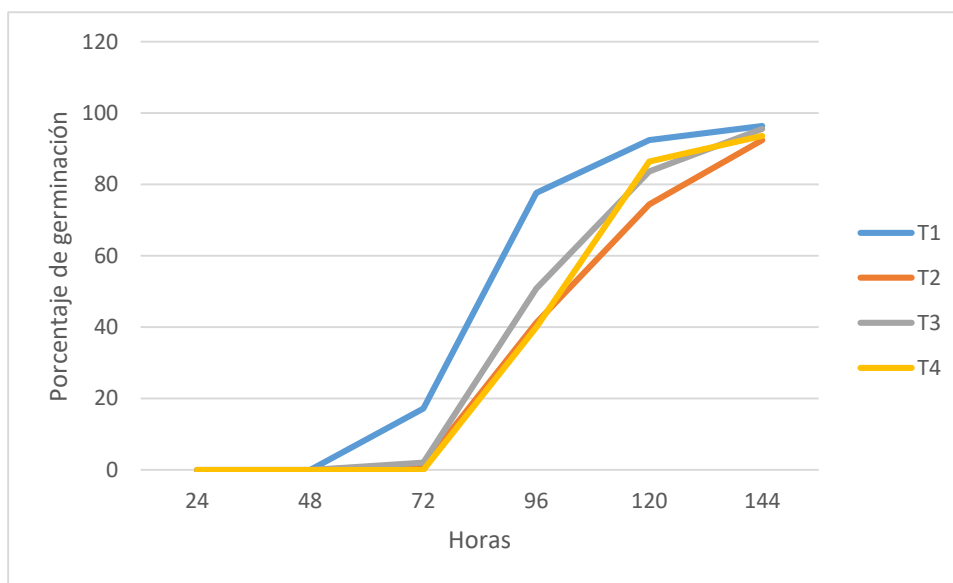


Figura 5. Emergencia acumulada de plántula de jitomate bajo la aplicación de cuatro inoculantes orgánicos.

6. 3. Altura de la plántula

El valor de la variable altura varió en cada uno de los tratamientos establecidos, tal como se pauta en la figura 6. Favoreciendo al tratamiento 4, ya que es el tratamiento que se mantiene hasta la evaluación 11, sin embargo, el tratamiento 3 lo supera en la última evaluación con un valor de 16.51 cm; no obstante, el tratamiento 1 fue el que mantuvo un ritmo de crecimiento regulatorio, pues en la mayoría de las evaluaciones mostro un comportamiento de estabilidad. Pero el tratamiento 2 muestra en todas las evaluaciones un crecimiento lento y atrasado en comparación con los otros tratamientos.

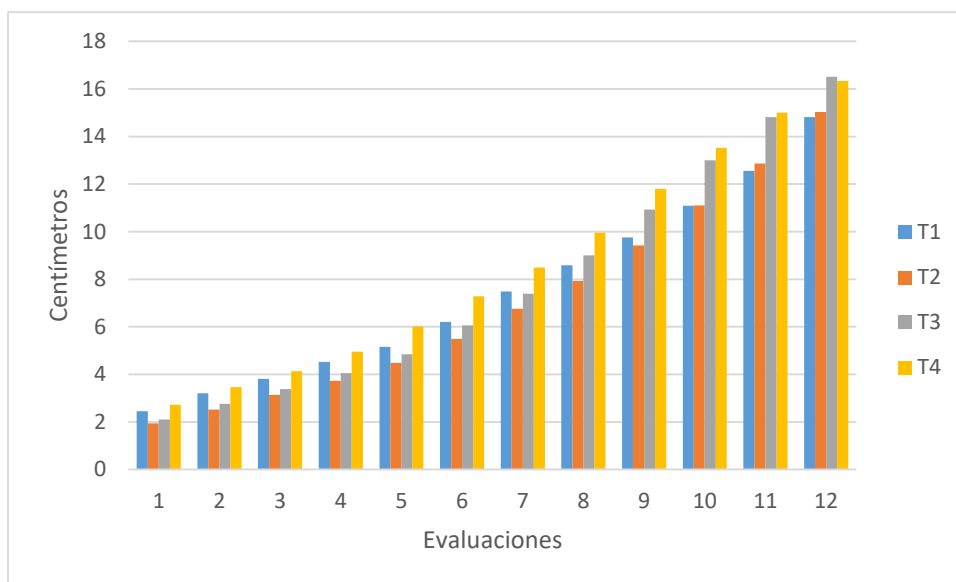


Figura 6. Altura promedio de plántulas de *Solanum lycopersicum* L. durante 12 fechas de evaluación con diferentes inoculantes orgánicos.

Una vez obtenida esta variable nos abre nuevos panoramas, ya que el propósito es incrementar la calidad y productividad de la plántula de jitomate, sin embargo, el tener plantas altas no representa que la calidad de esta sea la mejor, ya que estas deben de desarrollar otras características para poder sobrevivir en campo o en sitios protegidos, tal es el caso en agricultura protegida.

Los microorganismos aplicados a las plantas benefician en promover el crecimiento el cual se da mediante la actividad fitohormonal (Khalil *et al*, 1994; Allen *et al*, 2001). Este fenómeno también se ha observado en plantas de jitomates con aplicaciones de hongos micorrizicos arbusculares (Byrly y Koide, 1998; Terry y Leyva, 2006). Con respecto en esta variable se contraponen ya que el tratamiento 4 presenta una altura estable en comparación con los demás tratamientos inoculados, sin embargo, Oseni *et al.*, (2010) registraron 18% de aumento vegetativo en donde las plántulas de jitomate que ya tenían 42 días inoculadas con una combinación de *R. intraradices* y *Claroideoglo mus etunicatum* (Sin. *Glomus etunicatum*), en

comparación de las plantas que no fueron inoculadas. Las plántulas que fueron inoculadas tener un 58% en la población micorrízica en el área de raíces, 322% ($\alpha= 0.001$) en comparación de las plantas que no fueron inoculadas; con respecto a Oseni en las otras evaluaciones presentadas se encuentra un acrecentamiento en los sistemas inoculados.

6.4. Dímetro del tallo

Los datos obtenidos para la variable diámetro, muestran variaciones estadísticas hasta la evaluación 7 ya que hay diferencias significativas, sin embargo, para la última evaluación no presentan ninguna diferencia significativa como se muestra en la figura 7.

