

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN TOMATE  
SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**NADIA AZENETH RODRÍGUEZ ESQUIVEL**

**GENERAL ESCOBEDO, N.L.**

**OCTUBRE 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN TOMATE  
SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**NADIA AZENETH RODRÍGUEZ ESQUIVEL**

**GENERAL ESCOBEDO, N.L.**

**OCTUBRE 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN TOMATE  
SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**NADIA AZENETH RODRÍGUEZ ESQUIVEL**

**GENERAL ESCOBEDO, N.L.**

**OCTUBRE 2020**

EL COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
COMITÉ PARTICULAR

---

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Director de Tesis

---

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado  
Co-Director

---

Dr. Roberto Carranza de la Rosa  
Asesor

---

Dr. Edgar Vladimir Gutiérrez Castorena  
Asesor

---

Subdirector de Estudios de Posgrado  
Ph. D. Juan Antonio Vidales Contreras

## DEDICATORIA

A Dios por la vida y salud que me brinda diariamente, así mismo por permitirme concluir mis estudios de posgrado con éxito.

A mis padres, Ma. de Lourdes Esquivel Pizaña y Rafael Rodríguez Pérez, por el apoyo que siempre me han brindado incondicionalmente en todas las etapas de mi vida, por educarme, por convertirme en una persona de bien, íntegra y honesta.

A mis hermanos Brenda Cristal Rodríguez Esquivel, José Rafael Rodríguez Esquivel, Iván de Jesús Rodríguez Esquivel y Eleazar Esquivel Arratia por el soporte y ánimos que me brindaron a lo largo del posgrado.

A mis abuelos por enseñarme a amar y respetar el campo, así como trabajar la tierra desde etapas muy tempranas de mi vida.

A mis a compañeros de estudios de posgrado y amigos Maricela Indira Rodríguez Herrejón y Carlos Alberto Garza Alonso por siempre brindarme su apoyo de manera desinteresada e incondicional y al mismo tiempo darme ánimo, para seguir adelante.

.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz, por el apoyo, paciencia, confianza y conocimiento brindado hacia mi persona, tanto a nivel académico como personal, por motivarme a seguir adelante y enseñarme que con ganas, dedicación y esfuerzo, se pueden lograr grandes cosas.

A todos mis maestros, por todo su apoyo y conocimiento brindado a lo largo de toda la maestría.

Al Centro de Agricultura Protegida de la FAUANL por permitirme utilizar sus instalaciones y al personal que ahí labora, por la ayuda proporcionada.

A la Facultad de Agronomía de la UANL por el apoyo brindado durante el transcurso de toda la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca proporcionada para realizar mis estudios de posgrado.

Al proyecto “Producción y evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate moringa y maíz” apoyado con fondos de la Secretaría de Educación Pública.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Objetivo.....	3
1.4. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Taxonomía.....	4
2.2. Historia e Importancia.....	4
2.3. Morfología de los Órganos de la Planta de Tomate.....	6
2.3.1. Semilla.....	6
2.3.2. Raíz.....	6
2.3.3. Tallo.....	6
2.3.4. Hoja.....	7
2.3.5. Flor.....	7
2.3.6. Fruto.....	7
2.4. Monitoreo de Crecimiento.....	8
2.4.1 Longitud de crecimiento.....	8
2.4.2. Grosor del tallo.....	8
2.4.3. Longitud de la hoja.....	9
2.5. Nutrición Vegetal.....	9
2.5.1. Los nutrimentos en las plantas y su concentración.....	9
2.5.2. Cantidad de nutrimentos que consume el tomate.....	12
2.6. Producción de Tomate en México.....	13
2.6.1. Dinámica y valor de la producción de tomate en México.....	13
2.6.2. Superficie destinada al tomate.....	13

2.6.3. Producción de tomate bajo agricultura protegida en México.....	14
2.6.4. Producción de tomate en condiciones de invernadero en Nuevo León	15
2.6.5. Consumo nacional.....	16
2.7. Agricultura Orgánica.....	16
2.7.1. Fertilizantes orgánicos.....	17
2.7.2. Lixiviado de vermicompost.....	18
2.7.3. Té de vermicompost.....	19
2.7.4. Ácidos húmicos de Leonardita.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Localización del Experimento 1 y 2.....	22
3.1.1. Características del invernadero.....	23
3.2. Preparación de Fertilizantes Orgánicos.....	23
3.2.1. Té de vermicompost.....	23
3.2.2. Lixiviado de vermicompost.....	23
3.2.3. Ácidos húmicos de Leonardita.....	24
3.3. Experimento 1.....	24
3.3.1. Tratamientos.....	25
3.3.2. Diseño experimental.....	25
3.3.3. Establecimiento del cultivo Experimento 1.....	25
3.3.4. Variables evaluadas Experimento 1.....	27
3.3.5. Análisis estadístico.....	27
3.4. Experimento 2. ....	28
3.4.1. Tratamientos.....	28
3.4.2. Diseño experimental. ....	29
3.4.3. Producción de plántulas.....	29
3.4.4. Establecimiento del cultivo Experimento 2.....	30
3.4.5. Montaje Experimento 2.....	32
3.4.6. Variables evaluadas en el Experimento 2.....	33
3.4.7. Análisis estadístico.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Experimento 1.....	38



4.2. Experimento 2.....	43
5. CONCLUSIONES.....	48
5.1. Experimento 1.....	48
5.2. Experimento 2.....	48
6. BIBLIOGRAFÍA.....	49

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
1	Resultados del análisis de suelo utilizado en el experimento.....	31
2	Resultados del análisis de agua.....	31
3	Concentración de nutrimentos en los fertilizantes orgánicos.....	32
4	Análisis químico del té de vermicompost.....	36
5	Análisis químico del lixiviado de vermicompost.....	37
6	Análisis químico de los ácidos húmicos de Leonardita.....	38
7	Altura y diámetro de tallo, peso fresco y seco de tallo y hoja en cuatro tratamientos.....	41
8	Peso fresco y seco de tallo y hoja en cuatro tratamientos.....	42
9	Peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial, altura de la planta y diámetro de tallo en cinco tratamientos.....	44
10	Niveles de elementos esenciales en la planta de tomate.....	47
11	Análisis de minerales en tejido foliar (N,P,K, Ca y Mg).....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Invernadero del Centro de Agricultura Protegida, FA-UANL.....	22
2	Emergencia de las plántulas de tomate.....	26
3	Aplicación de los tratamientos a cada plántula.....	26
4	VARIABLES evaluadas durante el desarrollo del experimento 1.....	27
5	Plántulas de tomate saladette variedad el Cid.....	29
6	Montaje del experimento en el invernadero.....	30
7	VARIABLES evaluadas durante el desarrollo del experimento 2.....	33
8	Secado de hoja y tallo de la planta de tomate.....	34
9	Crecimiento de las plántulas de tomate en los diferentes tratamientos.....	42

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía, UANL, ubicado en el Campus de Ciencias Agropecuarias en el municipio de General Escobedo, Nuevo León con el objetivo de evaluar los fertilizantes orgánicos con: Té de Vermicompost, Lixiviado de Vermicompost y Ácidos húmicos de Leonardita en comparación con el fertilizante químico 18-18-18 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O) en el cultivo de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. En la investigación se establecieron dos experimentos completos. En el primer experimento se estudió la producción de plántula de tomate el cual constó de 4 tratamientos: T1- Testigo (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T2- Té de Vermicompost diluido 1:1 (té: agua), T3- Lixiviado de Vermicompost diluido 1:3 (lixiviado: agua), T4- Ácidos Húmicos 1:10 (ácidos húmicos: agua). El diseño experimental fue completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones, considerando 3 plántulas como unidad experimental.

En el Experimento 2 se estudió el desarrollo del cultivo de tomate hasta el racimo diez con la evaluación de cinco tratamientos: T1- Testigo absoluto, T2- Té de Vermicompost diluido 1:1 (té: agua) + Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T3- Lixiviado de Vermicompost diluido 1:3 (lixiviado: agua) + Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T4- Ácidos Húmicos 1:10 (ácidos húmicos: agua) + Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T5- Tratamiento Químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O). El diseño experimental utilizado fue completamente al

azar con siete repeticiones; la unidad experimental fue una maceta de 19 L con dos plantas.

En el Experimento 1, los análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ) para las variables diámetro de tallo, altura de plántula, peso fresco y seco de tallos y hojas. Las comparaciones múltiples de medias mostraron que los tratamientos a base de vermicompost fueron iguales estadísticamente en todas las variables y superiores a los otros tratamientos.

En el Experimento 2 no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de peso de fruto, como diámetro polar y ecuatorial de fruto, no obstante para el diámetro y altura de tallo los mejores resultados se obtuvieron con el lixiviado de vermicompost; para los minerales, las concentraciones más altas de Nitrógeno (N), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) se obtuvieron con los tratamientos a base de fertilización orgánica.

