

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Evaluación del Comportamiento Fisiológico en Plántulas de Tomate (*Solanum lycopersicum*) a la Aplicación de Fertilización Foliar de Líquido y Harina de Lombriz

Por:

JORGE LUÍS MÉNDEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, mayo, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Evaluación del comportamiento fisiológico en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación de fertilización foliar de líquido y harina de lombriz

Por:

JORGE LUÍS MÉNDEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:


Dr. Emilio Rascon Alvarado

Asesor principal


M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor


Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor


Dr. Luis Samaniego Moreno.
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2018



RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento fisiológico de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación de fertilización foliar de líquido y harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Bajo condiciones de campo abierto los tratamientos evaluados fueron ocho con tres repeticiones (T1) 100% agua, (T2) 100% líquido de lombriz, (T3) 1 g de harina de lombriz más 1 L de líquido de lombriz, (T4) 2 g de harina de lombriz más 1 L de líquido de lombriz, (T5) 3 g de harina de lombriz más 1 L de líquido de lombriz, (T6) 1 g de harina de lombriz más 1 L de agua, (T7) 2 g de harina de lombriz más 1 L de agua, (T8) 3 g de harina de lombriz más 1 L de agua. Los resultados demostraron que al aplicar (T8) hubo un incremento en peso fresco de planta. Así mismo al aplicar foliarmente (T5) afectó positivamente el peso fresco de raíz. Además, al aplicar (T2) mostró resultados favorables en peso seco de raíz. No obstante, hubo resultados favorables con respecto al diámetro de tallo aplicando (T3). Se concluye que la aplicación foliar de la combinación líquido de lombriz con harina de lombriz potencia el desarrollo de algunas características de las plántulas de tomate; sin embargo ninguno de los tratamientos mantuvo las respuestas más altas de forma consistente para cada variable, aunque el líquido de lombriz mostro una tendencia numérica positiva ubicándose casi de manera constante entre los primeros lugares.

Palabras clave: Líquido de lombriz, *Eisenia foetida*, Harina de lombriz, Plántula de Tomate, *Solanum lycopersicum*,

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
AGRADECIMIENTOS	XI
DEDICATORIA.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Objetivo general	14
1.2 Hipótesis.....	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1 Origen.....	15
2.2 Importancia económica y distribución geográfica	15
2.3 Clasificación taxonómica	17
2.4 Características botánicas del tomate.....	18
2.4.1 Raíz.....	18
2.4.2 Tallo.....	18
2.4.3 Hojas	19
2.4.4 Flores	19
2.4.5 Frutos	19

2.4.6 Semillas	20
2.5 Producción de plántula	20
2.6 Requerimientos Edáficos y climáticos	21
2.6.1 Temperatura	21
2.6.2. Luz y fotoperiodo	21
2.6.3. Humedad del suelo y humedad relativa	22
2.7 Fertilización foliar	24
2.8 Fertilizantes orgánicos	26
2.9 Lombricultura	28
2.10 Historia de la lombricomposta	30
2.11 Lombricomposta	31
2.12 Humus de lombriz	31
2.13 Líquido de lombriz	33
2.14 Harina de lombriz	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 Localización geográfica del sitio experimental	37
3.2 Materiales	38
3.2.1 De Campo	38
3.2.2 De laboratorio	39
3.3 Material vegetal	39

3.3.1 Metodología.....	39
3.3.2 Contenedor para cría de lombriz y recolección de líquido de lombriz	40
3.3.3 Recolección y secado de adultos de lombriz.....	40
3.3.4 Molienda de adultos de lombriz	41
3.3.5 Acondicionamiento de charolas de germinación	41
3.3.6 Siembra de semillas	41
3.3.7 Tratamientos.....	42
3.3.8 Aplicaciones foliares.....	43
3.3.9 Descripción de las variables a evaluar	44
Peso fresco de planta (PFP)	45
Peso fresco de raíz (PFR)	45
Peso seco de raíz (PSR)	46
Diámetro de tallo (DT)	46
Peso seco de planta (PSP)	47
Altura de planta (AP)	47
Longitud de raíz (LR).....	48
3.3.10 Diseño experimental.....	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Peso fresco de planta (PFP).....	52
4.2 Peso fresco de raíz (PFR)	53

4.3 Peso seco de raíz (PSR)	55
4.4 Diámetro de tallo (DT)	57
4.5 Peso seco de planta (PSP)	59
4.6 Altura de planta (AP)	61
4.7 Longitud de raíz (LR).....	63
5. CONCLUSIONES.....	64
6. RECOMENDACIONES	65
LITERATURA CITADA	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Composición mineral de humus de lombriz	34
Cuadro 2. 2 Aminoácidos, vitaminas y minerales de la carne en harina de lombriz roja californiana	36
Cuadro 3.1 Contenido por cada tratamiento.....	43
Cuadro 4.1 Valores promedios para las diferentes variables evaluadas en el análisis de varianza en evaluación del comportamiento fisiológico de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación de fertilización foliar de líquido de lombriz y harina de lombriz.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización geográfica del sitio experimental.....	38
Figura 3.2 Harina de lombriz	41
Figura 3.3 Plántulas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	42
Figura 3.4 Tratamientos aplicados.....	44
Figura 3.5 Muestreo de plántulas (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	44
Figura 3.6 Medición de peso fresco de planta	45
Figura 3.7 Medición de Peso fresco de raíz	45
Figura 3.8 Raíz seca de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	46
Figura 3.9 Medición de diámetro de tallo.....	46
Figura 3.10 Planta seca de tomate	47
Figura 3.11 Medición de altura de planta.....	47
Figura 3. 12 Medición de longitud de raíz.....	48
Figura 4.1 Peso fresco en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	52
Figura 4.2 Peso fresco de raíz en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	53
Figura 4.3 Peso seco de raíz en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	55
Figura 4.4 Diámetro de tallo en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	57

Figura 4. 5 Peso seco en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	59
Figura 4.6 Altura de planta en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	61
Figura 4.7 Longitud de raíz en plántula de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.	63

AGRADECIMIENTOS

A mi **Alma Terra Mater**, por acogerme y permitirme ser parte de ella durante mi formación, estaré siempre agradecido y porque será parte mis más entrañables recuerdos.

Al **Departamento de Ciencias Del Suelo**, por sus conocimientos brindados, así como por las facilidades otorgadas para mi desarrollo profesional.

A mis **Profesores**, por sus enseñanzas transmitidas, consejos y apoyo, que sin ellos no hubiese alcanzado éste logro académico.

Al **Dr. Emilio Rascón Alvarado**, estimado profesor a quien conocí en el examen de admisión a la universidad, y quien además fue mi tutor a lo largo de la carrera, brindándome sus consejos, apoyo y ánimo en mis decisiones académicas.

Al **M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos**, por su amistad y su valiosa participación, disponibilidad y apoyo en la culminación de éste trabajo

Al **Dr. Edmundo Peña cervantes**, por su amistad y su valiosa participación, así como por los conocimientos otorgados para mi desarrollo profesional.

A la **TLQ. Martha Patricia Herrera Gaytán**, por su ayuda en los análisis de laboratorio para ésta tesis.

A **mis amigos y compañeros buitres**, por su estimable afecto y trato otorgado a lo largo de la carrera, así como por las experiencias compartidas. Permanecerán en mi memoria los momentos de dicha, angustia y alegría.

“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque eh subido a hombros de gigantes”
– Isaac Newton

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Francisca García, José Méndez por brindarme su apoyo incondicional, confianza, cariño, consejos y encauce, he alcanzado otra meta más en mi vida, esperando que comprendan que mis logros son también suyos e inspirados por ellos.

A MIS PRIMOS:

Maricarmen, Omar. A quienes aprecio como mis hermanos, por estar siempre pendiente de mi bienestar, por su apoyo, afecto y entusiasmo que me brindaron para culminar mis estudios, por todas las alegrías, y momentos que hemos compartido.

A MI TIA

Irma. Quien me ofreció su apoyo y palabras sensatas, así como su afecto, gracias.

A mi familia y a todas las personas que influyeron positivamente en mi vida, comparto éste logro con ustedes.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y calidad del fruto. De acuerdo con Fonseca (2006) la superficie empleada para cultivos en invernadero en México asciende a 4 900 ha y presenta una tasa de crecimiento anual de 25 %; de esta superficie, 3 450 ha se destinan a la producción de tomate.

De acuerdo con Eskenazi *et al.* (2004) y Hernández *et al.* (2004) el uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que los frutos pudieran contener, los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas.

Para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y calidad de los productos vegetales y obtener productos inocuos, Ruiz (1998), Milles y Peet (2002) y FAO (2001) recomiendan sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos.

Debido a la aceptación de los productos de este tipo Willer y Yussefi (2000); así como Haring *et al.* (2001) señalan que la superficie destinada a la agricultura orgánica ha registrado tasas de crecimiento mundiales superiores a 25 % anual; además, los productos orgánicos tienen sobrepuestos de 20 a 40 % con respecto a los productos tradicionales de acuerdo con FAO (2001) y Sloan (2002).