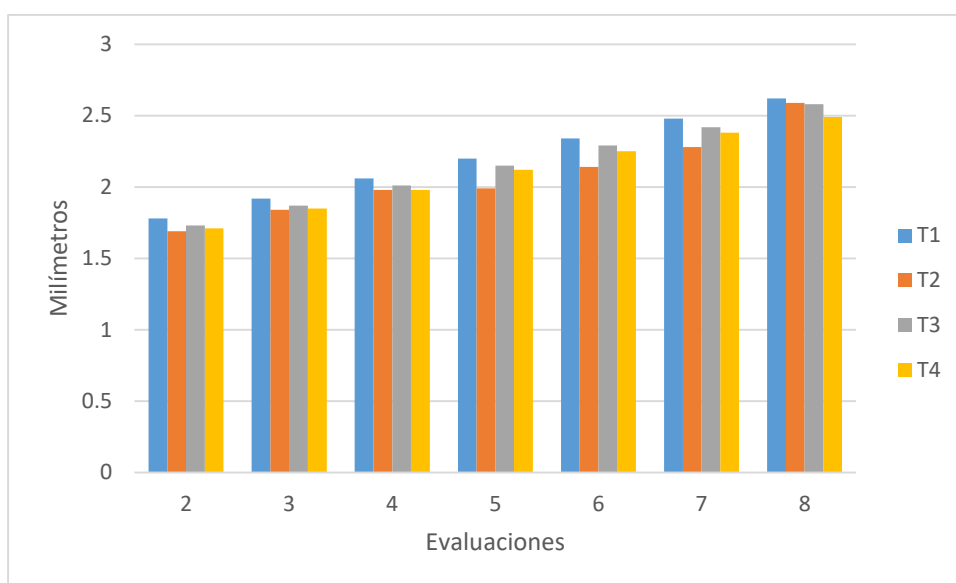


Figura 7. Diámetro promedio de plántulas de jitomate durante ocho fechas de evaluación con diferentes inoculantes orgánicos.

Como se puede prestar atención en la figura 7 el tratamiento con mayores valores para diámetro es el tratamiento 1, la primera evaluación cuenta con un valor de 1.65 mm y para la 7 evaluación presenta un valor de 2.48 mm, así superando al tratamiento 4, ya que en la variable altura fue el mejor. Seguido del tratamiento 3, siendo el tratamiento 2 el menos favorable en esta variable ya que presenta los valores más bajos.

Cabe mencionar que el tratamiento 1 cuenta con parámetros de calidad de plántula ya que la robustez del tallo se asocia con el vigor de la planta por lo que al tener un diámetro de mayor dimensión se beneficia el transporte de nutrientes y agua siendo lo más adecuado, aso también beneficia ya que se da por hecho muchas veces que tener un diámetros vigoroso la raíz también cuenta con buenos caracteres es decir un buen tamaño de la misma y una composición más adecuada en la resistencia mecánica la cual tiene mayor capacidad en los

momentos onde las temperaturas son mayores en la parte superior terrestre (Birchler *et al.*, 1998; Prieto *et al.*, 1999; Rodríguez, 2008).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que las plantas que cuenten con diámetros más vigorosos muestran una mayor capacidad para soportar daños mecánicos que causan los vientos fuertes y bien los mismos insectos; entonces las plantas que tienen un mayor tamaño con un diámetro proporcional al tamaño tienen una mayor sobrevivencia y un mejor crecimiento (Clearly *et al.*, 1978; Johnson y Cline, 1991 citado por Córdova, 2006)

6.5. Índice de esbeltez

El índice arriba mencionado nos hace mención a que la planta este proporcionada con respecto a su robustez tomando en cuenta que debe de tener una capacidad adecuada para la fotosíntesis, ya que esta se genera en la mayor parte de la planta, sin embargo este dato obtenido debe ser un valor de bajo rango, principalmente menor a 6, con esta mención se tiene en cuenta que una planta más robusta tendrá la capacidad para soportar más daños físicos que pueden ser causados por el viento, sequias o fríos helados en el sitio donde estas estén plantadas (Thompson, 1985).

En el cuadro 3 se puede observar que los valores obtenidos en las plántulas de los tratamientos 1 y 2 muestran un buen crecimiento bien equilibrado con respecto a la altura y el diámetro de la planta, a lo que se le puede denominar que estos tratamientos generaron plantas de complexión mediana, siendo una buena opción (Cano *et al.*, 1998).

Para Thompson una plántula que muestre valores bajos muestra que esta cuenta con una calidad adecuada tal como lo muestra el tratamiento 1, siendo este el tratamiento como un menor índice a lo que se le puede denominar como el mejor de todos. Sin embargo, los tratamientos 3 y 4 se pueden denominar como los menos aptos, ya que estos revelaron valor de 6.41 y 6.76, los cuales han rebasado el mínimo que es 6

Cuadro 3. Índice de esbeltez de plántula *Solanum lycopersicum* L. de cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Índice de esbeltez
T1	5.67 B
T2	5.80 B
T3	6.41 A
T4	6.76 A

6.6. Área foliar

El área foliar y el índice de esta misma son cuantificaciones ampliamente utilizados en estudios de ecofisiología en cultivos (Coombs y Hall, 1982). Se han utilizado varias metodologías para determinar su valor, estos pueden clasificarse en destructivos (Dengler, 1984; Astegiano y Favaro, 1987; Payne *et al.*, 1991; Jatimlinsky y Gimenez, 1993; Troiani y Mirasson, 1996) y no destructivos, lo cuales implica matar la planta o cultivo que se valla analizar tanto indirectos como directos.

Para la variable de área foliar no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos ya que como puede verse en el cuadro 4 los valores fluctuaron entre 13.45 para el tratamiento 1 a 14.98 para el tratamiento 4. Las situaciones que se relacionan estos datos varían claramente la especie, aunque también según el estado de desarrollo en el que se encuentre el cultivo, el genotipo, etapa de crecimiento (Kvet y Marshall, 1971) y edad de las hojas (Astegiano y Favaro, 1987). Por tal motivo nuestras áreas foliares no representan diferencia significativa porque no están sometidas a un crecimiento acelerado ya que es una etapa inicial de crecimiento y todas las hojas de todos los tratamientos cuentan con las mismas dimensiones y características de nutrición.

Cuadro 4. Análisis del área foliar en plántulas de *Solanum lycopersicum* L.

Tratamientos	Medias
T1	13.45
T2	14.06
T3	14.01
T4	14.98

6.7. Peso fresco parte aérea

A continuación, en la figura 8 se muestra al tratamiento 4 con el mayor peso siendo 2296.90 mg siendo este el único que mostro discrepancia significativa en comparación de los demás tratamientos, tal es el caso del tratamiento 3 con un valor de 2096.30 mg que también tuvo una diferencia significativa y para el caso de tratamiento 2 y el tratamiento 1 cuentan con los valores más bajos siendo estos estadísticamente iguales.