El comportamiento registrado durante el desarrollo del tomate fortalece la hipótesis de que el empleo combinado de abonos orgánicos y fertilizantes sintéticos cubre las necesidades nutrimentales del cultivo del tomate, sin afectar la calidad y desarrollo de la planta; con lo cual, queda demostrado que es posible reducir el empleo de los fertilizantes sintéticos durante el ciclo de desarrollo de los cultivos.

**Palabras clave:** *Fertilizantes orgánicos, Té de vermicompost, Lixiviado de vermicompost, Ácidos húmicos de Leonardita.*

## ABSTRACT

This work was carried out at the Protected Agriculture Center of the Facultad de Agronomía, UANL, located at the Campus of Agricultural Sciences in the municipality of Escobedo in the state of Nuevo León, México, with the objective of evaluating organic fertilizers: Vermicompost, Vermicompost leachate and Humic acids from Leonardite and contrast them with chemical fertilizer 18-18-18 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O) in tomato cultivation under greenhouse conditions.

Two complete experiments were established in the investigation. In the first experiment, the production of tomato seedlings was studied in response to the application of 4 treatments: T1- Control (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T2- Vermicompost tea diluted 1:1 (tea: water), T3- Vermicompost leachate diluted 1:3 (leachate: water), T4- Humic Acids 1:10 (humic acids: water). The experimental design was completely randomized with 4 treatments and 10 replications, considering 3 seedlings as the experimental unit.

In Experiment 2, the development of tomato cultivation up to cluster ten was studied with the evaluation of five treatments: T1- absolute witness, T2- Vermicompost tea diluted 1:1 (tea: water) + Chemical treatment (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T3- Vermicompost leachate diluted 1:3 (leachate: water) + Chemical treatment (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T4- Humic Acids diluted 1:10 (humic acids: water) + Chemical treatment (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), T5- Chemical treatment (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O). The experimental design used was completely randomized with seven replications; the experimental unit was a 19 L pot with two plants.

In Experiment 1, the analysis of variance showed significant differences between the treatments ( $p < 0.05$ ) for the variables stem diameter, seedling height, fresh and dry weight of stems and leaves. Multiple comparisons of means showed that the vermicompost based treatments were statistically equal in all variables and superior to the other treatments.

In Experiment 2, there were no significant differences between the treatments for the variables of fruit weight, and polar and equatorial diameter of the fruit, however, for the stem diameter and height, the best results were obtained with the vermicompost leachate; for minerals, the highest concentrations of Nitrogen (N), Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) were obtained with treatments base on organic fertilization.

The behavior recorded during tomato development, strengthens the hypothesis that the combined use of organic fertilizers and synthetic fertilizers covers the nutritional needs of the tomato crop, without affecting the quality and development of the plant; with this, results showed that it is possible to reduce the use of synthetic fertilizers during the crop development cycle.

**Keywords:** *Organic fertilizers, Vermicompost tea, Vermicompost leachate, Leonardite humic acids.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia Solanaceae, es una planta herbácea anual o bianual, de origen centro y sudamericano (Rodríguez-Rodríguez, 1996), es la hortaliza de mayor consumo tanto a nivel nacional como mundial. El principal productor y consumidor de esta hortaliza es China, mientras que Estados Unidos de Norte América es el importador más importante, ubicándose México como el país número uno en exportaciones de tomate (SIAP-SADER, 2017).

Una gran parte de los costos de producción se relacionan con la adquisición y posterior aplicación de insumos, entre ellos los agroquímicos, de los cuales se ha aumentado la importación en el país en los últimos años además de aumentar los costos de producción, éstos causan grandes disturbios al medio ambiente (SIAP-SADER, 2017).

El uso desmedido de productos químicos ha provocado la contaminación de suelos y aguas, por lo que es importante reducir la aplicación de fertilizantes químicos, lo que se puede lograr aplicando algunos materiales orgánicos para mejorar la fertilidad del suelo, resultando en un menor daño al ambiente Beltrán-Morales *et al.* (2019).

Los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multifactorial en las propiedades agronómicas de los suelos y, al ser utilizados éstos de manera correcta, incrementan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas Acevedo-Alcalá *et al.* (2020).



Por estas razones, se justifica la evaluación de alternativas naturales, como lo son residuos de cosecha, estiércol, abonos verdes, vermicompost y lixiviados para aumentar el rendimiento de los cultivos, así como incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo Vázquez *et al.* (2015). Estos materiales representan una alternativa viable y ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y disminuir el uso de fertilizantes químicos Rippey *et al.* (2004).

## 1.2. Hipótesis

En la producción de tomate en invernadero es posible disminuir la dosis de fertilizante químico, si se incluye en el programa de fertilización un fertilizante orgánico, sin tener un decremento en la producción.

## 1.3. Objetivo

Evaluar los fertilizantes orgánicos: Té de Vermicompost, Lixiviado de Vermicompost y Ácidos húmicos de Leonardita y contrastarlo con el fertilizante químico 18-18-18 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

## 1.4. Objetivos específicos

- Evaluar fertilizantes orgánicos y químicos en la producción de plántula.
- Evaluar fertilizantes orgánicos y químicos en el crecimiento de la planta y la producción de fruto.
- Determinar el efecto de fertilizantes orgánicos y químicos en la concentración de nutrimentos en el tejido foliar del tomate.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Taxonomía

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia solanaceae y al género *Lycopersicon*. *L. esculentum* es la especie más cultivada a escala internacional, además este género posee un gran número de especies silvestres.

Contexto taxonómico del género *Lycopersicon*.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Esculentum</i>
Nombre binomial	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Descriptor (1788) Miller	

### 2.2. Historia e importancia

La planta de tomate tiene origen en Sudamérica, pero más específicamente en la región andina, en donde los diferentes grupos de pobladores la dispersaron a todo el continente. El tomate se domesticó por los nativos americanos, quienes iniciaron el proceso de mejoramiento por medio de selección de plantas con buenas

características de fruto. El nombre de “tomate” proviene del náhuatl de México, donde se le conocía como tomatl.

Después de la conquista, los españoles lo llevaron a Europa en donde se continuó con programas de mejoramiento para generar variedades que ofrecieran altos rendimientos, aunado a esto, el mejoramiento del tomate se llevó a cabo en diferentes centros de investigación en muchos países.

La planta se aceptó en Europa por mucho tiempo como ornamental, ya que se pensaba que era venenosa, por la relación con las Solanáceas, como lo son el beleño, la belladona, etc.; dicha creencia se mantuvo en muchas regiones hasta principios del siglo XX. El alcaloide que causa la presunta toxicidad es la tomatina, la cual se encuentra en hojas y frutos verdes, sin embargo, esta sustancia se degrada al madurar los frutos (Rodríguez-Rodríguez, 1996).

El cultivo de tomate ha logrado alcanzar una difusión tal, que es complicado encontrar otro producto agrícola que se consuma en altas cantidades, ya sea en fresco, o en otras presentaciones como lo son jugos y salsas. Es por ello que destaca su importancia y constituye el alimento siempre presente en una gran cantidad de países (Rodríguez-Rodríguez, 1996).

## **2.3. Morfología de los órganos de la planta de tomate**

### **2.3.1. Semilla**

Las dimensiones aproximadas de la semilla de tomate son de 5 x 4 x 2 mm, la cual está conformada por el embrión, endospermo y la cubierta seminal. De tal forma que el embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula (Muñoz-Ramos, 2011).

### **2.3.2. Raíz**

El sistema radical del tomate está constituido por una raíz principal y una cantidad abundante de ramificaciones secundarias. El 70% de la biomasa radical se encuentra en los 30 cm iniciales de la capa de suelo. En condiciones óptimas, la raíz principal crece alrededor de 2.5 cm diarios hasta alcanzar los 60 cm de profundidad (Nuez-Viñals, 1995).

### **2.3.3. Tallo**

El tallo es el eje donde crecen las hojas, brotes e inflorescencias; se le conoce como simpodio a una parte del tallo conformado de tres hojas y un ramillete floral. El diámetro de la base del tallo es de 2 a 4 cm y puede ser de crecimiento determinado e indeterminado. Las variedades indeterminadas son las que se utilizan para su cultivo en invernadero. El tallo cuenta con vellosidades las cuales salen de la

epidermis, estas secretan un aceite que al desprenderlo brinda protección al tallo (Nuez-Viñals, 1995).

#### **2.3.4. Hoja**

Las hojas cuentan con un peciolo y de él salen pequeñas hojas llamadas folíolos. Las cuales llegan a medir 50 cm de largo, con un folíolo terminal y hasta 8 folíolos laterales. El tamaño de las hojas depende de la condición vegetativa de la planta y de las condiciones de suministro de agua y nitrógeno, así como de las temperaturas diurnas y nocturnas (Jones, 2007).

#### **2.3.5. Flor**

Las flores son pequeñas, de color amarillo y forman corimbos axilares; el número de flores depende del tipo de tomate. Es por ello que en tomates de grueso calibre el ramillete llega a tener de 4 a 6 flores, en aquellos de mediano calibre se incrementa la cantidad de 8 a 12 flores por ramillete y en tomates de menor tamaño se llegan a formar hasta 100 flores por racimo (Jones, 2007).