En vista de lo anteriormente expuesto, en ésta investigación se considera como una opción el utilizar el líquido y harina de lombriz foliarmente en vista del contenido de algunos nutrientes esenciales, por lo cual se plantea este trabajo, con el siguiente objetivo e hipótesis:

1.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento fisiológico en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a las aplicación de fertilización foliar de líquido y harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) bajo condiciones de campo abierto

1.2 Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos de líquido y harina de lombriz generará valores superiores a los del testigo, en la producción de plántula de tomate bajo condiciones de campo abierto

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

El origen del tomate se ubica a lo largo de la cordillera de los Andes entre Ecuador, Perú y Chile. La especie de tomate *Solanum lycopersicum* se encuentra mayormente distribuida en México, Colombia y Bolivia, así lo indican Rick Y Holle (1990). Peralta y Spooner (2007) sugieren que *Solanum lycopersicum* fue introducido en tiempos precolombinos en Perú mientras que Jenkins (1948) sostiene que su domesticación se dio en la región de la península de Yucatán en México, donde inicialmente fue domesticado como maleza por los aztecas, para luego ser llevado después del descubrimiento de América a Europa.

2.2 Importancia económica y distribución geográfica

El tomate *Solanum lycopersicum* a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia después de la papa *Solanum tuberosum* L y se cultiva en diversos países, no obstante; en 2008 más del 70% de la producción se concentró en cuatro países: China (36%), Estados Unidos (14%), Turquía (12%) e India (11%) según SAGARPA (2010). A escala mundial existen casi cuatro millones de hectáreas de superficie sembradas con el cultivo, lo que representa una producción de 105.7 millones de Tn de acuerdo con FAO (2010).

En 2016, México ocupó el décimo lugar como productor con 3.5 millones de toneladas equivalente al 2.1% del total según SAGARPA (2016), siendo Sinaloa el estado que se ha consolidado como el primer productor de tomate en México, cultivándose principalmente en los valles de Ahome, Culiacán y Guasave. En este estado, se siembran aproximadamente 18,623.05 ha, con una producción de 1,039,367.64 Tn y con un valor poco más de 3 billones de pesos, significando una muy importante fuente de empleos y divisas para esta zona de acuerdo con SIAP (2013).

En el estado de Coahuila se reportan 3 906.8 ha sembradas, con una producción de 106 562.3 Tn y un valor de 286.7 millones de pesos, así lo indica SAGARPA (2009). Acorde con Ortega (2010) el tomate es una de las especies hortícolas más importantes en nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera; además, es el principal producto hortícola de exportación.

La importancia de la planta radica en que posee cualidades muy esenciales para adecuarse a la dieta alimenticia, para su consumo en fresco o procesado, representa una rica fuente de sales minerales y de vitaminas A y C principalmente, además de utilizarse en la industria cosmética, farmacéutica y ornamental. La planta es potencialmente perenne pero muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual de distinta duración conforme la variedad según Rodríguez *et al.* (2001).

Chamarro (2001) indica que se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas, métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad. Uno de los principales problemas que enfrenta la producción de tomate en nuestro país es el excesivo uso de agroquímicos, incrementando los costos de producción por el uso de las mismas.

2.3 Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
Infrareino	Streptophyta
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Asteranae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>S. lycopersicum</i>

Fuente :(Integrated Taxonomic Information System Report page: *Solanum Lycopersicum*, 2016)

2.4 Características botánicas del tomate

El tomate *Solanum lycopersicum* de acuerdo con Nuño *et al.* (2007) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, es una planta de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de manera rastrera, semi-erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) o de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

2.4.1 Raíz

Según Rodríguez *et al.* (2001) la planta presenta una raíz principal pivotante, crece unos 3 cm al día hasta alcanzar los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Sin embargo, este sistema radical puede ser modificado por las prácticas culturales de tal forma que cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal

2.4.2 Tallo

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2001) el tallo es erguido y cilíndrico en plantas jóvenes, a medida que ésta crece, el tallo cae y se vuelve anguloso, presenta una ramificación abundante y yemas axilares, si al final del crecimiento todas las

ramificaciones exhiben yemas reproductivas, éstas se clasifican como de crecimiento determinado, y si terminan con yemas vegetativas, son de crecimiento indeterminado.

2.4.3 Hojas

Según Rodríguez *et al.* (2001) las hojas son compuestas, se insertan sobre los diversos nudos de forma alterna, el limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once folíolos.

2.4.4 Flores

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2001) las flores son pequeñas, pedunculadas de color amarillo, formando corimbos axilares. La flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir, con los sépalos soldados entre si y la corola con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán origen a los lóculos o celdas del fruto

2.4.5 Frutos

Los frutos de tomate son bayas carnosas con diferencias en formas (lisa, asurcado, aperado, etc.) e intensidad en coloración, de rojiza o amarillo en caso de ciertas variedades de tomate, con cavidades o lóculos internos variables, en donde

se desarrollan las semillas de forma reniforme y aplanadas de acuerdo con Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria COVECA (2010).

2.4.6 Semillas

Las semillas son de forma lenticular con dimensiones promedio de 5x4x2 milímetros y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. La testa o cubierta seminal es el tejido duro e impermeable de acuerdo con COVECA (2010).

2.5 Producción de plántula

La producción de plántula se realiza en condiciones de invernadero, con una buena fertilización y buen manejo, el trasplante se efectúa a los 30 – 35 días después de la siembra en verano, o 40 – 45 días en invierno. Para este tiempo las plantas miden a una altura de 20 cm, con buen vigor, que junto con el cepellón se extraen, sin causar ningún daño a las raíces, según Centeno (1986) esto es reflejado a nivel de prendimiento en campo.

2.6 Requerimientos Edáficos y climáticos

2.6.1 Temperatura

Martínez (2001) señala que la temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico.

Cuando la temperatura es mayor de 25°C y menor de 12°C, la fecundación no se da o es muy baja, ya que disminuye la cantidad y calidad de polen del mismo produce caída de las flores y deformación de frutos. A una temperatura menor de 12°C, se producen ramificaciones en las inflorescencias. El fruto se puede amarillear si se presentan temperaturas mayores de 30°C y menores de 10°C. En general, la diferencia de temperatura entre el día y la noche no debe ser mayor de 10 – 12°C así lo indica Martínez (2001).

2.6.2. Luz y fotoperiodo

La planta de tomate se desarrolla mejor con alta intensidad luminosa, cuando ésta es baja, se afecta la apertura de las estomas y disminuye el número de estos por milímetro cuadrado. En cuanto a la exigencia de luz para que se formen buenos

frutos, es necesario un mínimo de luz de 4000 – 6000 luxes, así lo indica Guenkov (1974), en caso de escasez de luminosidad el ciclo vegetativo puede alargarse demasiado.

La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como en el fotoperiodo, así como en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos; en virtud de que el rendimiento de fruto está positivamente relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y el ciclo del mismo, así lo refiere Wien (1997).

Rodríguez *et al.* (2001) señalan que el desarrollo normal de las plantas de tomate se lleva a cabo entre 11-12 h, los días largos favorece a las plantas un fructificación precoz. Algunos autores plantean que el tomate es una planta de día corto, pero la mayoría considera que es indiferente al fotoperiodo en lo que concierne a su floración, la longitud del día tiene bastante importancia en su crecimiento vegetativo.

2.6.3. Humedad del suelo y humedad relativa

La exigencia del tomate en cuanto a la humedad del suelo es media, pero influye sobre todo en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades

medias no superiores al 50% y suelos no encharcados, así lo señalan Rodríguez *et al.* (2001). Los periodos críticos de humedad en las plantas de crecimiento determinado son: después del trasplante, poco consumo de agua; en floración e inicio de fructificación, gran demanda de agua; en la etapa de maduración de fruto, poco consumo de agua acorde con Huerres y Caraballo (1996).

La disponibilidad de agua también puede afectar la formación de flores y posteriormente la disminución de frutos. La media del número de flores por racimo, decrece cuando disminuye el suministro de agua. Al reducirse el 25% de la disponibilidad de agua que el cultivo demanda por evapotranspiración, se llega a disminuir un 40 % hasta 90 % el número de flores formadas dependiendo del cultivar, y se produce un estrés severo causando efectos negativos en concordancia con Wien (1997)

Al respecto Resh (1993) menciona que se ha demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, “cuajado” de fruto y posterior desarrollo de éste. Humedad del ambiente mayor de 70% disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente polen al estigma. Por otro lado, la humedad relativa demasiado seca (inferiores al 60 – 65%) causa la desecación del polen.

2.7 Fertilización foliar

La fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, ya que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar. Se reconoce que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda, según Fregoni (1986).

El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Bear, 1965; Plancarte, 1971; Trinidad *et al.* 1971). Por consiguiente, habrá casos en que la fertilización foliar sea más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, y casos en que simple y sencillamente no sea recomendable el uso de la fertilización foliar.

La hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersion según Tisdale *et al.* (1985) mencionan que un nutrimento también puede penetrar a través del tallo, si éste no presenta una suberización o lignificación muy fuerte; tal es el caso de las ramas jóvenes o el tallo de las plantas en las primeras etapas de desarrollo.

La hoja es un tejido laminar formada indica Bidwell (1979) en su mayor parte por células activas (parénquima y epidermis) con excepción del tejido vascular (vasos del xilema que irrigan la hoja de savia bruta) y la cutícula que es un tejido suberizado o ceroso que protege a la epidermis del medio.