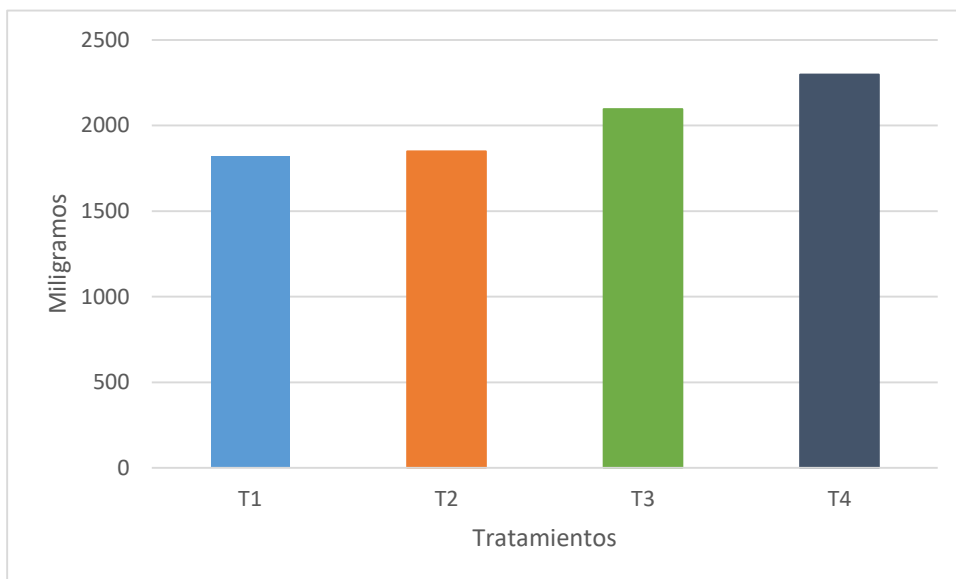


Figura 8. Peso fresco parte aérea de plántulas de *Solanum lycopersicum* L. de cada uno de los tratamientos.

6.8. Peso seco parte aérea

El peso seco de la parte superior se observa en la figura 9, donde el mejor tratamiento fue el 4 con un valor de 166.28 mg, siendo significativamente diferente a los demás tratamientos, ya que el tratamiento 3 cuenta con un valor de 143.62 mg, continuando con el tratamiento 2 con 139.31 mg, y finalmente el tratamiento 1 siendo el más bajo con un valor de 137.12 mg.

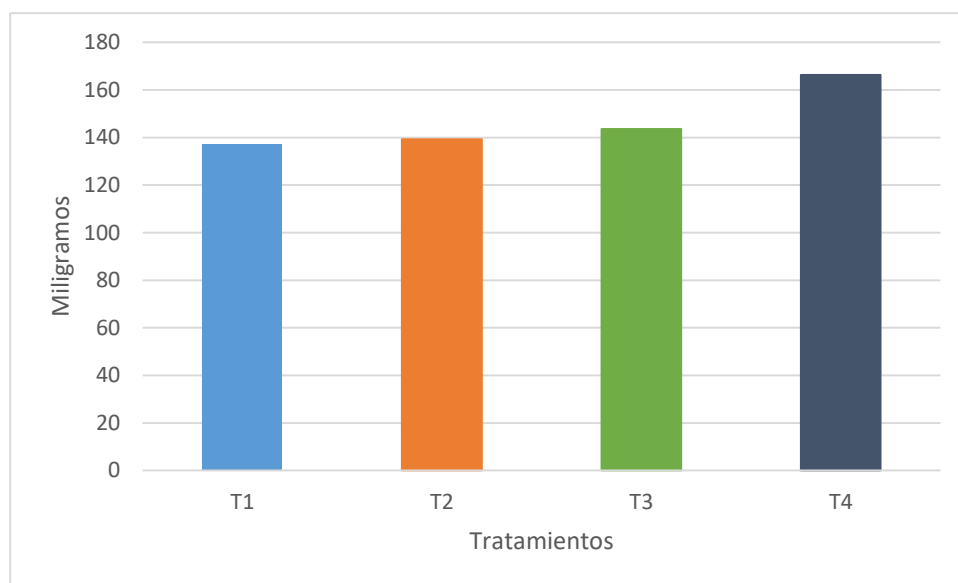


Figura 9. Peso seco parte aérea en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. de cada uno de los tratamientos.

Estos resultados difieren al compararlo con trabajos realizados por Cerna (2002) en el cultivo de jitomate inoculando plantas con dos especies de micorrizas *Glomus intraradices* (1109 g) Y *Glomus spp* (1075 g) donde hubo diferencia altamente significativa con respecto al testigo (618 g) en la variable biomasa.

6.9. Peso fresco de raíz

Como se observa en esta variable el peso fresco de raíz es un indicador de cuánto pesa, ya que es el organismo más importante en toda nuestra planta pues es el sistema de anclaje una vez que se haya trasplantado, si tenemos poca raíz las consecuencias serán que tendremos plántulas de baja calidad, este es el caso del tratamiento 3 ya que cuenta con un valor de 656.0 mg, a consideración del tratamiento 1, es con el mayor valor con 876.2 mg, sin embargo el tratamiento 2 y 4 presentan igualdad estadística, como se observa en la figura 10.

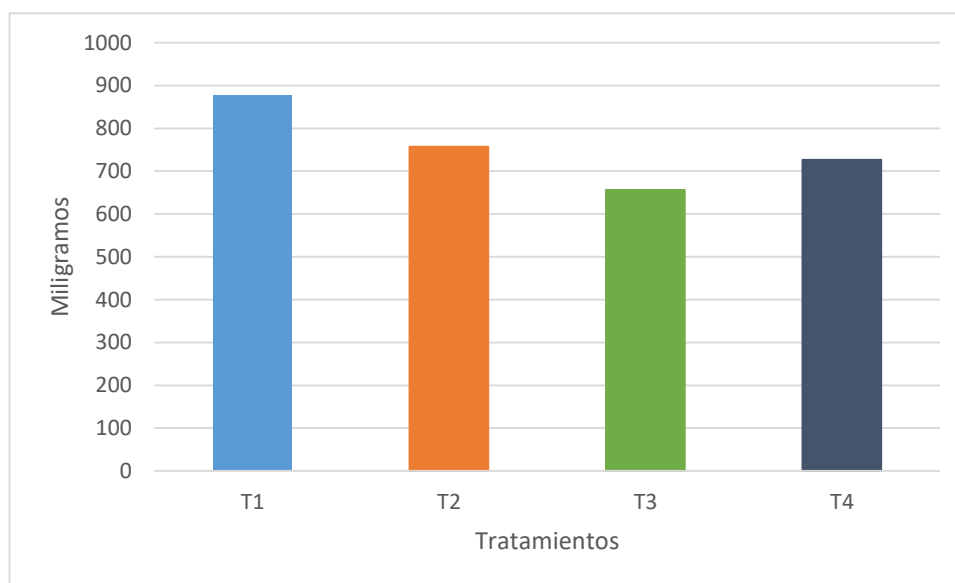


Figura 10. Peso fresco de raíz en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. de cada uno de los tratamientos.

6.10. Peso seco de la raíz

El peso seco de la parte de la raíz se muestra en la figura 11, se puede observar que se obtuvieron valores los cuales fueron estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$), sin embargo, el tratamiento 1 tuvo un resultado de 59.50 mg, seguido del tratamiento 4 con una semejanza de 57.06 mg, posteriormente el tratamiento 3 y 2 por debajo de estos con apenas 46.15 mg y 43.79 mg. Por lo que tratándose de mayor peso el tratamiento 1 fue mayor.