#### **2.3.6. Fruto**

El peso, la forma y el tamaño del fruto dependen de la variedad y el manejo, lo cual se debe de considerar antes de definir la variedad a plantar. Los frutos tardan en madurar entre 55 a 60 días una vez que las flores han sido polinizadas, lo cual

depende de las condiciones ambientales y la variedad. El fruto está conformado por dos o más lóculos, este se desarrolla a partir del ovario y puede llegar a alcanzar entre 5 a 500 g de peso al final de su madurez. El tiempo que se requiere para que un ovario se desarrolle a un fruto maduro, una vez que ha sido fecundado, es de 7 a 9 semanas, lo cual podría variar en función de la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Nuez-Viñals, 1995).

## **2.4. Monitoreo de crecimiento**

### **2.4.1. Longitud de crecimiento**

En el sistema de agricultura protegida en el cultivo de tomate indeterminado se utiliza una rafia para hacer el marcaje de la altura de crecimiento de la planta. Esta marca se toma como referencia a la siguiente semana para tomar la medida de crecimiento que alcanzó la planta en esa semana, hasta el ápice. Este parámetro ayuda a evaluar el balance que se tiene entre el crecimiento vegetativo y generativo de la planta. El tallo crece regularmente entre 18 a 27 cm por semana, esto depende del genotipo y de las condiciones de temperatura que se presenten (Muñoz-Ramos, 2011).

### **2.4.2. Grosor del tallo**

El grosor del tallo ayuda a evaluar la fuerza de crecimiento de la planta; para llevar a cabo con precisión la medición de este parámetro se utiliza un vernier. Para el

monitoreo del diámetro se toma la línea marcada una semana antes como altura de planta, de esta manera se obtiene el resultado de grosor, aumentado por semana (Muñoz-Ramos, 2011).

### **2.4.3. Longitud de la hoja**

Para la medición de la longitud se toma en cuenta la hoja más recientemente madura, la cual se encuentra entre el racimo que está cuajando y el que se encuentra en floración. La hoja más recientemente madura es aquella que terminó de crecer en el transcurso de la semana (Jones, 2007).

## **2.5. Nutrición Vegetal**

### **2.5.1. Los nutrimentos en las plantas y su concentración**

Los nutrimentos en las plantas se dividen en macronutrimentos y micronutrimentos, los primeros corresponden a: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), debido a que la concentración en el tejido vegetal seco es superior a  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$  (ppm), mientras que los segundos tienen un contenido inferior a los  $500 \text{ mg kg}^{-1}$  (ppm), entre los que se encuentran el Hierro (Fe), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Níquel (Ni) y Molibdeno (Mo).



Dentro de los macronutrientes, el N y el K se encuentran dentro del material vegetal seco en un intervalo de 0.8 a 5 % (8,000 a 50,000 ppm), mientras que el P y el Mg están presentes en niveles de 0.5 a 0.65 % (5,000 a 6,500 ppm) y la concentración de Ca puede variar de 0.2 a 3 % (Alcántar *et al.*, 2016).

**Nitrógeno:** Las plantas cuentan con la capacidad de asimilar ciertas formas de N inorgánico, primordialmente el  $\text{NH}_4^+$  y el  $\text{NO}_3^-$ . El nitrógeno se encuentra en las purinas y las pirimidinas de los ácidos nucleicos, son esenciales en la síntesis de proteínas, en porfirinas de las clorofilas y en los citocromos los cuáles son esenciales para la respiración y la fotosíntesis (Alcántar *et al.*, 2016). En el cultivo de tomate es importante monitorear las cantidades de nitrógeno que se encuentran en el suelo y las que se aportan con la fertilización orgánica y química, debido a que un exceso de este elemento puede causar que las plantas se vuelvan muy vegetativas, lo que repercutiría en los rendimientos y la calidad de fruto. El cultivo de tomate requiera menores cantidades de nitrógeno al inicio del período de crecimiento y los requerimientos de este elemento se incrementan a medida que se va desarrollando el cultivo y entra a la etapa de fructificación, por lo que es importante regular los aportes de N de acuerdo a la etapa de crecimiento Velasco-Hernández *et al.* (2011).

**Fósforo:** Las plantas absorben este mineral, en forma de aniones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . El P se encuentra en los fosfolípidos, los cuales están distribuidos ampliamente en las plantas. Así mismo participa en la síntesis de proteínas y forma parte de los ácidos nucleicos. Es un importante constituyente del ATP y otras enzimas (NAD, FAD),

participa en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía (Lambers *et al.*, 2008).

Potasio: Es el catión que se absorbe en mayor cantidad por las plantas Mengel *et al.* (2000), por lo que el contenido de K en los vegetales es más alto comparado con los otros cationes alcalinos. Una parte importante del K total en la planta se encuentra como ion libre a nivel de vacuolas y citoplasma y al estar en conjunto con los otros iones en solución crea una presión osmótica, lo que hace que el agua ingrese del xilema a las células y produzca el turgor en ellas, siendo una de las funciones más importantes del K en la planta (Lambers *et al.*, 2008).

Calcio: Puede presentarse como ion libre en las plantas o en forma adsorbida. El Ca participa en el equilibrio electrostático de la célula, esto por la cantidad que se encuentra normalmente en las vacuolas, donde colabora al balance aniones-cationes en donde actúa como ion acompañante de aniones inorgánicos y orgánicos, además la elongación y la multiplicación celular en los tejidos meristemáticos son activados por el calcio (Alcántar *et al.*, 2016).

Magnesio: Es acumulado y absorbido por las plantas en menores cantidades que el Ca o el K. Las sales de Mg participan de forma importante en la regulación del pH celular y del balance anión-catión. Sin embargo, la función principal del Mg es como elemento constitutivo de la clorofila (Alcántar *et al.*, 2016).

### **2.5.2. Cantidad de nutrimentos que consume el tomate**

El cultivo en suelo cuenta con una importante ventaja sobre el cultivo en sustrato, debido a que tiene una gran capacidad de amortiguamiento en cuanto a la disponibilidad de agua y nutrimentos, debido a que, en caso de interrupción en el suministro, el sistema no se ve afectado, como es el caso del cultivo en sustrato.

El cultivo de tomate en suelo reacciona favorablemente a la aplicación de materia orgánica, es por ello que se recomiendan enmiendas de hasta 10 ton de materia seca por ha y año. Cuando se añaden dosis altas de materia orgánica es importante revisar los aportes de nitrógeno debido a que algunos materiales orgánicos son ricos en este elemento, como es el caso de la gallinaza (Castellanos *et al.*, 2011).

Para estimar las cantidades de fertilizante que se deben de aportar, es importante conocer la extracción de nutrimentos por la planta. En el caso del tomate, por cada tonelada que se produce, las plantas consumen las siguientes cantidades de nutrimentos: N ( $2.1 \text{ kg.t}^{-1}$ ),  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $0.7 \text{ kg.t}^{-1}$ ),  $\text{K}_2\text{O}$  ( $4.4 \text{ kg.t}^{-1}$ ), CaO ( $2.3 \text{ kg.t}^{-1}$ ) y MgO ( $0.4 \text{ kg.t}^{-1}$ ) (Velasco-Hernández *et al.*, 2011).

Las cantidades de fertilizante que se requieren en la etapa de crecimiento están entre los 20 y 25 kg de fertilizante/ha por día, mientras que en la etapa de producción van desde los 25 a  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  por día (Castellanos *et al.*, 2011).

Las cantidades mencionadas varían de acuerdo al contenido de Ca y Mg presentes en el agua de riego y al rendimiento esperado. Cabe destacar que a mayor rendimiento es mayor el consumo nutrimental de la planta; por lo cual la fruta exigirá una dosis mayor de fertilización (Muñoz-Ramos, 2011).

## **2.6. Producción de tomate en México**

### **2.6.1. Dinámica y valor de la producción de tomate en México**

El cultivo de tomate rojo se ubica en el cuarto lugar por su valor económico en la producción agrícola primaria. En el año 2017, representó el 4.3 % del total, ubicándose después del maíz de grano (17.1 %), el aguacate (6.8 %) y la caña de azúcar (6.5 %). De acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la producción de tomate rojo en el país se incrementó en una tasa promedio anual de 3.6 % entre el año 2007 y 2017, para posicionarse en un máximo histórico de 3.47 millones de toneladas por año (SIAP-SADER, 2017).

### **2.6.2 Superficie destinada al tomate**

El comportamiento de la superficie asignada al cultivo de tomate es diferente en campo abierto y en agricultura protegida (malla sombra e invernadero). En campo abierto, la superficie sembrada disminuyó en una tasa promedio anual de 5.9 % entre 2007 y 2017, esto al pasar de 64,663 a 35,175 hectáreas (SIAP-SADER, 2017).