La fertilización foliar, señala Franke (1986) debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos nutrimentos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo.

La fertilización foliar puede ser útil para varios propósitos tomando en consideración que es una práctica que permite la incorporación inmediata de los elementos en los metabolitos que se están generando en el proceso de fotosíntesis. Algunos de estos propósitos se indican a continuación:

- Corregir las deficiencias nutrimentales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta
- Corregir requerimientos nutrimentales que no se logran cubrir con la fertilización común al suelo
- Abastecer de nutrientes a la planta que se retienen o se fijan en el suelo
- Mejorar la calidad del producto
- Acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta
- Hacer eficiente el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes

- Corregir problemas fitopatológicos de los cultivos al aplicar cobre y azufre,
- y respaldar o reforzar la fertilización edáfica para optimizar el rendimiento de una cosecha.

Estos puntos indican que la fertilización foliar debe ser específica, de acuerdo con el propósito y el problema nutrimental que se quiera resolver o corregir en los cultivos, así lo expone Rodríguez (1997).

2.8 Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos son materiales que aportan al suelo cantidad apreciable de materia orgánica y a los cultivos elementos nutritivos asimilables en forma orgánica. Estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos asimilables en forma orgánica. Pero sobre todo Nitrógeno, Fósforo, Potasio y, en menor proporción, Magnesio, Sodio y Azufre, entre otros.

La aportación de los fertilizantes orgánicos al suelo y a la planta son:

- Mejora las condiciones físicas de suelo.
- Aumenta la actividad microbológica.
- Regula el exceso temporal de sales minerales o de sustancias tóxicas, debido a su capacidad de absorción.
- Incrementa la fertilidad del suelo.
- Evita la pérdida de nutrimentos por lixiviación.
- Aporte reducido de nitratos y menos contaminación de acuíferos.

- Mejora las condiciones organolépticas de la fruta.

Sobre este último punto, en hortalizas se ha encontrado que las ensaladas orgánicas contenían un 30% menos nitrato que las provenientes de cultivos no orgánicos.

Generalmente, para la fertilización orgánica se cita como limitación la falta de material orgánico para elaborar fertilizantes, sin embargo, se puede aplicar los siguientes productos:

- Residuos vegetales:
 - Residuos de cultivo.
 - Residuos de pasto.
 - Residuos forestales.
- Desechos de animales.
 - Estiércoles.
 - Harina de huesos.
 - Harina de pescado.
 - Harina de pluma.
 - Harina de sangre.

- Desechos domésticos:
 - Basura.

- Compostas y vermicompostas.
- Algas.
- Turbas.

Para que sean útiles como fertilizante orgánico cada uno merece un manejo diferente, así lo exponen Rosales *et al.* (1998).

Los fertilizantes orgánicos aplicados foliarmente son capaces de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, como un adecuado enraizamiento, acción sobre el follaje, mejorar la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, incidiendo en un aumento significativo de las cosechas Suquilandia (2003).

2.9 Lombricultura

Roblero (2011) considera que se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y en tratamiento, por medio de estas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. El proceso de descomposición

natural similar al compostaje en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existente en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

Características generales de *Eisenia foetida*, según Ferruzi (1986).

- Es de color rojo oscuro
- Su temperatura corporal es de 19 y los 20°C
- Respira por medio de su piel y no tiene dientes
- pH de 6.5 a 7.5
- Humedad del 75 al 80%
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa aproximadamente 1.4 gramos
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos
- Vive aproximadamente unos 16 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año
- En cada metámero se ubican 5 pares de corazones y un par de riñones

Ferruzi (1986) reporta que la lombriz roja adulta consume la cantidad de comida equivalente a su peso por día; excretando el 60% y el 40% restante lo utiliza para su sustentabilidad. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días toman el color rojizo común de una lombriz adulta y está en condiciones de aparearse.

2.10 Historia de la lombricomposta

Martínez (2000) sostiene que la sociedad antigua utilizaba la lombriz como criterio de clasificación de suelo. Los egipcios guardaban respeto a la lombriz, rindiéndole honores como agradecimiento por el incremento en la fertilidad de la tierra.

Aristóteles, 500 A.C. se refería a la lombriz como el intestino de la tierra y realizó una descripción morfológica de ella. Posteriormente en 1758 Linneo hizo la clasificación de la lombriz. Pues la lombriz es el animal que juega un papel muy importante dentro de las criaturas, porque cierra el circuito de la vida y la muerte. Debido al trabajo relevante que realiza sobre la lombriz de tierra, a Darwin se le considera como el padre de la lombricomposta de acuerdo con Martínez (2000)

La palabra lombricultura nace como razón de un grupo de investigadores en Sudamérica en la década de los 70, cuando aparecen nuevas técnicas de crianza y se comienza a extender su uso. A mediados de la década de los 80, se marca la mayor época expansiva de la lombricultura en Latinoamérica, quizá más acertadamente en Sudamérica: Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Brasil, son países que ven crecer criaderos de lombrices. España, Italia, Australia, India, Estados Unidos de Norteamérica y Canadá son unos de los países donde la

lombricultura se mantenía y extendía con mayor interés de acuerdo con Carrera (2003).

Según Martínez (2000) en México el desarrollo de la lombricultura como una actividad productiva se inicia a partir de 1996, sin olvidar que se realizaban investigaciones desde 1980.

2.11 Lombricomposta

De acuerdo con Martínez (2000) la lombricomposta es la excreta de la lombriz, la cual se alimenta de desechos en descomposición, asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológica y otra la excreta. El constante movimiento de la lombriz en una cama le permite ir poco a poco transformando todo el desecho en pequeñas bolitas ovaladas que es la lombricomposta.

2.12 Humus de lombriz

El humus se obtiene luego de un proceso en que la lombriz recicla a través de su trato intestinal la materia orgánica, comida y defecada, por otras lombrices. Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que este tiene dentro

del lecho; por ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus, son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el periodo de reposo o maduración, así lo indican Fernández y Hernández (2006)

Friedrich (2001) menciona que el humus de lombriz tiene un color café oscuro, granuloso e inodoro con un alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años. Alta carga microbiana (40 millones por g seco), que restaura la actividad biológica del suelo.

Usos y beneficios de la lombricomposta

- Aporta cantidades equilibradas de nutrientes.
- Beneficia al suelo con millones de microorganismos.
- Aumenta la aireación al modificar la estructura del suelo.
- Mejora la salud de la planta haciéndola más resistente a plagas.
- Estimula un mayor desarrollo radicular.
- Mejora el pH en suelos ácidos
- Equilibra el desarrollo de hongos presentes en el suelo.
- Actúa como potenciador de la actividad de muchos pesticidas y fertilizantes

Roblero (2011)

2.13 Líquido de lombriz

De acuerdo con Pimienta (2004), menciona que el líquido de lombriz es captado de los escurrimientos que se generan al regar las camas de siembra de lombrices, dado que su hábitat debe tener una humedad alrededor del 85% y cuando se aplican los riegos, parte del agua se escurre, arrastrando consigo humus y minerales además de otros compuestos, cuando se recogen en una pileta o tambo a la orilla de la cama.

Tiene un alto contenido húmicos y fúlvicos que propicia la formación de quelatos con sus propios nutrientes, aumenta la resistencia de la planta a plagas y enfermedades así lo indica De la Cruz (2005). (Cuadro 2.1)

Cuadro 2.1 Composición mineral de líquido de lombriz (Fuente: planta de lombricultura Sección Agrotecnia, 2008.)

Parámetros	Unidades	Símbolo	Contenido
Nitrógeno	%	N	0.65
Fósforo	%	P	0.01
Potasio	%	K	1.21
Calcio	%	Ca	1.87
Magnesio	%	Mg	1.06
Sodio	%	Na	1.51
Ácidos húmicos	%	AH	5.01
Ácidos fúlvicos	%	AF	1.48
Hierro	Mg Kg ⁻¹	Fe	14
Zinc	Mg Kg ⁻¹	Zn	2.3
Manganeso	Mg Kg ⁻¹	Mn	3.1
Cobre	Mg Kg ⁻¹	Cu	3.1
boro	Mg Kg ⁻¹	Bo	27
Flora microbiana benéficas	Ufc/ml	Fmb	1.1X10 ⁶

2.14 Harina de lombriz

Yague (2007) indica que otro medio de explotación de éste anélido es la harina de lombriz, para la realización de la harina de lombriz es necesario realizar la separación de las lombrices de su medio, empleando una malla de alambre tejido, luego se deberán bañar repetidamente hasta desinfectar, es decir, eliminar todas la posibles bacterias y hongos.

Para finalizar el proceso, deberán ser secadas a sol y posteriormente molidas, creando la harina, la cual tiene un aspecto de color amarillento y posee entre un 60 y 62% de la proteína animal. Para poder producir un kilogramo (1 kg) de harina es necesario utilizar entre ocho y diez kilogramos (8-10) de lombrices vivas.

La harina de lombriz se caracteriza por un elevado contenido de proteínas (>60% p/p, base seca) de interés nutricional, ya que proporciona aminoácidos esenciales para la dieta humana. La obtención a un bajo costo de la harina de lombriz rica en proteínas se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, crecen a una alta velocidad y se multiplican rápidamente.

Vielma *et al.* (2003) exponen la importancia que tiene el prejuicio cultural y la falta de información de los beneficios que presenta ésta lombriz, son los que no han permitido su utilización oficial en el campo alimenticio humano.