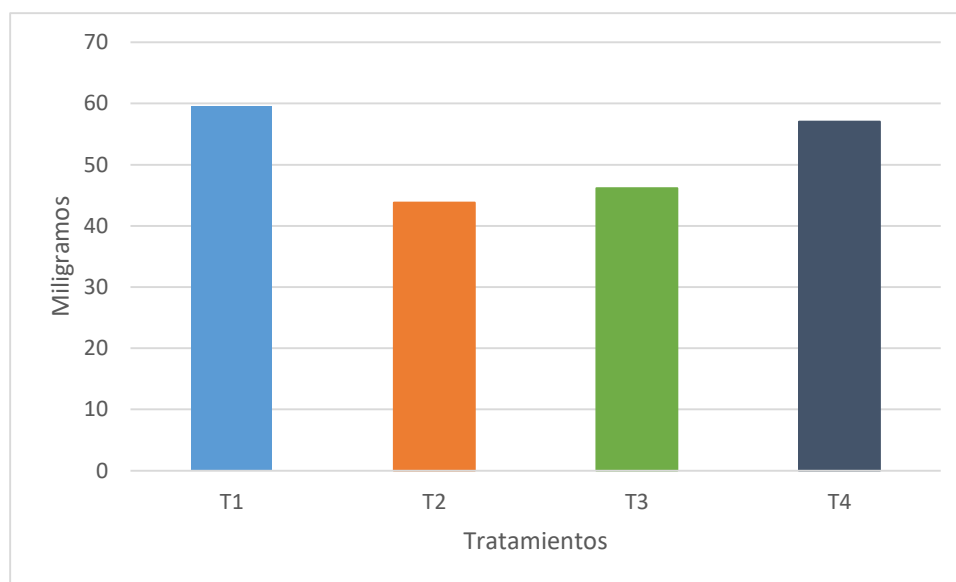


Figura 11. Peso seco de raíz en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. de cada uno de los tratamientos.

Tomando en cuenta otros autores se define que los microorganismos ayudan a tener una adecuada simbiosis con las plántulas, tal es el caso que González en el 2009 demostró que existen diferencias en una planta de caoba con respecto al peso seco y Ortiz en el 2007 demostró que en el cultivo de palma aceitera inoculada con Mycoral® consiguieron un mayor peso seco de raíz y aéreo en comparación con las que no fueron inoculadas, lo que lo hace similar a esta investigación diferenciando al tratamiento 1 que fue inoculado y el tratamiento 4 que solo contaba con agua.

6.11. Longitud de raíz

La longitud de raíz (cm) se obtuvo al final del experimento donde el mejor tratamiento fue el tratamiento 1 con un valor de 8.29 cm, seguido del tratamiento 2 con 8.26, los cuales fueron estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$), a su vez el tratamiento 3 fue el más bajo con un valor de 7.98 cm, sin embargo, el tratamiento 4 se nota en la media entre el tratamiento 1 y 2 por encima y el 3 por debajo de este con un valor de 8.10 cm respectivamente, tal como se muestra en la figura 12.

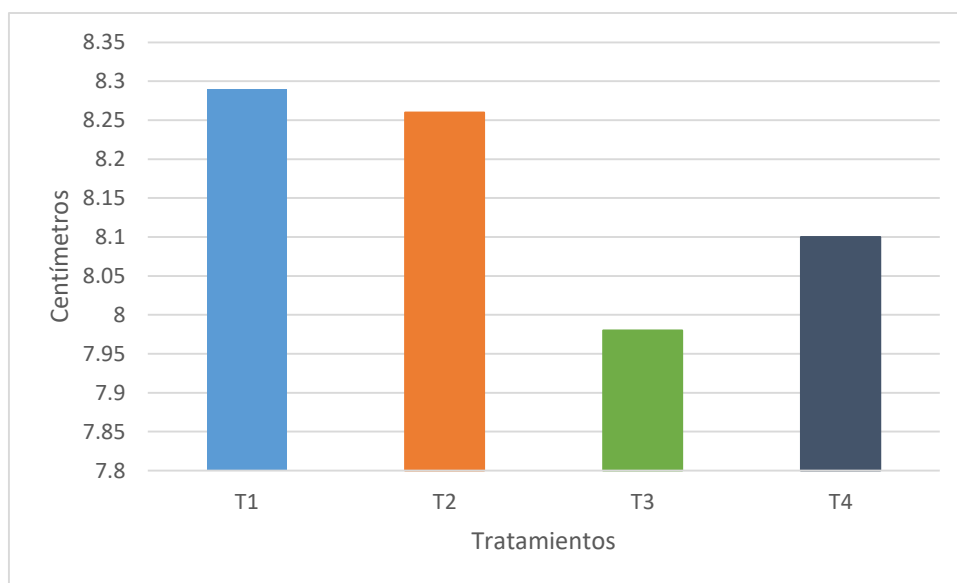


Figura 12. Longitud de raíz que presento cada uno de los tratamientos con la aplicación de inoculantes orgánicos.

Por su parte Pozo *et al.* (2015) menciona que algunas hormonas controlan los primeros pasos de la etapa pre simbiótica, mientras que otros regulan los ajustes morfológicos de la raíz para que los microorganismos benéficos se adecue e inspeccione la colonización y funcionalidad, estos resultados se contraponen con los reportado en esta investigación ya que como se pudo detallar el tratamiento 1 y 2 si tuvieron un rendimiento adecuado en cuanto a tener una mayor elongación de la raíz.

6.12. Volumen de raíz

El mejor volumen de raíz se presentó en el tratamiento 1 con un valor de 56.75 cm³ siendo estadísticamente el más alto ($\alpha=0.05$), sin embargo, los demás tratamientos presentaron igualdad entre sí, tal es el caso del tratamiento 2 con 53.75 cm³, el tratamiento 3 con 53.87 cm³ y finalmente el tratamiento 4 con un valor de 54.00 cm³, tal como se muestra en la figura 13.

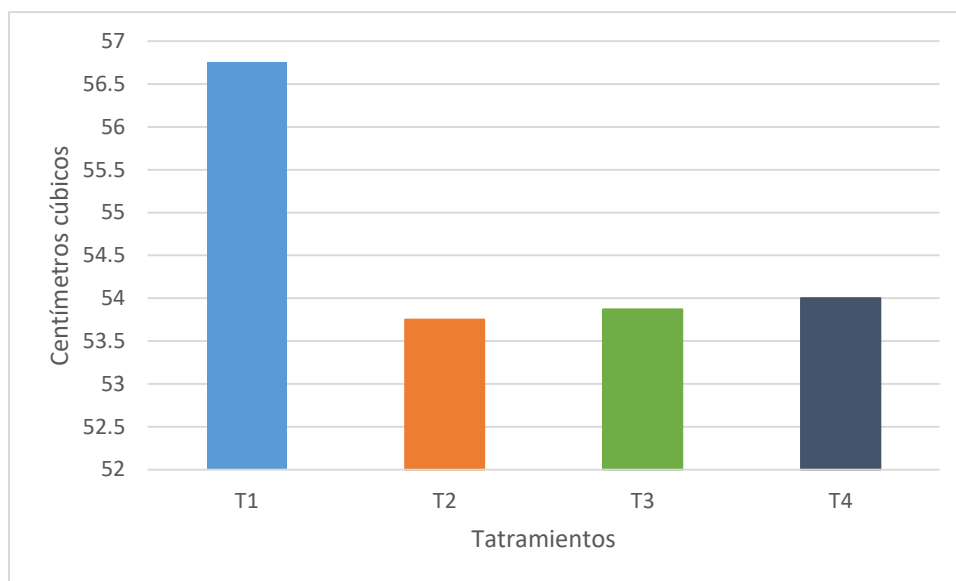


Figura 13. Volumen de raíz que presentó cada uno de los tratamientos con la aplicación de inoculantes orgánicos.