El decremento de la superficie que se cultiva en esta modalidad ha sido mayor en Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nayarit, principalmente. Sin embargo, en cuanto a la superficie establecida con sistema de agricultura protegida, se incrementó de 1,973 a 15,198 hectáreas durante el mismo período en una tasa promedio anual de 22.7 %. Esta modalidad se concentra en los estados de Sinaloa, Baja California y San Luis Potosí, aunque ha adquirido importancia en otras entidades del país como Jalisco, Coahuila, Puebla, Sonora, Guanajuato, Baja California Sur y Oaxaca (SIAP-SADER, 2017).

La distribución de los cultivos en la superficie sembrada con agricultura protegida en 2017 en México fue de 35,7% para tomate rojo, le siguieron en importancia las berries: fresa, frambuesa y arándano (30.8 %), el pepino (11.6 %), el pimiento (9.2 %) y las ornamentales (4.9 %), principalmente (SIAP-SADER, 2017).

### **2.6.3 Producción de tomate bajo agricultura protegida en México**

La producción de cultivos hortícolas en México ha cambiado en las últimas décadas, debido a que la tendencia marca un incremento en la producción en invernaderos y casas sombras comparada con la que se realiza en campo abierto, principalmente en los cultivos de tomate, pimiento y pepino. Los cultivos que se producen bajo agricultura protegida son de mayor calidad que los que se producen en campo abierto, por lo que la mayor calidad de los productos ha incrementado las exportaciones, principalmente a Estados Unidos y Canadá (SIAP-SADER, 2017).

Estas exportaciones han contribuido a que el sector agroalimentario sea la tercera actividad de mayor exportación en México. La actividad agrícola en invernadero se ha incrementado considerablemente en las últimas dos décadas, de tal manera que actualmente México ocupa el séptimo lugar mundial en cuanto a superficie de agricultura protegida (SIAP-SADER, 2017).

En 2017, la producción de tomate saladette representó el 83.6 % del total de la producción de esta hortaliza en México, el tomate bola 12.8 % y el tomate Cherry 2.6 %. La producción de tomate Saladette se encuentra en mayor proporción en cinco estados de la república: Sinaloa (23.3 % de la producción nacional en 2017), San Luis Potosí (11.3 %), Michoacán (8.7 %), Zacatecas (6.4 %) y Jalisco (5.2 %) (SIAP-SADER, 2017).

La producción de tomate Saladette en agricultura protegida representó el 59.4 %, comparada con el 40.6 % de la agricultura en campo abierto. En agricultura protegida sobresalen los estados de San Luis Potosí, Sinaloa, Puebla, Querétaro y Jalisco, mientras que en campo abierto sobresalen Sinaloa, Michoacán y Zacatecas (SIAP-SADER, 2017).

#### **2.6.4. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero en Nuevo León**

El estado de Nuevo León reporta un incremento en la en la actividad hortícola bajo sistema de producción protegida, principalmente se ubican en las entidades municipales del Sur como Aramberri, Galeana y Dr. Arroyo, donde operan tres

agroparques con 30, 40 y 10 has respectivamente, además estos municipios han instalado invernaderos de alta tecnología como son Green Valley, Invernaderos La Fortuna e Invernaderos Valle Alto.

Estas unidades de producción generan empleo y han mejorado las condiciones socioeconómicas de una de las zonas más afectadas económicamente del estado de Nuevo León (Reyes-García, 2019).

#### **2.6.5. Consumo nacional**

Durante 2017, el consumo nacional de tomate rojo se colocó en un máximo histórico de 1.88 millones de toneladas, volumen que representó el 54.2 % de la producción nacional. De tal manera que, el consumo per cápita anual de tomate en México se ubica en 16 kilogramos por año, volumen inferior al consumo per cápita promedio mundial, de 19 kilogramos (SIAP-SADER, 2017).

#### **2.7. Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica es un método de producción en el cuál se utilizan de manera importante los recursos del ecosistema en lugar de la utilización de insumos agrícolas como fertilizantes químicos, plaguicidas sintéticos, conservadores y aditivos. El objetivo de la agricultura orgánica es reducir la utilización de recursos no renovables y erradicar el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos o sintéticos, para preservar la salud humana y el medio ambiente (FAO, 2007).

### 2.7.1. Fertilizantes orgánicos

Estos fertilizantes o abonos orgánicos son los que se realizan a base de materiales de procedencia animal o vegetal; es por ello que un número grande de estos materiales se utiliza como abono y así mismo como suministro de nutrientes para las plantas. De esta manera, los subproductos del predio, como residuos de cosecha y excretas de animales domésticos, pueden ser utilizados como abonos, así mismo se reciclan los nutrimentos, lo cual es de suma importancia si se observa desde el punto de vista ecológico y económico (Salgado-García *et al.*, 2010).

De acuerdo a su naturaleza y origen, los abonos orgánicos pueden tener la siguiente clasificación:

Fertilizantes Orgánicos	Estiércoles Compostas Esquilmos Abonos verdes Desechos de plantas agroindustriales Aguas negras y derivados Efluentes de biodigestores
Biofertilizantes	Inoculantes a base de <i>Rhizobium</i> , <i>Azospirillum</i> y/o micorriza.

Clasificación de los abonos orgánicos (IFDC-UNIDO-1998)



Algunas ventajas que presentan los abonos orgánicos frente a los químicos son las siguientes (Salgado-García *et al.*, 2010).

- El efecto residual es mayor
- Proporcionan una mayor capacidad de retención de humedad o de agua del suelo y su efecto sobre la porosidad, estructura y densidad aparente.
- Se forman compuestos orgánicos con algunos nutrientes, lo cual ayuda a mantener a éstos en una forma disponible las plantas.
- Reduce el escurrimiento superficial, así mismo reduce la erosión del suelo.
- Se presenta un aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo cual ayuda a que los nutrimentos no se lixivien

### **2.7.2. Lixiviado de vermicompost**

Las compostas están constituidas principalmente por materia orgánica y microorganismos, los cuales actúan, en un proceso conocido como fermentación aeróbica termofílica; la acción de los microorganismos es favorecida por un ambiente cálido y húmedo (Ingham, 2005).

Los materiales que se requieren para realizar una composta son: agua, residuos orgánicos, estiércol, suelo, plástico, pala y cal. Estos residuos orgánicos pueden ser: de jardín, domésticos, de ganado, de cosecha, de fluviales y marinos, de la silvicultura, desechos agroindustriales y/o urbanos (Salgado-García *et al.*, 2010).

El vermicompost es el resultado del cambio digestivo y metabólico de la materia orgánica, por medio de la acción de lombrices de tierra; el proceso es conocido como lombricultura. El lombricompost es utilizado principalmente como recuperador o enmienda orgánica de suelos, mejorador, abono orgánico, enraizador, inoculante microbiano, sustrato de crecimiento, germinador, entre otros usos (NMX-FF-109-SCFI-2007).

El humus de lombriz o vermicompost cuenta con diferentes características como color oscuro, olor característico a mantillo de bosque y alta carga bacteriana y enzimática, estas últimas características ayudan a la descomposición de la materia orgánica, incrementan la solubilidad de los nutrientes liberándolos en forma gradual, así mismo ayudan a una fácil asimilación por las raíces, que impide que los nutrientes se lixivien. El humus de lombriz también tiene efecto antibiótico, incrementa la resistencia a las enfermedades, plagas y organismos patógenos, por lo tanto es capaz de aumentar la producción de hortalizas, frutas y otros productos agrícolas (Moreno, 2006).

### **2.7.3. Té de vermicompost**

El té de vermicompost o de humus es un extracto líquido de gran calidad biológica que se obtiene por medio de una fermentación aeróbica y se produce al mezclar agua con vermicompost y una fuente de azúcares (NOSB, 2004). Este proceso favorece el crecimiento de los microorganismos benéficos los cuales ayudan a

disminuir enfermedades en los cultivos, dando como resultado plantas más sanas, y reducir el uso de fertilizantes minerales debido a los nutrimentos que se liberan.

Los téos ayudan a la desintoxicación del suelo y auxilian en el desarrollo y crecimiento de las plantas, sin embargo hay un amplio número de variantes en el método de preparación de éstos, entre las que destacan: la relación agua:vermicompost, los períodos de incubación que van de 12 horas a tres semanas, tipo y tiempo de aireación en la preparación en el periodo de incubación; y si se suplementa o no con nutrimentos como, polvos de algas, melaza o extractos de levaduras (Arancon *et al.*, 2007).

#### **2.7.4. Ácidos húmicos de Leonardita**

La leonardita, es un material de color negro de origen natural el cual está ligado al proceso de oxidación del lignito (O'Donnel, 1973), a partir del cual se adquieren sustancias húmicas. El resultado de las enmiendas orgánicas tales como la leonardita, se muestra en suelos con poco contenido en materia orgánica a comparación de aquellos en los cuales los niveles de fertilidad son más elevados (Duplessis y Mackenzie, 1983).

Una de las alternativas que se utilizan para hacer más eficiente la nutrición de los cultivos radica en la combinación que se lleva a cabo de los ácidos húmicos con los compuestos inorgánicos, lo cual da como resultado un notable incremento del crecimiento de las plantas y al mismo tiempo del rendimiento de los cultivos.