El contenido proteico de harina de lombriz la ubica como una de las materias primas de mayor calidad encontradas y además una de las fuentes de proteína que es producida de una manera sostenida pues la mayoría de lombricultivos son establecidos mediante el uso de materia orgánica producida en plazas de mercado, subproductos de cosecha y estiércoles de algunos animales, contribuyendo de esta manera al reciclaje de desechos agrícola y pecuarios. Las lombrices tienen la

posibilidad de transformar en carne de alto valor proteico los desechos orgánicos.

(Cuadro 2.2)

Cuadro 2.2 Aminoácidos, vitaminas y minerales de la carne en harina de lombriz roja californiana (Vielma *et al.* 2003)

Aminoácidos en promedio	mg	Vitaminas y minerales	mg
Alanina	5.53	Vit. A (Retinol/caroteno)	Vest. Var
Argina	6.51	Vit. B1 (Tiamina)	16
Ac.Aspartico	11.60	Vit.B3 (Niacina)	36
Cisteína	1.83	Vit.B12 (Cobalamina)	6
Ac. Glutámico	14.20	Vit.B6 (Piridoxina)	6
Glicina	5.00	Biotina (Vit. H)	32
Histidina	2.57	Aminobenzoic	30
Isoleucina	4.69	Acido pantoténico	10.3
Leucina	7.59	Ácido fólico (Vit. M)	2.1
Lisina	2.57	Colina (Complejo B)	275
Metionina	2.20	Inositol (Complejo B)	350

Fenilalanina	4.01	Ácido lipoico	Vest. Var
Prolina	5.30	Vit. D	Vest. Var
serina	5.03	Hierro	2.7
Triptófano	1.40	Selenio	Vest. Var
Treonina	5.20	Cromo	Vest. Var
Tirosina	2.97	Calcio	Vest. Var
valina	5.00	fosforo	Vest. Var

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, entre las coordenadas 25°21'11.4" latitud N y 101°01'59.8" longitud W y una altitud de 1742 msnm. (Figura 3.1)

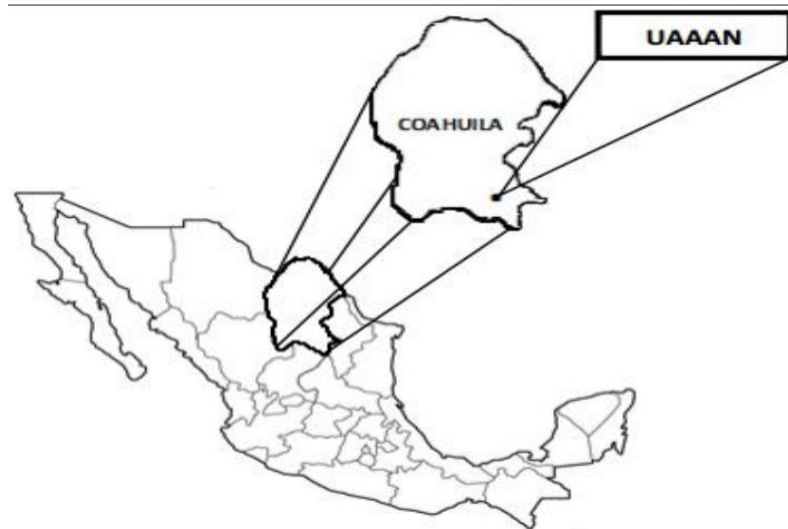


Figura 3.1 Localización geográfica del sitio experimental

3.2 Materiales

Para la realización del proyecto se ocuparon materiales de campo y de laboratorio disponibles dentro de la misma Universidad, los cuales son:

3.2.1 De Campo

- Madera
- Plástico de polietileno
- Alambres
- Estiércol de bovino
- 2 recipientes de un galón
- Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* L)

- Plumón permanente
- Tijeras
- Agua

3.2.2 De laboratorio

- Conductivímetro Orion modelo 105
- Charolas de aluminio
- Medidor de pH Testr 1
- Probetas
- Vernier TRUPER
- Pipetas
- Cloro
- Atomizadores de plástico (cap 500 ml)
- Estufa de secado MAPSA Modelo HDP-334
- Regla ACME
- Balanza analítica AND Modelo GX 200 (cap 210 g)

3.3 Material vegetal

Se utilizó semilla de tomate de la variedad Rio Grande

3.3.1 Metodología

3.3.2 Contenedor para cría de lombriz y recolección de líquido de lombriz

Se construyó una base de madera de 2m x 1m x 1m, utilizando alambre para darle firmeza a la construcción y se recubrió con plástico de polietileno para depositar el estiércol de bovino y darle acondicionamiento en características como: humedad (70 – 80%), pH (6.5 – 7.5) y una conductividad eléctrica alrededor de 3.0 dS/m, para posteriormente incorporar la *Eisenia foetida*. Por debajo de la base se colocaron recipientes de plástico con capacidad para un galón, con la intención de obtener el líquido de lombriz experimental. Los parámetros mostrados por este material fueron: pH de 7.0 y conductividad eléctrica de 3 dS/m

3.3.3 Recolección y secado de adultos de lombriz

A los tres meses de la inoculación, en forma manual, se realizó la recolección de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* del contenedor de crecimiento. Se les sumergió en agua potable, con un enjuague final en agua destilada. Enseguida se depositaron en charolas de aluminio para secarlas en la estufa a una temperatura de 60°C durante 72 horas en el laboratorio de Pedología del Departamento de Ciencias del Suelo.

3.3.4 Molienda de adultos de lombriz

Se utilizó un mortero para moler las lombrices deshidratadas y así, obtener la harina de lombriz roja californiana *Eisenia foetida*. La cual tenía un color amarillento y de textura muy suave. Se obtuvieron 24.2 g de harina (Figura 3.2).



Figura 3.2 Harina de lombriz

3.3.5 Acondicionamiento de charolas de germinación

Se utilizaron charolas de germinación de 150 cavidades. Enumeradas del 1 al 8 con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

3.3.6 Siembra de semillas

Para la realización de este trabajo, se empleó como sustrato peat moss y se agregaron 3 semillas por cavidad para asegurar el 100 de germinación. Al tener el 95% de brotación se procedió a realizar el aclareo, dejando una plántula por cavidad. (Figura 3.3)



Figura 3.3 Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum.*)

3.3.7 Tratamientos

Éste experimento constituyó de 8 tratamientos y 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos se describen a continuación (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Contenido por cada tratamiento

Tratamientos	Descripción
1	100% agua potable
2	100% líquido de lombriz
3	1 g de harina + 1 L de agua
4	2 g de harina + 1 L de agua
5	3 g de harina + 1 L de agua
6	1 g de harina + 1 L de líquido de lombriz
7	2 g de harina + 1 L de líquido de lombriz
8	3 g de harina + 1 L de líquido de lombriz

3.3.8 Aplicaciones foliares

A los 25 días después de la siembra, se realizó la primera aplicación foliar de los tratamientos, utilizando un atomizador por tratamiento. La cantidad suministrada por plántula fue la suficiente para el completo humedecimiento del área foliar.

Posteriormente, cada 7 días se llevaron a cabo las aplicaciones foliares de los respectivos tratamientos, hasta el día 47. (Figura 3.4)



Figura 3.4 Tratamientos aplicados

3.3.9 Descripción de las variables a evaluar

En la fecha de evaluación 3 plántulas fueron seleccionadas al azar por cada tratamiento y retiradas de las cavidades de siembra para posteriormente lavarlas con agua potable. (Figura 3.5)



Figura 3.5 Muestreo de plántulas (*Solanum lycopersicum*)

Peso fresco de planta (PFP)

Después de eliminar los excesos de perlita, se pesó la parte aérea más raíz en una balanza analítica (g). (Figura 3.6)



Figura 3.6 Medición de peso fresco de planta

Peso fresco de raíz (PFR)

Una vez separadas las raíces del área foliar, se pesaron en una balanza analítica (g). (Figura 3.7)



Figura 3.7 Medición de Peso fresco de raíz

Peso seco de raíz (PSR)

Las raíces frescas fueron introducidas a una estufa de secado a una temperatura de 65°C durante 72 horas, después se registró el peso con una balanza analítica (g). (Figura 3.8)



Figura 3.8 Raíz seca de tomate (*Solanum lycopersicum*.)

Diámetro de tallo (DT)

Se realizó con un vernier marca TRUPER (cm), para la medición exacta de los tallos. (Figura 3.9)



Figura 3.9 Medición de diámetro de tallo

Peso seco de planta (PSP)

Después de haber obtenido los datos de las cinco variables anteriores, fueron colocadas las plántulas sobre papel estraza, respectivamente ordenadas, para después introducirlas a la estufa de secado a una temperatura de 65°C durante 72 horas. Después se registró el peso con una balanza analítica (g). (Figura 3.10)



Figura 3.10 Planta seca de tomate

Altura de planta (AP)

Ésta variable se obtuvo mediante una regla marca ACME (cm), haciendo el corte entre la raíz y la parte aérea de la plántula. La lectura fue tomada desde donde iniciaban las raíces hasta el ápice de la hoja. (Figura 3.11)



Figura 3.11 Medición de altura de planta

Longitud de raíz (LR)

La lectura se obtuvo extendiendo longitudinalmente la raíz mediante un vernier marca TRUPER (cm). (Figura 3.12)



Figura 3. 12 Medición de longitud de raíz

3.3.10 Diseño experimental

El experimento fue establecido con un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos y tres repeticiones. Con los datos obtenidos se efectuó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias, por el método Fisher DMS ($p \leq 0.05$). Para lo anterior se utilizó el paquete estadístico R versión 3.2.5 (R Core Team, 2016) para Windows.