El volumen representa la cantidad de sistema radical con la que cuenta la plántula, donde a mayor volumen hay una mejor absorción de nutrientes y agua, así como un mejor anclaje al suelo. Las plántulas fertilizadas con mayor contenido en fósforo fueron quienes presentaron un mayor volumen en comparación de fertilizantes que contaron con un bajo contenido en este elemento generando solo un incremento pequeño. Además, cabe señalar que entre las principales funciones del fósforo (P) se encuentra la división celular (Binkley, 1993, citado por Lázaro, 2011).

Los HMA (hongos micorrízicos arbusculares) son considerados como organismos del suelo, los cuales viven haciendo simbiosis con todas las plantas, dentro de los beneficios que estos aportan se encuentran en tener mayor ventaja con respecto a las que no cuentan con los HMA, ya que estos facilitan que los nutrientes de baja disponibilidad suban a las partes de la planta y a los nutrientes de poca movilidad, así mismo también se le da mayor tolerancia a la planta en cuanto a evitar un estrés abiótico (Horst, 2004). Los tratamientos 1, 2 y 3 están hechos a

base de microorganismos benéficos, por lo que de esta manera queda demostrado que las micorrizas si beneficiaron con el desarrollo de la planta de manera generalizada.

Como se muestra en las variables descritas anteriormente podemos observar que el tratamiento 1 supera a los demás tratamientos lo cual podemos atribuir, a que los HMA surten un efecto evidente en el crecimiento, así como en el desarrollo vegetativo de nuestros cultivos ya que esto nos beneficia de manera económica; anteriormente en jitomate se realizó un estudio de plantas inoculadas por *Glomus clarus* y otras 2 sepas de *Azospirillum brasilense* obteniendo como resultado que el tratamiento con micorrizas destaco en las etapas de semillero a campo(Terry *et al.*, 2002),

El tratamiento 1 solo contaba con Grammit[®] TS, como ya sabemos es un inoculante a base de microorganismos benéficos como *G. intraradices*, *Bacillus* sp, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos solubilizadores de fósforo, los cuales hubo una simbiosis entre el hongo y la planta, donde los cambios fueron benéficos.

De acuerdo con la ficha técnica Grammit[®] TS, incrementan la tasa de germinación como se puedo ver en el experimento el tratamiento con Grammit[®] TS fue el que presento mejor tiempo al 50 % de germinación con 74.07 horas.

Aporta un desarrollo vigoroso y uniforme en las primeras etapas del cultivo, de acuerdo con esto presento mejor desarrollo en diámetro e índice de esbeltez.

Mejora el balance nutricional y la generación de biomasa, conforme a esto, el tratamiento uno presento mejor peso fresco y peso seco en raíz.

Disminuye la incidencia y severidad de algunas enfermedades en el arranque, ya que en este tratamiento fue el que menos daños tuvo por damping-off a comparación del tratamiento 4.

Por lo tanto, el tratamiento 1 cuenta con su mayoría de las variables antes mencionadas, sin embargo, los demás tratamientos que también se les aplico inoculantes orgánicos no resultaron de la mejor manera. Tomando en cuenta que El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie que se adapta perfectamente a una micorrización para generar una simbiosis con los hongos micorrizicos arbusculares se debe de tener una capacidad adecuada y precisa ya que se pueden presentar algunas dificultades tomado en cuenta la sofisticación de las semillas adquiridas comercialmente además de toda la tecnología con la que se lleva a cabo nuestro periodo de cultivo, es por eso que actualmente se ha tenido mucha inversión a esta especie, en donde se puede determinar que en sistemas de cultivo ecológico se pueden encontrar variedades de importancia comercial que se benefician a nivel de cosecha (Jaizme-Vega y Carnero 1990, Puerta y Jaizme-Vega 1997); Como se reporta en dicho trabajo podemos deducir que el tratamiento 2 y el tratamiento 3 puedan desarrollar sus funciones posterior al transplante ya que el fertilizante grammit[®] TS está diseñado para aplicaciones desde semilla lo cual su simbiosis con la semilla lo ayuda a dar mejores resultados a comparación de los otros inoculantes Voltan[®] y Apolo[®]

IV. CONCLUSIÓN

Con base a los resultados que fueron obtenidos en la presente investigación se concluye con lo siguiente:

La aplicación de microorganismos benéficos al sustrato favorece la germinación en semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

El inoculante orgánico Grammit[®] TS al aplicarlo en las semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), tuvo efectos favorables al incrementa la capacidad germinativa como consecuencia estimula el óptimo desarrollo de plántulas de calidad.

El mejor tratamiento fue el 1 con relación a las variables, tiempo al 50% de germinación, diámetro, peso fresco, peso seco de raíz, longitud, volumen, e índice de esbeltez. Lo cual garantiza que las plántulas serán capaces de adaptarse más rápido después del transplante en comparación de los demás tratamientos.

De igual manera colocar inoculantes orgánicos ya sea en el sustrato o en la semilla reduce la muerte de plántulas por causa de damping-off (*Phytophthora* sp.)

El empleo de microorganismos benéficos en la agricultura es el futuro de nuevas prácticas agrícolas, contribuyen a mejorar el nivel nutricional de la plántula lo que se ve reflejado fisiológicamente y morfológicamente obteniendo así resultados favorables en masa seca, y área foliar de la planta.