Los ácidos húmicos incrementan la disponibilidad de nutrimentos de los suelos y la mejora de algunas propiedades físico-químicas. Así los complejos orgánico-minerales mejoran las características de los suelos en cuanto a la agregación, permeabilidad, aireación, capacidad de retención de agua, disminución de absorción de elementos tóxicos, absorción y disponibilidad de micronutrientes y disminuyen los efectos adversos de la salinidad (Ryabova, 2010).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del Experimento 1 y 2

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Agricultura Protegida (CAP) de la Facultad de Agronomía de la UANL, localizado en el Campus de Ciencias Agropecuarias en el municipio de Gral. Escobedo, N.L (Figura 1), con ubicación geográfica de 25° 47' 07'' Latitud Norte, 100° 17' 03'' Longitud Oeste, con altitud de 479 msnm (INEGI, 2019). El clima de la región es considerado semiárido, con una precipitación de 550mm y una temperatura media anual de 23°C (SMN, 2019).



Figura 1. Invernadero del Centro de Agricultura Protegida, FAUANL

### **3.1.1. Características del Invernadero**

El invernadero donde se realizó la investigación es de tipo diente de sierra, con una superficie de 1000m<sup>2</sup>, el cual tiene una altura de 4.6m a la canaleta y con orientación Norte-Sur, cuenta con ventanas laterales y cenitales y un sistema de ferti-irrigación por goteo.

## **3.2. Preparación de Fertilizantes Orgánicos**

### **3.2.1. Té de Vermicompost**

Para elaborar el té de vermicompost se utilizó un contenedor de plástico de 200 L, en el cuál se vertieron 131.5 L de agua, posteriormente se adicionaron 3 piloncillos (690 g) previamente triturados, después se agregaron 18 kg de vermicompost elaborada en el Centro de Agricultura Protegida, la cual se colocó en una bolsa tipo malla para ser introducida en el contenedor, una vez completado este proceso, se colocaron 4 aireadores.

El proceso se llevó a cabo durante siete días, adicionándole 1 piloncillo cada 3 días; una vez pasado el tiempo establecido, se procedió a ajustar el pH de 5 a 5.3 y la CE a 3 dSm<sup>-1</sup> (Ingham, 2005).

### **3.2.2. Lixiviado de Vermicompost**

El lixiviado que se utilizó es el que se obtuvo del vermicompost antes mencionado el cual tuvo 4 semanas de pre-composteo y 14 días en el contenedor con las lombrices

de tierra roja de california (*Eisenia fetida*), de igual manera se ajustó la CE a valores menores de 3 dSm<sup>-1</sup> y pH a valores de 5 a 5.3 (Ingham, 2005).

### **3.2.3. Ácidos Húmicos de Leonardita**

La Leonardita se obtuvo de una mina de carbón del norte de Coahuila. Para la extracción del Ácido húmico se secaron y pesaron 2 Kg de Leonardita; posteriormente se agregaron a un recipiente, en el cuál previamente se colocaron 122.5 g de escamas de NaOH concentrado al 98%, el cual se diluyó con 6 L de agua desionizada, la mezcla anterior se llevó a calentamiento (60°C) durante 1h con 30 minutos con agitación constante, evitando que la mezcla se pegara en el fondo del recipiente.

La solución obtenida se retiró de la flama y se dejó en reposo durante 24 h, una vez pasado este tiempo se procedió a filtrar y se ajustó el pH a valores de 5 a 5.3 y CE a valores menores de 3 dSm<sup>-1</sup> (López-Salazar, 2014).

### **3.3. Experimento 1**

En el Experimento 1 se evaluaron las aportaciones orgánicas comparándolos con el fertilizante químico en la producción de plántula. Enseguida se describen los tratamientos y el diseño experimental.

### **3.3.1. Tratamientos**

Los tratamientos evaluados fueron:

T1- Testigo (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O); 1 g L<sup>-1</sup>)

T2- 10 mL Té de Vermicompost diluido 1:1 (té: agua)

T3- 10 mL Lixiviado de Vermicompost diluido 1:3 (lixiviado: agua)

T4- 10 mL Ácidos Húmicos 1:10 (ácidos húmicos: agua)

### **3.3.2. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones, considerando 3 plántulas como unidad experimental.

### **3.3.3. Establecimiento del cultivo Experimento 1**

El material utilizado en este experimento fue tomate tipo Saladette variedad Iker; las semillas fueron sembradas el día 18 de febrero del 2019, para el desarrollo del experimento se utilizaron charolas de propagación de 200 cavidades, las cuales se lavaron con una solución de cloro y posteriormente se lavaron con agua de lluvia. El sustrato utilizado fue Peat Moss Sunshine No. 3, el cual se mezcló utilizando 300 mL de cada tratamiento y 200 mL de agua de lluvia.

En cada cavidad de las charolas se sembró semilla de tomate, posteriormente las charolas se cubrieron con plástico y se colocaron en un laboratorio con temperatura



de 24 °C. La emergencia de las plántulas ocurrió después de tres días (Figura 2), momento en el cual fueron transportadas al invernadero de producción de plántula.



Figura 2. Emergencia de las plántulas de tomate

Las plántulas fueron regadas en el invernadero con agua de lluvia hasta la aparición de las hojas verdaderas; posteriormente los riegos se continuaron por la mañana y los tratamientos se aplicaron por la tarde (Figura 3), en dosis de 10 mL por plántula.



Figura 3. Aplicación de los tratamientos a cada plántula.

### 3.3.4. Variables evaluadas Experimento 1

Al inicio y final del experimento, el cual tuvo una duración de 2 meses se evaluaron las siguientes variables (Figura 4):

- Porcentaje de germinación
- Peso fresco y peso seco de plántula
- Diámetro y altura de plántula



Figura 4. Variables evaluadas durante el desarrollo del experimento.

### 3.3.5. Análisis Estadístico

Los datos se analizaron de acuerdo al modelo del diseño completamente al azar y cuando se encontró diferencia significativa las medias se compararon utilizando el método de Tukey. El programa utilizado para realizar los análisis estadísticos fue el IBM SPSS Statistics versión 21.

### 3.4. Experimento 2

En experimento 2 se evaluaron las aportaciones orgánicas en comparación con el fertilizante químico y un testigo absoluto. El experimento se realizó en el invernadero donde se evaluaron variables relacionadas con el crecimiento, características del fruto y análisis de nutrimentos en el tejido foliar. Enseguida se describen los tratamientos y el diseño experimental.

#### 3.4.1. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron:

T1- Testigo absoluto

T2- 500 mL Té de Vermicompost diluido 1:1 (té: agua) + 500 mL Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O; 1 g L<sup>-1</sup>)

T3- 500 mL Lixiviado de Vermicompost diluido 1:3 (lixiviado: agua) + 500 mL Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O; 1 g L<sup>-1</sup>)

T4- 500 mL Ácidos Húmicos 1:10 (ácidos húmicos: agua) + 500 mL Tratamiento químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O; 1 g L<sup>-1</sup>)

T5- 1000 mL Testigo Químico (18-18-18; N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O; 1 g L<sup>-1</sup>)

Las dosis que se describen en los tratamientos corresponden a las aplicaciones a una maceta con 2 plantas, los tratamientos fueron aplicados 3 veces por semana.

### 3.4.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 5 tratamientos y 7 repeticiones, considerando un contenedor con dos plantas como unidad experimental.

### 3.4.3. Producción de plántulas

El material utilizado en este experimento fue tomate tipo Saladette variedad el Cid; las semillas fueron sembradas el día 20 de Agosto del 2018 en charolas de propagación de 200 cavidades, las cuales se desinfectaron previamente con jabón y cloro, posteriormente se procedió a llenar las charolas de propagación con turba (PeatMossSunshine No. 3), las charolas se regaron diariamente con agua de lluvia desde que se colocaron en el invernadero una vez que emergió la primera plántula (Figura 5).

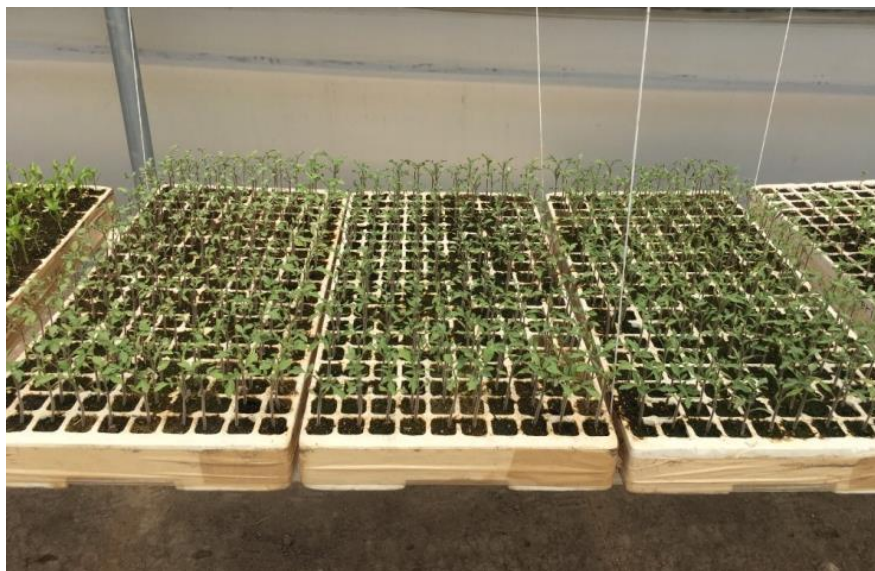


Figura 5. Plántulas de tomate saladette variedad el "Cid"

### 3.4.4. Establecimiento del cultivo Experimento 1

El trasplante se realizó el día 29 de septiembre del 2018 en contenedores de 19 L con suelo como sustrato, el cual se caracterizó con un análisis de suelo para determinar sus características (Cuadro 1). En cada contenedor se colocaron dos plantas.