El análisis consiste en lo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t; \quad j = 1, 2, \dots, n_i$$

Dónde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en la repetición j

μ = es la media verdadera general

T_i = es el efecto de i -ésima observación

E_{ij} = es el error experimental de la ij -ésima observación

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias por el método de Fisher DMS mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para las variables, Peso fresco de planta (PFP), Peso fresco de raíz (PFR), Peso seco de raíz (PSR) y Diámetro de tallo (DT); el resto de variables Peso seco de planta (PSP), Altura de planta (AP) y Longitud de raíz (LR) no mostraron diferencia significativa. En cuanto a los coeficientes de variación (C.V) se consideran dentro del valor límite estipulado para condiciones de campo abierto, lo que nos indica confiabilidad en la conducción del experimento según Steel y Torrie (1986) (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Valores promedios para las diferentes variables evaluadas en el análisis de varianza en evaluación de comportamiento fisiológico de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación de fertilización foliar de líquido y harina de lombriz

Tratamientos	Variables						
	PFP	PFR	PSR	DT	PSP	AP	LR
T1	0.0658 b	0.0175 c	0.0017 b	0.088 c	0.0058 a	4.225 a	2.341 a
T2	0.1028 ab	0.0350 a	0.0030 a	0.1173 a	0.0085 a	4.565 a	4.194 a
T3	0.0931 ab	0.0235 bc	0.0020 ab	0.1303 a	0.0076 a	4.53 a	3.667 a
T4	0.0923 ab	0.0315 ab	0.0023 ab	0.125 a	0.0073 a	4.682 a	3.153 a
T5	0.1093 ab	0.0352 a	0.0023 ab	0.125 a	0.0083 a	4.759 a	3.675 a
T6	0.0828 ab	0.0312 ab	0.0022 ab	0.1113 ab	0.0068 a	4.173 a	2.424 a
T7	0.0802 ab	0.0275 abc	0.0023 ab	0.12 a	0.0070 a	4.291 a	4.532 a
T8	0.1115 a	0.0298 ab	0.0021ab	0.094 bc	0.0061 a	4.42 a	2.826 a
CV (%)	9.48	20.17	26.34	10.30	24.07	10.330	45.95

T=Tratamientos; PFP=Peso Fresco de Planta; PSP=Peso Seco de Planta; PFR= Peso Fresco de Raíz; PSR=Peso Seco de Raíz; AP= Altura de Planta; LR= Longitud de Raíz; DT= diámetro de tallo; C.V= Coeficiente de variación; Fisher DMS $p \leq 0.05$

4.1 Peso fresco de planta (PFP)

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 4.1) se puede indicar que el T8 (3 g de harina más 1L de líquido de lombriz) mostró mayor peso fresco en planta con 0.1115 g. superando en un 69.45 % al testigo (Figura 4.1).

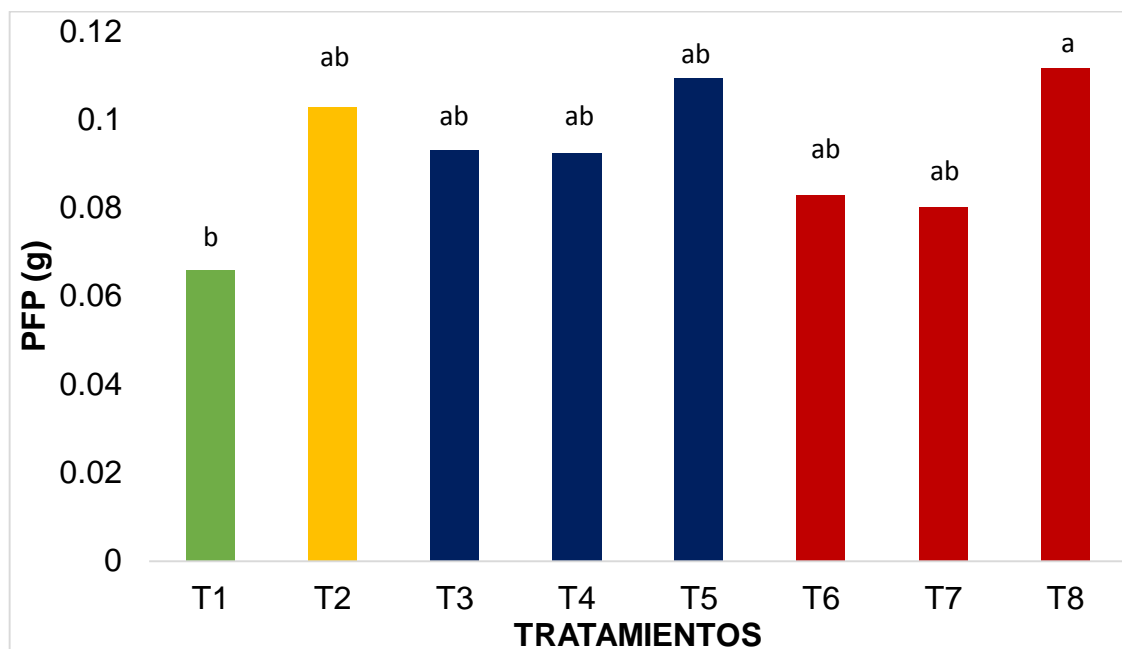


Figura 4.1 Peso fresco en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

Lo anterior concuerda con lo reportado por David *et al.* (1994) donde mencionan que los ácidos fúlvicos incrementan los pesos secos y frescos en plántulas de tomate, atribuidos al incremento en la permeabilidad de la membrana celular y efectos similares al de las hormonas. Por otra parte, Melgar (2005); menciona que el manejo de fertilizantes foliares es de vital importancia en los métodos de producción de cultivos, ya que son fuente de energía y reservas de nutrientes, requeridos en las actividades biológicas de la planta.

4.2 Peso fresco de raíz (PFR)

Los resultados obtenidos indican que existe un alto nivel de significancia ($p \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4.1) obteniendo con el T5 (3 g de harina de lombriz más 1 L de agua) un mayor peso fresco en raíz con 0.0352 g superando en un 101.14 % al testigo T1 (100% agua potable) que presentó el menor peso fresco con 0.0175 g (Figura 4.2); por lo anterior, debemos tener en cuenta que la influencia de la concentración que tienen los nutrientes en la solución de aspersión foliar varía en función a la etapa fenológica, empleando, por lo general flujos de aplicación reducidos para evitar daños sobre el follaje así lo indica California Fertilizer Association CFA (1995).

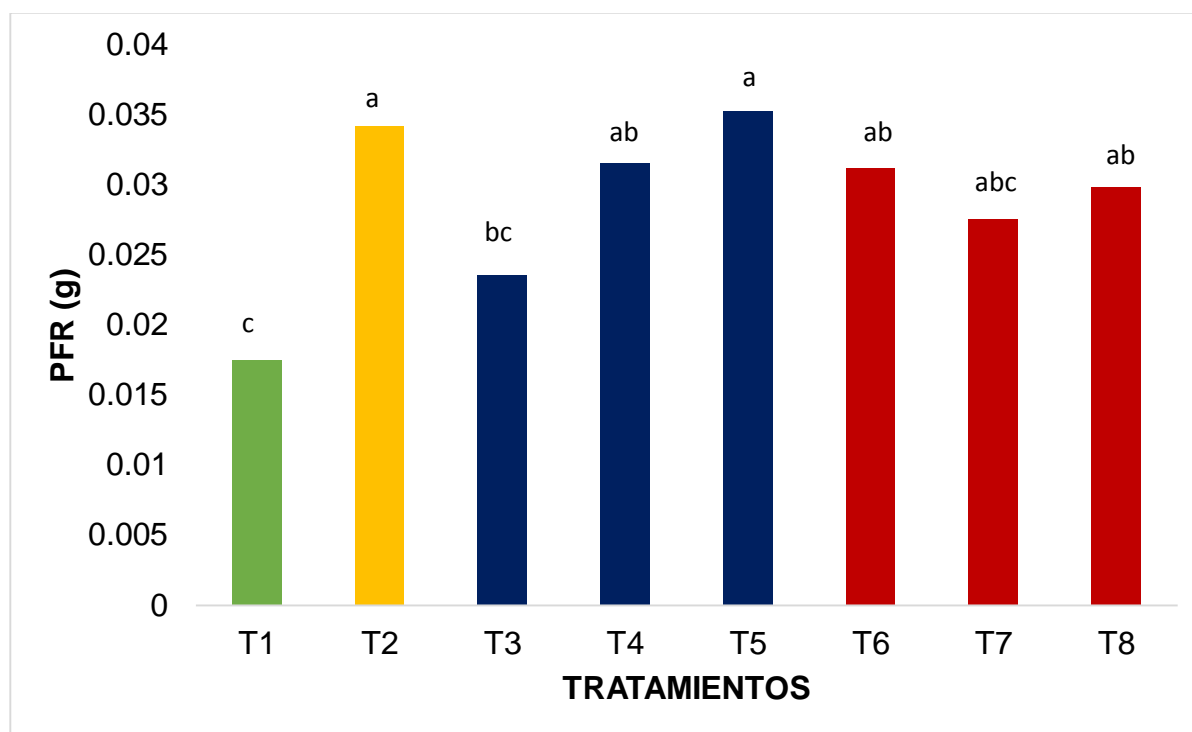


Figura 4.2 Peso fresco de raíz en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