VII. LITERATURA CITADA

- Abad B., M., P. Noguera M., y C.Carrión B. 2004. Sustratos en los cultivos sin suelo. *In:* Tratado de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu-Gavilán. Mundi-prensa México. pp 113-158.
- Abad, B.M. Noguera, M.P; Camon, B.C. 2005. Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp.113-158, En: Tratado de Cultivo Sin Suelo. Urrestarazu gavilan, m. (ed.). Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- Abad, M. y P. Noguera. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: M. Urrestarazu (ed.). Manual del Cultivo sin Suelo. Mundi Prensa. Madrid. pp. 137-184.
- Acosta-Durán C.M., J. Vargas-Araujo, T. Rodríguez-Rojas, I. AliaTejacal, M. Andrade-Rodríguez y O. Villegas-Torres. 2005. Efecto de la mezcla de materiales en las propiedades. Químicas del sustrato. XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, México. p. 28
- Acosta-Durán, C.M. 2012. Selección de sustratos para horticultura. Redes Edit. México, DF. 108 p.
- Alvarado, C. M.; Díaz, F. A. y Peña del Río M. de los Á. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 5(3):513-518
- Alzugaray, C.; Carnevale, N.; Salinas, A. y Pioli, R. Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. [en línea]. *Rev. Iberoam. Micol*, 2007, vol. 24, p. 142-147. Consultado: el 20 de diciembre de 2008, en línea bajo la dirección: <http://www.reviberoammicol.com/2007-24/142147.pdf>.
- Anónimo, 2009. Enciclopedia de los municipios de Mexico, Puebla. Intituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Puebla. Consultado el 22 de abril de 2018, en línea bajo la dirección; <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/puebla/Mpios/21039a.htm>
- Anónimo, 2018. Tomate variedad Rio de Fuego: descripción, fotos, características, del tomate. Consultado el 07 de mayo de 2018, en línea bajo la dirección: <https://es.flare-up.net/?p=3391>
- Arriaga, V.; Cervantes, V.; Vargas-Mena, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Secretaria de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. 186 pp.

- ArVensis, 2017. Inductores De Productividad. Consultada 30 abril 2018, de GRAMMIT®TS, en línea bajo la dirección: <http://www.arvensis.com.mx/>
- ArVensis, 2017. Inductores De Productividad. Consultada 30 abril 2018, de SUPRA START®BIO, en línea bajo la dirección: <http://www.arvensis.com.mx/>
- ArVensis, 2017. Bioestimulantes. Consultada 30 abril 2018, de SUPRA®ROOT, en línea bajo la dirección: <http://www.arvensis.com.mx/>
- ArVensis, 2017. Nutrición Consultada 30 abril 2018, de SUPRA®START, en línea bajo la dirección: <http://www.arvensis.com.mx/>
- ArVensis, 2017. Sanidad. Consultada 30 abril 2018, de APOLO®- en línea bajo la dirección: <http://www.arvensis.com.mx/>
- Baldani, J. I. /et al./. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil-biol-biochem.*, 1997, vol. 29, no. (5/6), p. 911-922.
- Bidweel R., G. S. 1994 Fisiología vegetal. AGT Editor S. A. México, D. F. 784 p.
- Bidwell, R.G. 1990. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S.A. México, D.F. 784
- Bryla, R. D. and Koide, R. T. 1998. Mycorrhizal response of two tomato genotypes relates to their ability to acquire and utilize phosphorus. *Ann. Bot.* 82:849-857.
- Burés, I. S. 1997. Sustratos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:7-238
- Calvin L., R Cook, and W Amber. 2005. North America greenhouse tomatoes emerge as a major market. *USDA. Economic Research Service* 1(3):20-27.
- Cano, P., A.; Vargas, H., J.J.; González, H., V.A.; Vera, C., G.; Cetina, A., V.M. 1998. Caracterización morfológica de plántulas de *Pinus greggii* Engelm en dos sistemas de producción en vivero. *Ciencia Forestal en México* 23 (84): 19-27.
- Castellanos J., Z. y C Borbón M. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México. *In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero.* J. Z. Castellanos. INTAGRI México. pp 1-18.
- Castellanos J.Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. INCAPA. México
- Castellanos Z., J; Vargas T., P. 2009. Los sustratos en horticultura protegida, pp.131-156, *En: Manual de Producción de Tomate en Invernadero.* CASTELLANOS Z., J. (ed.). Editado por Intagri, S.C., Celaya, Guanajuato, México.

- Chamorro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa México Pp 43-87.
- Chávez, S., N. 2001. Producción de plántula de hortalizas en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Delicias. México. Folleto Técnico Núm. 7.
- CONABIO, 2009 *Lycopersicon esculentum* - ficha informativa. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 17 de octubre de 2014, de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersiconesculentum/fichas/ficha.htm>
- COSMOCEL. (2015). Sustrato para propagación de plántulas. Consultada 30 abril 2018 de COSMOPEAT, en línea bajo la dirección: http://www.tacsamexico.com/DEAQ/src/productos/554_43.htm
- Coyné, M. Microbiología del suelo. Un enfoque exploratorio, Ed. Paraninfo 2002, p. 416.
- Cruces, C. R. 1990. Lo que México aportó al mundo. Editorial Panorama. 2ª reimpresión. México, D.F. 61-64 Pp.
- Cruz Ortiz, E. 2007. Efecto de Mycoral® en las etapas de pre-vivero y vivero con dos niveles de fertilización en palma africana (*Elaeis guineensis*) en Atlántida, Honduras. Proyecto de graduación para obtener el título de ingeniero agrónomo, EAP, Zamorano. 27 p.
- Davies, F. T.; Estrada Luna, A. y Finnerty, T. L. Applications of mycorrhizal fungi in plant propagation system. Capítulo III. Biotecnología. En: Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Montecillo: Colegio de posgraduados. 2000. p. 123-140.
- Delgado M., A 2004. Nitrógeno en la producción de plántulas de chile y su efecto después del trasplante. Tesis de Licenciatura. Unidad Académica de Agronomía Universidad Autónoma de Zacatecas, México 54 p.
- Díaz S., F. R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invierno. Memorias del IV simposium nacional de horticultura. Invernaderos: Diseño, manejo y producción. (ed.). Torreón Coah, México. 13-15 Oct. 2004. pp.44-68.
- Díaz-Franco, A., G. J. Salinas, G. J. R. Valadez, E. H. M. Cortinas, O. C. Loredó, Q. V. Pecina, R. A. Pajarito, A. J. Amado, G. D. González. 2012. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México. Folleto Técnico No. Mx-0310301-

25-03-13-09-54. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rio Bravo, Tamaulipas. México.

Dosreis, F. B. /et al./ Occurrence of diazotrophic bacteria in different sugar cane genotypes. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 2000, vol. 35, no. 5, p. 985-994.

Enríquez, E., Suzán, H. y G.Barrera. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. México. Agrociencia 38: 357-381.

Esquinas, A. J. y F. V. Nuez, 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En el cultivo del tomate F. Nuez. Mundi-Prensa, España Pp 13-42

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Representante en México). 2009. la FAO en México Más de 60 años de cooperación 1945 – 2009. Agroanálisis A. C. México.

FAO, 2005. Manual Técnico. Almaciguera flotante para la producción de almácigos hortícolas. Universidad de Talca, Chile. Pp. 38.

FAO. 1990. Soills cultural of horticultural crops production. FAO Plant production and protection paper. pp. 188- 196.

FIRA. 2010. Panorama Agroalimentario, Tomate rojo. pp. 13-7

GIOVANETTI, Manuela y SBRANA, Cristiana. Meeting a non-host: the behavior of AM fungi. Mycorrhiza, 8: 123-130. 1998.