Los contenedores se lavaron con una solución de cloro y posteriormente se enjuagaron con agua de lluvia. El suelo se cribó para eliminar las aglomeraciones superiores a 5 mm y posteriormente se llenaron los contenedores con 20 kg de suelo, los cuales se colocaron en el invernadero a una distancia de 50 cm desde el centro de cada contenedor; dos plántulas fueron trasplantadas en cada contenedor con una separación de 15 cm (Figura 6).



Figura 6. Montaje del experimento en el invernadero

El sistema de riego se instaló considerando dos goteros por contenedor; el riego se inició con una frecuencia de 20 minutos cada 2 días, posteriormente el riego se aplicó de acuerdo a las lecturas del tensiómetro considerando una tensión máxima de 20 centibares. El análisis del agua utilizada se presenta en el (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Resultados del análisis de suelo utilizado en el experimento.

<b>Determinación</b>	<b>Resultado Obtenido</b>
Materia Orgánica (%)	1.84
Nitrógeno Total (%)	0.11
Nitrógeno Orgánico(%)	0.09
CE (dS m <sup>-1</sup> )	1.63
pH del Suelo	8
Potasio (mg.kg <sup>-1</sup> )	536.8
Fósforo(mg.kg <sup>-1</sup> )	29.33
Calcio (mg.kg <sup>-1</sup> )	221.40
Magnesio (mg.kg <sup>-1</sup> )	76.60
Textura	Franco Arenoso

**Cuadro 2.** Resultados del análisis de agua

<b>Determinación</b>	<b>Resultados</b>
Conductividad Eléctrica(CE) (dS m <sup>-1</sup> )	0.58
pH	7.3
Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	3.6
Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.8
Na <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	1.4
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	2.2
Cl <sup>-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	1.05
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	2.55
Suma de Cationes(meq L <sup>-1</sup> )	5.8
Suma de Aniones(meq L <sup>-1</sup> )	5.8
Salinidad Efectiva (SE) (meq L <sup>-1</sup> )	2.2
Salinidad Potencial (SP)(meq L <sup>-1</sup> )	2.32
Relación de Absorción de Sodio (RAS)	0.94
Carbonato de Sodio Residual (CSR)	2.2
Porcentaje de Sodio Probable (PSP) (%)	63.6
Clasificación del agua	C2S

### 3.4.5. Montaje del Experimento 1

La planta se trasplantó una vez que alcanzó los 15 cm de altura, previamente se embebió la raíz de la planta en los tratamientos correspondientes y posteriormente se sembró en el contenedor con suelo. Los tratamientos preparados se aplicaron en dosis de 500 ml por planta y posteriormente se aplicó riego durante 20 minutos. Los riegos posteriores al trasplante se llevaron a cabo cada 48 h. La aplicación de cada tratamiento se realizó a los 15 días después de la primera aplicación.

La duración del experimento fue de 28 semanas (7 meses), por lo que en total se aplicaron 84 L de fertilizante por contenedor. A continuación, se presentan las cantidades aplicadas en cuanto a nutrimentos se refiere (Cuadro 3):

**Cuadro 3.** Concentración de nutrimentos en los fertilizantes orgánicos.

Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Kg/ha					
Lixiviado de VC	117.05	107	727.5	231.5	132.5
Té de VC	98.15	102.21	474.5	175.75	135.25
Ác. Húmicos de Leonardita	109.7	97.4	145.5	389	140.5
18-18-18	190	190	190	---	---

### 3.4.6. Variables evaluadas en el Experimento 1

Los datos de las siguientes variables fueron registradas semanalmente (Figura 7).

- Producción en los primeros 10 racimos
- Número de frutos en los primeros 10 racimos
- Peso del fruto
- Diámetro ecuatorial y polar del fruto en cada cosecha
- Incremento de altura evaluada cada semana
- Diámetro del tallo evaluado cada semana

Altura de planta y diámetro de tallo se evaluaron de acuerdo al procedimiento descrito por Muñoz-Ramos (2011).



Figura 7. Variables evaluadas durante el desarrollo del experimento



Al final del experimento se evaluaron:

-Peso seco hojas

-Concentración de nutrimentos en las hojas.

Para ello se cortaron las hojas y tallos por separado y se colocaron en un secador, posteriormente se procedió a cortar en pedazos pequeños, una vez realizado esto se colocaron en bolsas de papel e introdujeron en una estufa a 65°C durante 48h (Figura 8), una vez transcurrido dicho tiempo, se retiraron de la estufa y se procedieron a pesar en una balanza electrónica.



Figura 8. Secado de hoja y tallo de la planta de tomate

El nitrógeno (N) se cuantificó mediante el método micro Kjendahl de acuerdo con la metodología de Bremner (1965). La determinación de fósforo (P) se realizó por el método del amarillo vanadato molibdato de acuerdo con la metodología descrita por Cavell (1955), con algunas modificaciones, mientras que para la determinación de los

valores de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se utilizó un espectrómetro de absorción atómica.

Cabe mencionar que todos los análisis de nutrimentos en hoja se llevaron a cabo en el Laboratorio de Remediación Ambiental y Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Facultad de Agronomía tanto en el Campus Escobedo como en el Campus Marín

#### **3.4.7. Análisis Estadístico**

Los datos se analizaron de acuerdo al modelo del diseño completamente al azar y cuando se encontró diferencia significativa las medias se compararon utilizando el método de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa IBM SPSS Statistics versión 21.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los fertilizantes orgánicos, se presentan en los Cuadros 4, 5 y 6:

**Cuadro 4.** Análisis químico del Té de Vermicompost

<b>Té de Vermicompost</b>		
<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Nitrógeno Total	%	0.0003
Fósforo	%	0.0003
Potasio	%	0.03
Calcio	%	0.0055
Magnesio	%	0.0023
Sodio	%	0.0082
Azufre	%	0.02
Hierro	ppm	0.83
Cobre	ppm	0.03
Manganeso	ppm	0.06
Zinc	ppm	0.03
Boro	ppm	0.01
Humedad	%	99.9
Materia Orgánica	%	0.06
Cenizas	%	0.07
Carbono Orgánico	%	0.03
Relación C/N		108

**Cuadro 5.** Análisis químico del Lixiviado de Vermicompost

<b>Lixiviado de Vermicompost</b>		
<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Nitrógeno Total	%	0.0021
Fósforo	%	0.0005
Potasio	%	0.05
Calcio	%	0.0094
Magnesio	%	0.0022
Sodio	%	0.0093
Azufre	%	0.02
Hierro	ppm	7.25
Cobre	ppm	0.03
Manganeso	ppm	0.19
Zinc	ppm	0.27
Boro	ppm	0.14
Humedad	%	99.8
Materia Orgánica	%	0.11
Cenizas	%	0.09
Carbono Orgánico	%	0.07
Relación C/N		31.2

**Cuadro 6.** Análisis químico de los Ácidos húmicos de Leonardita

<b>Ácidos Húmicos de Leonardita</b>		
<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
Nitrógeno Total	%	0.0014
Fósforo	%	0.0001
Potasio	%	0.0040
Calcio	%	0.02
Magnesio	%	0.0026
Sodio	%	0.05
Azufre	%	0.04
Hierro	ppm	65.8
Cobre	ppm	0.16
Manganeso	ppm	0.59
Zinc	ppm	0.37
Boro	ppm	0.23
Humedad	%	99.4
Materia Orgánica	%	0.26
Cenizas	%	0.34
Carbono Orgánico	%	0.15
Relación C/N		103

#### **4.1. Experimento 1**

Los análisis de varianza para la variable diámetro de tallo, altura de plántula, peso fresco y seco de tallos y hojas mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 7 y 8).

Las comparaciones múltiples de medias mostraron que los tratamientos 2 (Té de Vermicompost) y 3 (Lixiviado de Vermicompost) fueron iguales estadísticamente en todas las variables y superiores a los tratamientos 1 (Testigo) y 4 (Ácidos Húmicos de Leonardita); estos últimos tratamientos fueron iguales en todas las variables a excepción de la altura en donde se observaron valores mayores en el tratamiento 4 (Ácidos Húmicos de Leonardita).