La mayor concentración de harina de lombriz y agua denotó el valor más alto para la variable y que a diferencia de los nutrientes móviles, la aplicación de nutrientes más o menos inmóviles (principalmente micronutrientes) a las hojas puede resultar en un efecto estimulante o despreciable sobre la captación por las raíces en concordancia con Melgar (2005)

4.3 Peso seco de raíz (PSR)

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 4.1) se puede indicar que el tratamiento 2 es superior al resto contrastando con el tratamiento 1

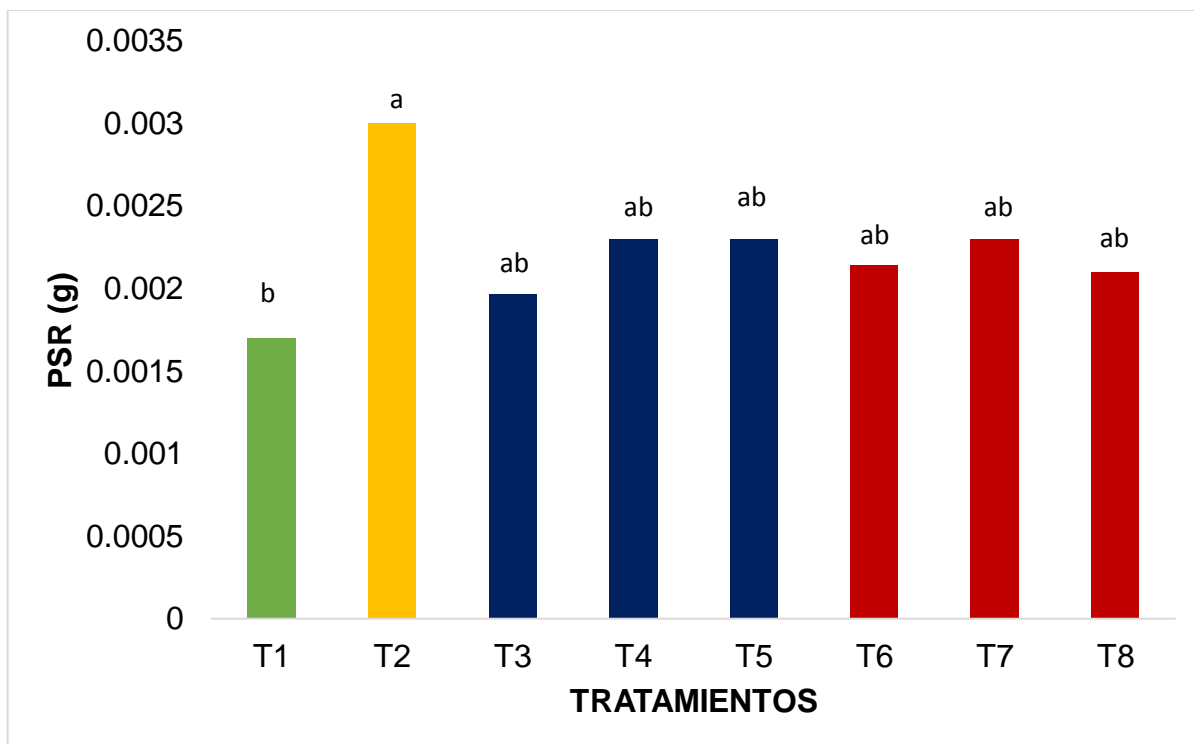


Figura 4.3 Peso seco de raíz en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

Los resultados (Figura 4.3) muestran que T2 (líquido de lombriz al 100%) obtiene el mayor peso de la variable bajo estudio con 0.003 g superando al testigo en un 76.47%. Cabe señalar que la relación masa seca – raíz / masa seca - parte aérea, en los tratamientos, constituye precisamente una respuesta adaptativa dirigida a restablecer el equilibrio funcional de la planta entre la productividad fotosintética y la

absorción de agua y nutrientes, aliviar el estrés y optimizar la velocidad de crecimiento a las nuevas condiciones ambientales de acuerdo con Dell'Amico (2006)

4.4 Diámetro de tallo (DT)

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos para esta variable. Los resultados (Cuadro 4.1) muestran que T3 (1 g de harina de lombriz más 1 L de agua) obtiene el mayor valor de la variable bajo estudio con 0.1303 cm, superando en un 48.06 % a T1 (100% agua potable) el cual presentó el menor valor con 0.088 cm. (Figura 4.4)

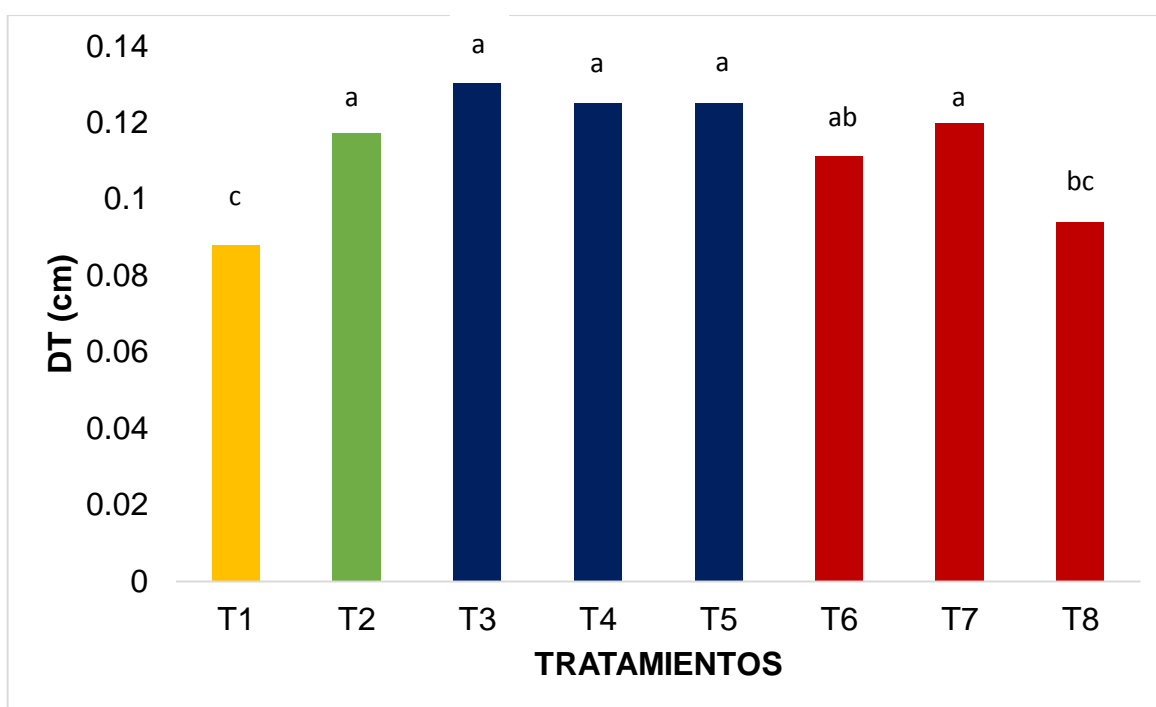


Figura 4.4 Diámetro de tallo en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

El uso de los compuestos cuyo origen es lombricomposta; liquido de lombriz y humus sólidos, intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas. No obstante, en proporción de las características de la plántula, el diámetro de tallo se considera como una muestra vigorosa de plántula, debido a la correlación entre el tallo y la resistencia a condiciones desfavorables como el viento y temperatura, de acuerdo con Martínez (2001)

El comportamiento de la plántula de tomate respecto a los tratamientos aplicados a diferentes concentraciones, no muestran una correlación para esta variable

4.5 Peso seco de planta (PSP)

Los resultados del análisis de varianza para ésta variable indican que no se presenta una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 4.1), por lo que estos se comportaron estadísticamente iguales, aunque numéricamente se denota que T2 (líquido de lombriz al 100 %) obtuvo el mayor peso seco con 0.0085 g. Superando al testigo en un 46.55 %, el cual dio como resultado el menor peso seco en planta con 0.0058 g (Figura 4.5)