González-Zertuche, L. 1992. Métodos de Análisis para el Estudio de la Germinación de *Manfreda Brachystachya* (Cav.) Rose Fam. Amarylidaceae. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias UNAM, México. 60.

Guerra González, J. 2009. Evaluación de cepas de micorriza vesículo- arbuscular en plantas de caoba (*Swietenia* sp.) en etapa de vivero en Zamorano, Honduras. Proyecto de graduación para obtener el título de ingeniero agrónomo, EAP, Zamorano. 19 p.

Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. *In*: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCRCYTED. San José, Costa Rica. 25 p.

Hernández, A. N. *et al.* Selección de cepas de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. proyecto 300089, INCA. 1998.

- Hernández, C. S. 2011. Producción de tomate en diferentes granulometrías de “tezontle”. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados “Campus Montecillo”, Texcoco, Estado de México, 107 p <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>.
- Hochmuth, G.J. 2001. Irrigation of greenhouse vegetables-Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. 3. University of Florida. Consultada el 30 de abril de 2018 en línea bajo la dirección: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- INEGI. 2000. Síntesis geográfica del Estado de Puebla, México. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. 2018. Síntesis geográfica del Estado de Puebla, México. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ingram, D.L.; R. W. Henley and T. H. Yeager. 2003. Growth media for container grown ornamental plants. University of Florida, IFAS Extension. Consultada el 29 de abril de 2018 en línea bajo la dirección: <http://edis.ifas.ufl.edu>. Consultada
- Jaizme-Vega MC, Carnero A. 1990. Estudio preliminar del uso de los hongos micorrícicos en el cultivo del tomate bajo invernadero en las Islas Canarias. *Actas de Horticultura* 4 (I): 186-190.
- Jaizme-Vega MC, Pinochet J. 1997. Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. *Nematropica* 27(1): 69-76.
- Johnson, J. D. and Cline, M. L. 1990. Seedling quality of southern pines. In: Duryea, M. L. and Dougherty, P. M. (eds.). *Forest regeneration manual*. Kluwer. Dordrecht. pp. 143-159.
- Khalil, S.; Loynachan, T. and Tabatabai, M. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient-uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agron. J.* 86:949-958.
- Koornneef, M.; Bentsink, L. y Hilhorst, H. Seed dormancy and germination. *Current Opinion. Plant Biol.*, 2002, vol. 5, p. 33-36.
- Lorenz A.A. and D.N. Maynard. 1980. *Knott's handbook for vegetable growers*. John Wiley and sons, Wiley, Interscience Publication N.Y., U.S.A. 408 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.

- MAY, J. T. 1984. Lifting and field packing. In: J. T. May, E. W. Belcher, Jr., C. E. Cordell, T. H. Filer, Jr., D. South, and C. W. Lantz (eds.). *Southern Pine Nursery Handbook*. USDA Forest Service. Southern Region. pp: 81-82.
- Mojarro D. F., A. B. Lozano, B. Cabañas C. and M. D. Amador R. 2004. Cultivars tolerance of red chile to root rot: response to high levels of soil moisture. In *First world pepper convention*. 158-164.
- Moreno A., R., J Aguilar D., y A Luévano G. 2011 Características de la Agricultura Protegida y su Entorno en México. *RevMex de Agronegocios*. 29:763 – 774.
- Muñoz R., J. J. 2003. La producción de plántula en invernadero. In *Manual de producción hortícola en invernadero*. INCAPA. Celaya, Guanajuato, México. p 207-230.
- Nuez, F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. En: Nuez, V. F. (ed.). *El Cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 626 - 669.
- Oseni, T. O.; Shongwe, N. S. and Masarirambi, M. T. 2010. Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. *Int. J. Agr. Biol.* 12:789-792.
- Parra, Y., & Cuevas, F. 2002. Potencialidades de azospirillum como inoculante para la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 23(3),31-4.[fecha de Consulta 31 de abril de 2018]. ISSN: . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193218120004>
- Porta C., J., M. López-Acevedo., R., y C. Roquero., D. L. 2003. Textura del suelo. *In: Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa México. pp. 91-110.
- Pozo, M. J.; López-Ráez, J. A.; Azcón-Aguilar, C. and García-Garrido, J. M. 2015. Phytohormones as integrators of environmental signals in the regulation of mycorrhizal symbioses. *Reino Unido. New Phytologist*. 205(4): 1431-1436
- Preciado R., P.; M. A. Segura C.; A Lara H. y M. Andrade H. 2005. Crecimiento de plántulas de chile jalapeño por efecto del nitrógeno y el fósforo en la solución nutritiva. *Segunda Convención Mundial del Chile*. Zacatecas, México. pp. 179-183.
- Preciado R., P.; C. G. Baca; T. J. Tirado; J. Kohashi S.; C. L. Tijerina y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20(3): 267-276
- Prieto, R. J. A. Vera, C. G. y E. Merlín B. 1999. Factores que influyen en la calidad de los brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto técnico N° 12. Campo experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México. 23 p.

- Pulido, L. E.; Medina, N. y Cabrera, A. 2003. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales*. 24(1):15-24
- Quiñones, L. S. 2005. Tecnología de aspersión para la aplicación de plaguicidas. Primer curso nacional de actualización en control químico de plagas y enfermedades. Colegio de postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.
- Ramón, M y Mendoza, C. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. *Rev. Fac. Agron.*, 2002, vol. 19, no. 4, p. 264-272. ISSN 0378- 7818. Consultada en línea bajo la dirección: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>.
- Rasband, W. S. 2007. ImageJ, US National Institutes of Health Bethesda, Maryland, USA, <http://rsbweb.nih.gov/ij/>; consulta: noviembre del 2014
- Reyes-Reyes, J.; Aldrete, A.; Cetina-Alcalá, V. M.; López-Upton, J. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de aserrín Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 11, núm. 2, 2005, pp. 105-110 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México
- Rincón, G. N., Olarte, Q. A. M. and J.C. Peres, N. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 65:7
- Rodríguez, R. Tavares, R. Medina, 2001. Cultivo Moderno del tomate 2a Edición. Ediciones Mundi- Prensa. España. 225 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2010. Monografía de cultivos “Jitomate”, Subsecretaría de Fomento a los agronegocios. 10 p. Disponible en línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf> (consulta septiembre 18, 2017)
- Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México.
- Salvador, C. 1997. Formulaciones más comunes de productos fitosanitarios. Food for all. FAO, IFA, CPF, CASAFE, Dupont.