En cuanto a la germinación de la semilla se obtuvo un mayor porcentaje en el tratamiento 2 (Té de Vermicompost) el cual alcanzó un 90 %, lo cual concuerda con lo reportado por Athiye *et al.* (2000) el cual menciona que la germinación de tomate se incrementó de manera importante al utilizar té de vermicompost y el tratamiento con menos porcentaje fue el de ácidos húmicos de Leonardita con apenas 56.66 %.

El lixiviado de vermicompost ha sido evaluado por otros autores (Tejada *et al.*, 2008), quienes reportaron mayores rendimientos y calidad de fruto de tomate al aplicar lixiviados de vermicompost en forma foliar, estos resultados fueron atribuidos al contenido de sustancias húmicas en el material aplicado.

En el presente experimento se observó un crecimiento sobresaliente de las plántulas de tomate en el tratamiento con lixiviado de vermicompost, aunque en este caso la aplicación de los fertilizantes se realizó en el sustrato (Figura 9). El incremento en el crecimiento de plántulas de tomate también ha sido atribuido a las sustancias húmicas presentes en el vermicompost, en particular a la actividad semejante a las fitohormonas presentes en este material (Athiye *et al.*, 2002).

Lazcano *et al.* (2010) demostraron que la utilización de vermicompost ya sea de manera sólida o líquida permite un incremento sobre la germinación de las semillas y una maduración más rápida de las plántulas de *Pinuspinaster*.

Así mismo, Arancon *et al.* (2004, 2005, 2006) atribuyeron un aumento en el crecimiento de pimientos en campo y en invernadero gracias a la aplicación de vermicompost.

En un estudio realizado con cultivos de lechuga y tomate por Arancon *et al.* (2019), en el cual se utilizó el té de vermicompost, refieren que, gracias a la presencia de pequeñas cantidades de hormonas de crecimiento y ácidos húmicos en el té, se ayuda a aumentar el crecimiento y rendimiento de estas hortalizas.

Da-Binget *al.* (2012), al igual que en el presente trabajo, evaluaron la actividad de fertilizantes orgánicos, entre ellos el té de vermicompost y obtuvieron resultados similares a los presentados en esta investigación, en los que se demuestra que el té favorece el crecimiento de la planta de pepino.

Acevedo- Alcalá *et al.* (2020) realizaron un estudio en plántulas de chile poblano en el cual compararon fertilizantes químicos y orgánicos; encontrando que el abono orgánico comercial, el cual era a base de vermicompost, fue capaz de producir plántulas de muy buena calidad, lo cual se vio reflejado en mayor diámetro, altura y longitud de raíz, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación

en donde se obtuvieron los mejores resultados en los tratamientos a base de vermicompost.

Akinnuoye-Adelabu *et al.* (2019) realizaron un estudio en el que se demostró que el té de vermicompost proporciona nutrientes esenciales para la semilla de guisante, con lo cual se demuestra que no es necesario utilizar fertilizantes químicos para el establecimiento efectivo de plántulas.

**Cuadro 7.** Altura y diámetro de tallo, peso fresco de tallo y hoja y peso seco de tallo y hoja en cuatro tratamientos

Tratamiento	Semilla	Tallo	
	Germinación %	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Testigo	73.33	19.16 c	3.24 b
Té de V.	90.00	24.42 a	3.75 a
Lixiviado de V.	70.00	24.40 a	3.49 ab
AH Leonardita	56.66	21.39 b	3.26 b

a , b, c: valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ )



**Cuadro 8.** Peso fresco de tallo y hoja y peso seco de tallo y hoja en cuatro tratamientos

Tratamiento	Peso Fresco		Peso Seco	
	Tallo ----(g)----	Hoja	Tallo ---(g)---	Hoja
Testigo	10.53 b	12.06 b	6.61 bc	6.86 ab
Té de V.	12.78 a	15.14 a	6.91 a	7.13 a
Lixiviado de V.	12.51 a	14.48 a	6.81 ab	7.15 a
AH Leonardita	10.17 b	11.24 b	6.52 c	6.74 b

a , b, c: valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ )



Figura 9. Crecimiento de las plántulas de tomate en los diferentes tratamientos

## 4.2. Experimento 2

Los análisis de varianza registraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 9) para la altura y el diámetro del tallo, por lo que se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias, en la cual se observaron valores superiores en el tratamiento 3 (lixiviado de vermicompost + 18-18-18), comparado con el tratamiento químico (18-18-18); estos resultados son semejantes a los reportados por Tejada *et al.* (2008) en un estudio realizado en plantas de tomate en los cuales se midieron los parámetros de crecimiento de la planta, obteniendo los valores más altos para el tratamiento de lixiviado de vermicompost a base de forrajes verdes; aunque en otros trabajos con tomate y melón también se han encontrado resultados sobresalientes con compost y vermicompost (Ravindran *et al.*, 2019; Manh *et al.*, 2014).

Así mismo, Ibrahim (2019) en un estudio sobre *Trigonella* menciona que la utilización de té de vermicompost en combinación con EDTA mejoró significativamente la altura de la planta y diámetro del tallo.

Respecto a los resultados de peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto, en esta investigación no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que Moreno-Reséndez *et al.* (2018) encontraron los valores más altos respecto a peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto, utilizando vermicompost en combinación con una solución nutritiva, lo anterior en plantas de calabacita.

**Cuadro 9.** Peso de fruto, diámetros polar y ecuatorial, altura de la planta y diámetro de tallo en cinco tratamientos.

Tratamiento	Peso de Fruto (g)	Diámetro		Tallo	
		Polar ----(mm)----	Ecuatorial	Altura (cm)	Diámetro (mm)
T1	68.15	58.63	43.38	99.94 b	4.39 ab
T2	69.74	59.21	43.88	100.18 b	4.30 b
T3	66.62	57.90	43.04	106.84 a	4.68a
T4	65.75	57.28	42.77	101.40 b	4.38 ab
T5	70.33	59.13	44.19	100.82 b	4.19 b

a, b: valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ )

En cuanto a los resultados de minerales en tejido foliar, los análisis de varianza registraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 11) para N, P, K, Ca y Mg, por lo que se realizaron las pruebas de Tukey para la comparación de medias.

La concentración de N fue mayor en el tratamiento 4 (Ac. Húmicos de Leonardita + 18-18-18) comparada con el Té de vermicompost. En el análisis de la solución de ácidos húmicos no se encontraron concentraciones altas de N, sin embargo, Canellas *et al.* (2015) mencionan que las sustancias húmicas contienen cantidades significativas de nutrientes, como N y S, que pueden usarse como un soporte nutritivo para la horticultura.

Así mismo en estudios previos realizados por Gravel *et al.* (2010) se habla sobre la utilización de fertilización orgánica comparándola con la fertilización convencional, en donde se sugiere que las plantas de tomate en sistemas orgánicos, pueden absorber N selectivamente.

Por otra parte, la concentración de N en el tejido vegetal no varió significativamente entre los tratamientos Testigo absoluto, Té de vermicompost, Lixiviado de vermicompost y el testigo con dosis completa de fertilización química (18-18-18), lo que indica que los fertilizantes orgánicos pudieran sustituir en parte a la fertilización química en cuanto a N.

En cuanto al P se refiere, las comparaciones múltiples de medias mostraron que el testigo con fertilización completa (18-18-18) tuvo mayores concentraciones de P en el tejido vegetal comparado con el tratamiento testigo (sin fertilización), lo que indica que el suelo estaba deficiente de este elemento.

Por otra parte, los tratamientos 2 (500 mL Té de vermicompost + 500 mL 18-18-18), 3 (500 mL Lixiviado de vermicompost + 500 mL 18-18-18), 4 (Ac. Húmicos de Leonardita + 18-18-18) y 5 (18-18-18) fueron estadísticamente iguales en este mineral, lo que indica que los fertilizantes orgánicos contribuyen en aportar el P que requieren las plantas.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Yeakub *et al.* (2017), quienes evaluaron biofertilizantes a base de compost, combinados con fertilizantes

químicos, en donde se detectaron valores significativamente altos de P, K, Mg y Fe en tejido foliar seco en plantas de tomate.

En la determinación de potasio las comparaciones múltiples de medias mostraron que los tratamientos 1 (Testigo absoluto), 2 (Té de vermicompost + 18-18-18), 3 (Lixiviado de vermicompost + 18-18-18) y 5 (18-18-18) fueron estadísticamente iguales en este mineral. También se encontró que el testigo con fertilización completa (18-18-18) fue superior al tratamiento 4 (Ac. Húmicos de Leonardita + 18-18-18).

Para las variables de Ca y Mg el testigo con fertilización completa tuvo menores concentraciones de estos elementos que los tratamientos con aportaciones orgánicas y el testigo. Estos resultados se pueden atribuir a que la aplicación de sustancias húmicas a través del compost puede mejorar el uso de nutrientes en las plantas; por lo tanto son ideales para su uso en lugar de la regulación sintética del crecimiento vegetal (Xiao-xia *et al.*, 2019).