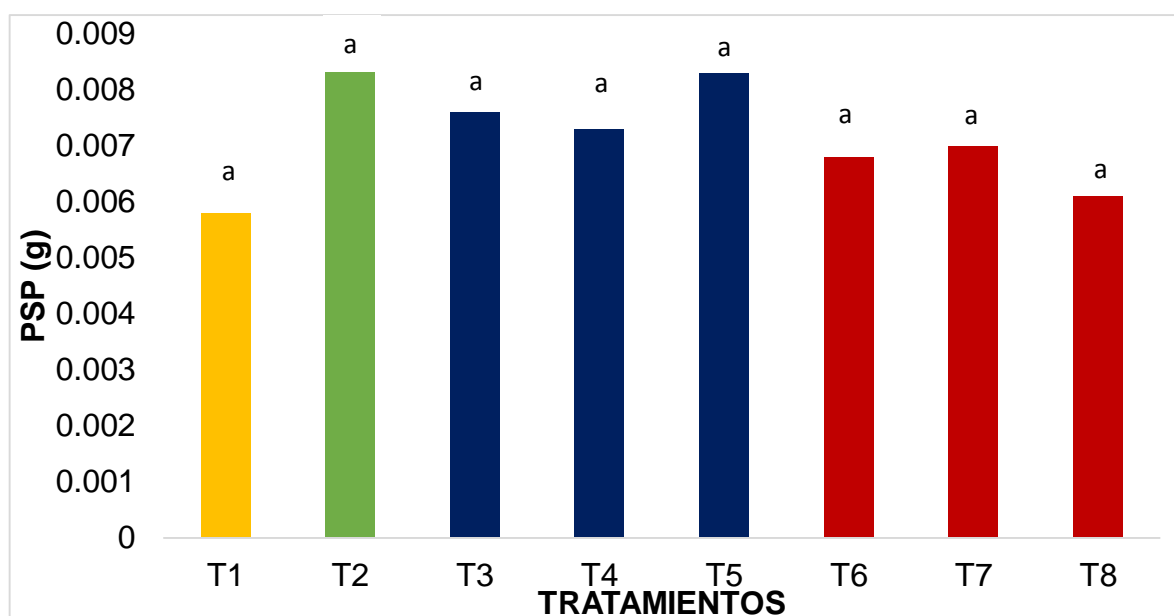


Figura 4. 5 Peso seco en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

En concordancia con lo anterior se deduce que los resultados obtenidos fueron influenciados por la fecha en que se realizó el experimento, ya que la temperatura oscilaba entre los 9 y 21 °C de acuerdo con el servicio meteorológico nacional (noviembre- diciembre, 2015) y en concordancia con Martínez (2001) la temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en cada periodo crítico.

4.6 Altura de planta (AP)

Los resultados del análisis de varianza para ésta variable indican que no se presenta una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4.1); sin embargo, numéricamente se observa que T5 (3 g de harina de lombriz más 1 L de agua) presentó mayor altura de planta con 4.759 cm, seguido por T4 (2 g de harina de lombriz más 1 L de agua), mientras que T1 (100% agua potable) mostró el menor resultado con 4.225 g (Figura 4.6)

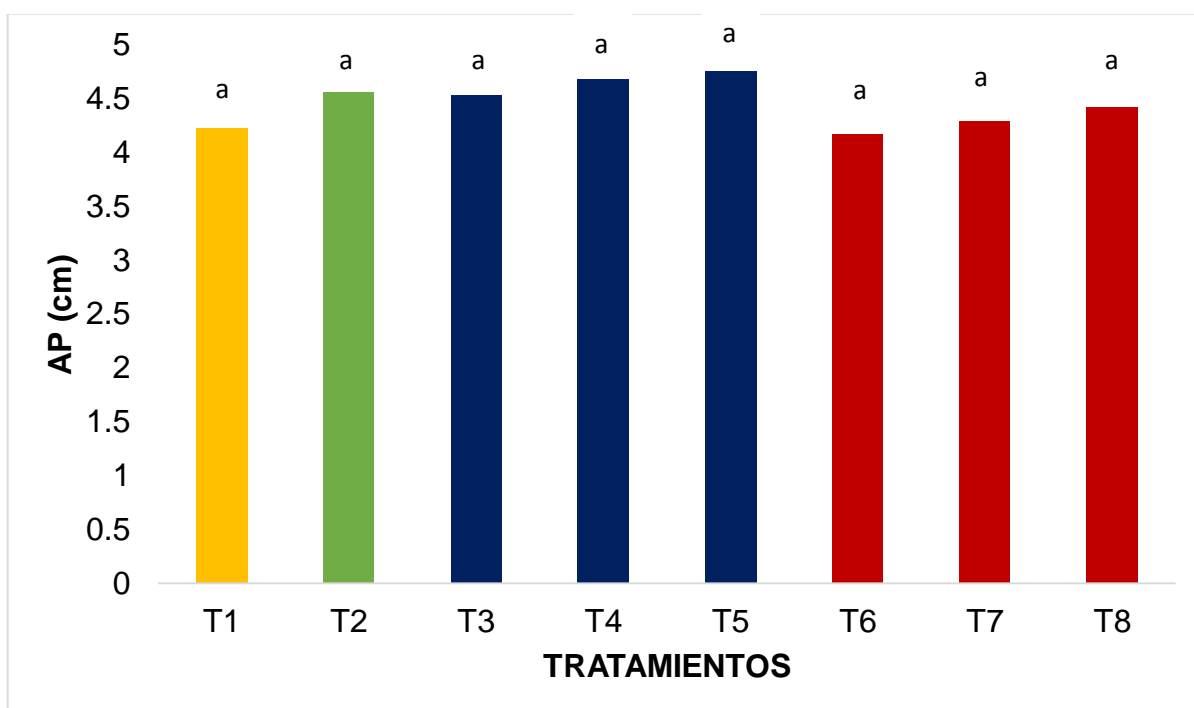


Figura 4.6 Altura de planta en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

En los tratamientos a base de harina de lombriz más agua se puede distinguir que a mayor concentración de harina se obtiene una mayor altura de planta. Por otra parte, para los tratamientos a base de harina de lombriz más líquido de lombriz los valores sobre la variable de estudio decaen. En contraste con los resultados obtenidos por Zandonadi *et al.* (2012) señalan que el humus o líquido de lombriz estimula el crecimiento de las plantas y este efecto se debe a que contiene sustancias similares a las hormonas de crecimiento

4.7 Longitud de raíz (LR)

El análisis de varianza para ésta variable indica que no se presenta una diferencia significativa entre tratamientos ($p \geq 0.05$), por lo que estos se comportaron estadísticamente iguales (Cuadro 4.1), aunque numéricamente se denota que T7 (2 g de harina de lombriz más 1 L de líquido de lombriz) obtuvo el mayor resultado con 4.132 cm, seguido por T2 (líquido de lombriz al 100%) mientras que el menor resultado lo presentó T6 (1 g de harina de lombriz mas 1 L de líquido de lombriz). Melgar (2005) señala que, a diferencia de los nutrientes móviles, la aplicación de nutrientes más o menos inmóviles (principalmente micronutrientes) a las hojas puede resultar en un efecto estimulante o despreciable sobre la captación por raíces, así lo indica (Figura4.7)

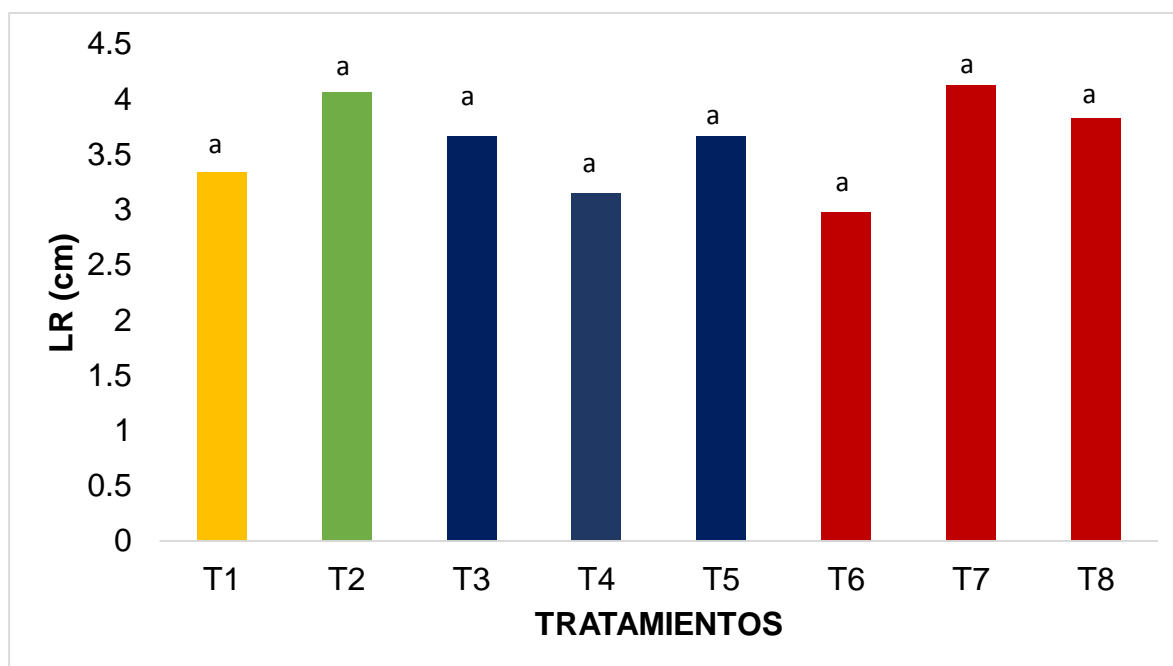


Figura 4.7 Longitud de raíz en plántula de tomate (*Solanum lycopersicum*) a la aplicación foliar a base de líquido y harina de lombriz.