- Santillana, N., C. Arellano, D. Zúñiga. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Ecología Aplicada* 1-2: 47- 51.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas sp.*. *Ecología Aplicada* 1-2: 87-91.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta). 2004. Información de la Producción Agrícola Nacional por Entidad Federativa de los años 1980 a 2004. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Internet
- Terry, E.; Núñez, M.; Pino, M. A. y Medina, N. Efectividad de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 22, no. 2, p. 56-59.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphology: what you can tell by looking. In *Evaluating seedling Quality. Principles, procedures, and Predictive Abilities of Major Test*. Duryea M. L. ed Corvallis Oregon. FRL pp:59-71
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: *Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test*. M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- 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.
- Toral, I.M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo forestal integral de Jalisco. SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 28 p.
- Vásquez, J. 2003. Aplicación de productos fitosanitarios. Técnicas y equipos. Ed. Eurocolor Madrid, Es. 389 p
- Velasco, V. J.; Ferrera, C. R. and Almaraz, S. J. J. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. México. *Terra Latinoam.* 19(3):241-248
- Vierheilig, Horst. Regulatory mechanisms during the plant - arbuscular mycorrhizal fungus interaction. *Canadian Journal of Botany*, 82: 116 6- 1176. 2004.

- Villar, J., Viñals, M., Álvarez, X., & Dorta, M. 2005. Tecnología de producción de inoculantes de azospirillum y factibilidad económica de su aplicación agrícola en cultivos seleccionados. *Cultivos Tropicales*, 26(3),23-26.[fecha de Consulta 29 de abril de 2018].ISSN: Recuperado de:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193216156004>
- VioHache Compostas. (2017). Fertilizante orgánico sólido elaborado a partir de estiércol bovino. Consultada 30 abril 2018, de Compostas en línea bajo la dirección: <http://www.viohache.com/composta/>
- Von Haeff, J. N. M. 1983. Manuales para educación agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), Editorial Trillas, D.F., México: 9-53 pp
- Waterer, D.; J. Bantle and P. Hagel. 2004. Impact of trasplantage and cell size on cabbage performance. Vegetable cultivar and cultural trials. University of Saskatchewan. Canadá. Consultada en línea el 29 de abril de 2018, en línea bajo la dirección: <http://www.usask.ca>.
- Zeolitech. 2018. Arcilla Roja, Potásica- BK. Consultada 30 abril 2018, de Productos para el sector agropecuario en línea bajo la dirección: <http://www.zeolitech.com.mx/BK.html>
- Zeolitech. 2018. Roca Fosfórica- RP. Consultada 30 abril 2018, de Productos para el sector agropecuario en línea bajo la dirección: <http://www.zeolitech.com.mx/RP.html>
- Zevallos, P. y Y. Flores. 2003. Caracterización Morfológica de plántulas de “una de gato” *Uncaria tomentosa* (Willdernow ex Roemer & Schultes), D. C. Y. *U. guianensis* (aublet) gmelin del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Lima Perú. *Ecología Aplicada* 2: 41-46

VII. ANEXOS



Figura 14. Área de trabajo



Figura 15. Acondicionamiento del área de trabajo, limpieza de las herramientas a empleadas.



Figura 17. Preparación del sustrato para cada uno de los tratamientos.

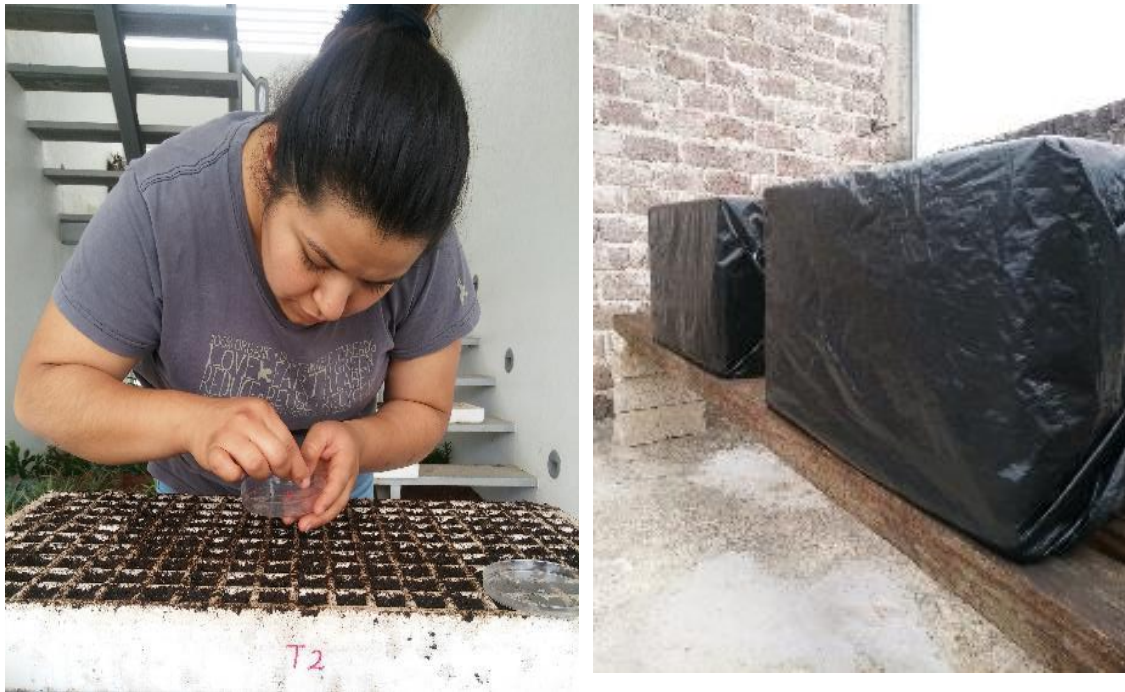


Figura 17. Siembra y acondicionamiento de las charolas en el microtúnel para su germinación



Figura 19. Germinación de semillas de *Solanum lycopersicum* L.



Figura 19. Desarrollo y crecimiento de plántula de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)



Figura 21. Muestreo destructivo

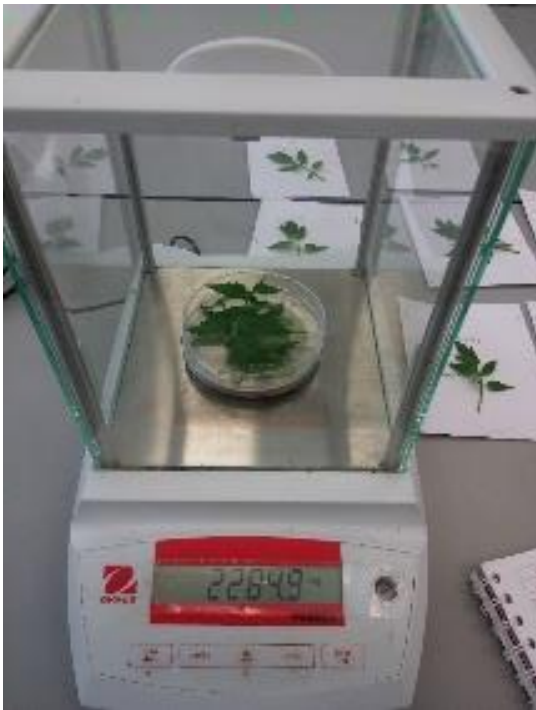


Figura 21. Evaluación de variables