5. CONCLUSIONES

- La aplicación foliar de la combinación líquido de lombriz con harina de lombriz potencia el desarrollo de algunas características de las plántulas de tomate.
- Ninguno de los tratamientos mantuvo las respuestas más altas consistentemente para cada variable.
- De los tratamientos aplicados, el líquido de lombriz al 100% mostro una tendencia numérica positiva, ubicándose casi de manera constante entre los primeros lugares

6. RECOMENDACIONES

- Hacer las evaluaciones en las fechas apropiadas para la producción de plántula

- Es importante continuar con la investigación para comprender mejor la eficiencia de la aspersion foliar de líquido y harina de lombriz.

- Programar aplicaciones de líquido y harina de lombriz diariamente.

- Emplear variedades de tomate adecuadas para el clima de la zona y las condiciones ambientales

- Evaluar el efecto al aplicar foliarmente líquido y harina de lombriz en otros cultivos en diferentes estados fenológicos de la planta

LITERATURA CITADA

- Bear, F.E. 1965. Chemistry of soil. Second Edition. Reinhold Publishing Corporation. New York, N.Y. USA.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Plant physiology. MacMillan Publishing Co, Inc. New York, N.Y. USA.
- Bollo, E.T. 2001. Lombricultura una alternativa de reciclaje. Segunda edición. SOBOC GRAFIC, Quito – Ecuador.
- Carrera, M.S .1998. Manual de una nueva visión de lombricultura. Registro INDA. México
- Centeno, G.E. 1986. El cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su Mejoramiento genético. Monografía de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- California Fertilizer Association (CFA) 1995. Soil Improvement Committee. Manual de fertilizantes para la agricultura. Editorial Limusa. México
- Chamarro, L.J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, In: El cultivo del tomate. F. Nuez. Mundi Prensa. España: 43-91 pp.
- COVECA (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria). 2010. Revista Claridades Agropecuarias No.62, Octubre 1998. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/infOMer/análisis/antomate.html>
- David, p. p / p. v. Nelson and D. A. Sanders. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. Journal of plant nutrition. 17(1): 173-184p.
- De la Cruz, R.R.A. 2005. Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Obtenida el 17/sep./2010 de: [http://www.uaaan.mx/academic/horticultura/memhortos/aprov-residuos .pdf](http://www.uaaan.mx/academic/horticultura/memhortos/aprov-residuos.pdf) (Consultada el 05 de junio de 2015)
- Dell'Amico, J.M. 2006. Respuestas adaptativas a la sequía en el tomate inducidas por osmocondicionamiento de plántulas. Revista cultivos tropicales, vol. 24, núm. 4. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba: 33-38 pp.
- Eskenazi B, K Harley, A Bradman, E Weltzien, N P Jewell, D B Barr, C E Furlong, N T Holland 2004 Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. Environ. Health Persp. 112:1116-1124 pp.
- FAO 2001 Centro de Comercio Internacional. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas: oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos. Roma, Italia. Disponible en: www.fao.org/docrep/004/y1669e/y1669e00.htm

- FAO 2001 La comisión del Codex Alimentarius y el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Roma Italy ANEXO 2: Substancias permitidas para la producción de alimentos orgánicos. pp:54-60. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2772S/y2772s0c.htm>
- FAO, 2010. Estadísticas sobre la producción mundial de jitomate. Disponible en línea: <http://faostat.fao.org/site/339/defgdefault.aspx> (consulta octubre 30, 2016).
- Fernández, V, Hernández, X. 2006. Producción de abono orgánico a partir de heces ovinas en Palma Gorda, Hidalgo. Cultivo de lombriz roja para producción de abono orgánico p 1-2 consultado en agosto de 2015 disponible en línea http://ammveb.net/XXX%20CNB/memorias%202006/pequenos_rumiantes/conferencias/fpeq03.doc.
- Ferruzi, C.1986. Manual de Lombricultura. Primera edición. Mundi-prensa. pp. 13-46
- Fonseca A E 2006 Producción de tomate en invernadero. In: Cuarto Simposio Internacional de Producción de cultivos en Invernadero. E Olivares S (ed). UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N. L. México. pp:1-8.
- Friedich, N. kart, 2001. Lombricultura, Centro de Estudio Agropecuarios. Grupo Ed. Iberoamérica. México D.F. pp. 8, 14 -17.
- Franke, W. 1986. The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanism. pp. 17-25. In:A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.
- Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-21 1. In:A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Ediciones ciencia y técnica. Instituto del libro. La Habana, Cuba. 110-130 pp.
- Haring A, S Dabbert, F Offerman, H Nieberg (2001) Benefits of organic farming to society. In: Danish Ministry of Food and Fisheries. Organic Food and Farming: Towards Partnership and Action in Europe. Proceedings, 10 - 11 de Mayo. 80 p.
- Hernández A, A Gomez M, G Pena, F Gil, L Rodrigo, E Villanueva, A Planc. 2004 Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from plastic greenhouse workers. J. Toxicol. Environ. Health. Part A. 67:1095-1108

- Huerres, C. y Caraballo, N. 1996. Horticultura. Cultivo de tomate (Editorial Pueblo y Educación (Ed). Cuba. 1-34 pp.
- Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*, 379 - 392.
- Martínez, C.C. 2000. Lombricultura y agricultura sustentable. Compiladores: Martínez C.C. y L. Ramírez. Sin pie de Imprenta. México
- Martínez, P.F. 2001. Cultivo del tomate en invernadero frío. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semi-protegida. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Agencia Española de Cooperación Internacional. 15 p.
- Melgar, R. 2005. Aplicación foliar de micronutrientes. INTA. EEA. Pergamino. Argentina. Consultado el 19 de noviembre de 2017, disponible en línea: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/Aplicaci%C3%B3n-Foliar-de-Micronutrientes-Art%C3%ADculos.pdf>
- Milles J A, M M Peet 2002. Maintaining nutrient balances in systems utilizing soluble organic fertilizers. Horticultural Science Department. North Carolina State University. Organic Farming Research Foundation Project Report. Disponible en: <http://www.ofrf.org/publications/Grant%20reports/00.23.08.Peet.Spr00.IB12.pdf>.
- Nuño Moreno, R., Ponce Medina, J. F., Hernández Zavala, C. y Machain Servín. G. M. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero. Fundación Produce. Mexicali. Baja California. México. pp 3-4.
- Ortega, M. L. D. 2010. Efecto de los sustratos de cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. 129 p.
- Peralta, I y Spooner, D. 2007. History, Origin and early cultivation of tomato (Solanaceae) Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Caracterización y Mejora genética. Tesis doctoral. USA. Pimiento: Science Publishers, Enfield. Universidad Politécnica.
- Pimienta R.A. 2004. Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de la plántula de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Plancarte M., I. 1971. Fertilización fosfatada al suelo y follaje de maíz en dos suelos de Ando bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.
- Resh, H. 1993. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Trad. J. Santos Caffarena, José. Ed. Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid, España. 369 p
- Rick, C. M y Holle, M. 1990. Andean *Lycopersicum esculentum* var. cerasiforme: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany*, 69-78.

- Roblero, A.A.2011. Germinación de Maíz (Zea Mays) utilizando diferentes niveles de lombricomposta. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ingeniería. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México PP.: 10 - 16
- Rodríguez M., Ma. de las N. 1997. Fertilización foliar en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero. Tesis Doctoral. EDAF-IRENAT-CP. Montecillo, Méx.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundí Prensa. España. 255 p.
- Rosales, F.E, Tripon, S.C y J Cerna, 1998. Producción de banano orgánico y,o, ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guácimo, Costa Rica.
- Ruiz F J F 1998. La agricultura convencional fuente de contaminación del suelo y agua. In: Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. pp:29-30.
- SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2010. Monografía de cultivos "Jitomate", Disponible en línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf> (consulta noviembre 17, 2016).
- Sección Agrotecnia 2008. Planta de lombricomposta
- SIAP, 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción Agrícola por Cultivo "Modalidad riego + temporal. Disponible en línea: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&itemid=350 (consulta noviembre 17, 2016).
- Sloan A E, 2002. The natural and organic foods markeplace. Food Technol. 56:27-37.
- Steel, G.R. and Torrie, J.H. 1986 Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill, Mexico City.
- Suquilandia, A. 2003. Fertilización Orgánica. Manual Técnico. Ediciones UPS-FUNDAGRO.QUITO.Ec.P.23-25.
- Tisdale, S.W., W.L. Nelson y J.D.Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. MacMillan Publishing Co. New York, NY. USA.
- Trinidad S., A., R. Núñez E y F. Baldovinos de la P. 1971. Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno. Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.

- Vielma, Rondón, R. Ovalles, Duran, JF. León, Leal, A. Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia Foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC)
- Wien, H. 1997. The physiology of vegetable crops. CAB International, London, UK. 65p.
- Willer H, M Yussefi, 2000. Organic agriculture worldwide. IFOAM. Disponible en: http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_02.pdf. (Consulta 11 de noviembre del 2016)
- Yague, J.L. 2007. La crianza de la lombriz roja. Servicio de extensión agraria Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Zandonadi B.D. and Busato G.J. 2012 vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulator. International Journal of Environmental Science and Engineering Research, 3 (2):73-84.

FUENTES DE WEB.

<http://www.agrofarm.com.ec/>

<https://www.itis.gov/>