Así mismo Yeakub *et al.* (2017) mencionan que las sustancias a base de compost promueven un aumento en la absorción de minerales y su posterior transferencia a frutos; por otra parte cuando hay una cantidad elevada de K en la solución de suelo, se tiende a disminuir la absorción de Ca y Mg, es por ello que se muestran menores concentraciones de estos elementos en las plantas fertilizadas con el tratamiento químico(18-18-18) (Karnataka, 2011; Wanli *et al.*, 2016).

Es necesario mencionar que los valores obtenidos en el presente trabajo están dentro de los rangos reportados como normales u óptimos (Cuadro 10) por (Jones, 2007)

**Cuadro 10.** Niveles de elementos esenciales en la planta de tomate.

Elemento	Rango Normal	Deficiente
	(%)	
Nitrógeno (N)	2.8-6	< 2.0
Fósforo (P)	0.3-0.9	< 1.2
Potasio (K)	2.5-6	< 1.5 vegetativa ( < 2.5 en fructificación)
Calcio (Ca)	0.9-7.2	< 1.0
Magnesio (Mg)	0.4-1.3	< 0.3

Fuente: Jones (2007)

**Cuadro 11.** Análisis de minerales en tejido foliar (N, P, K, Ca y Mg).

Tratamientos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	(%)				
Testigo	2.12 ab	0.42b	1.35 ab	6.48a	0.90 ab
Té de VC	1.62 b	0.45ab	1.79 a	7.11 a	0.97 a
Lixiviado de VC	1.92 ab	0.52ab	1.14ab	5.91ab	0.77abc
Ac.Húmicos de Leonardita	2.33 a	0.44 ab	0.91 b	5.98ab	0.69 bc
18-18-18	2.14 ab	0.61 a	1.87 a	4.45b	0.55 c

a, b, c: valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ )

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. Experimento 1

Los fertilizantes orgánicos pueden cubrir las necesidades de la plántula de tomate. Los mejores fertilizantes orgánicos fueron té de vermicompost y lixiviado de vermicompost.

### 5.2. Experimento 2

El empleo combinado de abonos orgánicos y fertilizantes químicos cubre las necesidades del tomate sin afectar la nutrición de la planta y se reduce el empleo de fertilizantes químicos. Los mejores tratamientos fueron té de vermicompost y lixiviado de vermicompost combinados con una dosis baja de fertilización química.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo-Alcalá, P., J. Cruz-Hernández, y O. Taboada-Gaytán. 2020. Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(1):35-44.

Akinuoye-Adelabu, D.B., S. Steenhuisen, and E. Bredenhend. 2019. Improving pea quality with vermicompost tea and aqueous biochar: Prospects for sustainable farming in Southern Africa. *South African Journal of Botany*. 123:278-285.

Alcántar, G. G., T.L. Trejo, P.L. Fernández, y M.M. Rodríguez. 2016. Elementos esenciales. In: *Nutrición de cultivos*, 2nd ed.; Alcántar G., G., L. I. Trejo T. y F. C. Gómez M., eds.; Colegio de Postgraduados: México City, Méx., pp. 23-55

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, R. Atiyeh, and J.D. Metzger. 2004. Effects of vermicomposts produced from foodwaste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49 (4):297–306

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger, and C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paperwaste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93 (2):139–144.



- Arancon, N.Q., C. A. Edwards, S. Lee, and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: S65–S69.
- Arancon, N.Q., C. A. Edwards, R. Dick, and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plantgrowth impacts. *BioCycle* 48(11):51-52.
- Arancon, N.Q., J.D. Owens, and C. Converse. 2019. The effects of vermicompost tea on the growth and yield of lettuce and tomato in a non-circulating hydroponics system. *Journal of Plant Nutrition*. 42: 2447-2458
- Atiyeh, R.M., N.Q. Arancon, C.A. Edwards, and J.D. Metzger .2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75:175-180.
- Atiyeh, R.M., S. Lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon, and J.D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84(1): 7- 14.
- Beltrán- Morales, F.A., A. Nieto-Garibay, J.S. Murillo-Chollet, F.H. Ruiz-Espinoza, E. Troyo-Dieguez, J.A. Alcalá-Jauregui y B. Murillo-Amador. 2019. Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana* 37(4): 371-378.

Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In: *Methods for Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*; Norman, A.G., ed.; Amer. Soc. Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA, pp. 1149-1178.

Canellas, L.F., N. Olivares, D. Aguiar, A. Jones, P. Nebbioso, and A. Piccolo. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulant in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 196:15-27.

Castellanos, J.Z., and J.L. Ojodeagua. 2011. Manejo de la fertirrigación del tomate de invernadero en suelo. In: *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. ed.; Intagri, Celaya, Méx., pp. 187-204.

Cavell, A.J. 1955. The colorimetric determination of phosphorus in plant materials. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 6:479-480.

Da-Bing, Xu., W. Qiu-Jun, Wu. YunCheng, Y. Guang-Hui, S. Qi-Rong and H. Qi-Wei. 2012. Humic-Like substances from different compost extracts could significantly promote cucumber growth. *Pedosphere* 22(6): 815–824.

Duplessis, G.L., and A.F. Mackenzie.1983. Effects of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. *Canadian Journal of SoilScience* 63: 749-751.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. *Statistical Yearbook. Agricultural production*. Available online: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Accessed on 12 October 2019).

Gravel, V.W., E. Blok, C. Hallmann, H. Carmona-Torres, A. Wang, A. De Peppel, M. Condor, U. Dorais, E. Meeteren, E. Heuvelink, and A. Van Bruggen. 2010. Different in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 797–806.

Ibrahim, H.A.K. 2019. Effect of foliar application of compost water extract, humic acid, EDTA and micronutrients on the growth of fenugreek plants under sandy soil condition. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16(12): 7799-7804.

IFDC-UNIDO. 1998. *Fertilizer manual*. International Fertilizer Development Center. Reference manual R-1. Kluwer Acad. Publishers. Muscle Shoals, Alabama. U.S.A. 615 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Mapa Digital de México V6.3

Available online: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?coordinates=> (Accessed on: 12 October 2019).

Ingham, R.E. 2005. The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Corvallis, Oregon.

USA.79 p.

Jones, J.B. 2007. Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden. 2<sup>a</sup>.

Ed. CRC Press. Boca Raton, FL. USA. 420 p.

Karnataka, J. 2011. Interactions of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Agricultural Science* 24 (1):106-109.

Lambers, H., T.L. Pons and F.S. Chapin. 2008. *Plant Physiological Ecology*. 2<sup>a</sup>. Ed.

Springer. New York, USA. 591 p.

Lazcano, C., L. Sampedro, R. Zas, and J. Domínguez. 2010. Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *New Forest*. 39 (3):387-400.

López-Salazar, R. 2014. Efecto de un Humato de Calcio y Fulvato de Hierro en la Calidad y Producción de Chile Jalapeño. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Agronomía, UANL, Marín, N.L.

- Manh, H., and C. Wang. 2014. Vermicompost as an important component in substrate: effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo*L). Science Direct. 8:32-40.
- Mengel, K., y E.A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4ª. Ed. Instituto Internacional del Potasio. Brasilea, Suiza. 597 p.
- Moreno, A. 2006. Origen, importancia y aplicación de vermicompost para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Moreno-Reséndez, A., J. Reyes-Carrillo, P. Preciado-Rangel, M. Ramírez-Aragón, y M. Moncayo-Lujan. 2018. Desarrollo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con diferentes fuentes de fertilización bajo condiciones de invernadero. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 6(16):145-151.
- Muñoz-Ramos, J.J. 2011. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. In: *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*; Castellanos, J.Z., ed.; Intagri, Celaya, Méx., pp. 45-92.
- National Organic Standards Board (NOSB). 2004. Compost tea taskforce final report. 2004.[www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf](http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf)

NMX-FF-109-SCFI-2007. 2008. Humus de lombriz. Especificaciones y método de prueba.

México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.

Nuez-Viñals, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa Libros Gandhi. México

D.F. 797 p.

O'Donnel, R.W.1973. The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. Soil

Science 116:106-112.

Ravindran, B., S. Ryong-Lee, S. WoongChang, D. Duc-Nguyen, W. Jin-Chung, B.

Balasubramanian, H. Allan-Mupambwa, M. Valan-Arasu, N. Abdullah-Al-Dhabi, and

G. Sekaran. 2019. Positive effects of compost and vermicompost produced from

tannery waste-animal fleshing on the growth and yield of commercial croptomato

(*Lycopersicon esculentum* L.) plant. Journal of Enviromental Management 234:154-

158.

Reyes-García, M. 2019. Los Tecnoparques Hortícolas Sociales en el estado de Nuevo

León. XVI Simposio Nacional de Producción de Cultivos en Invernaderos.

Rippy, J., M. Peet, F. Louws, P. Nelson, D. Orr, and K. Sorensen. 2004. Plant development

and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems.

HortScience. 39(2): 224-229.

Rodríguez-Rodríguez, R., J.M. Tabares-Rodríguez, y J.A. Medina-San Juan. 1996. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 13-14 p.

Ryabova, I.N. 2010. Organomineral sorbent from shubarkol coal. *Solid Fuel Chem.* 44(5):335-338.

Salgado-García, S., y R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Editorial del Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 115-127 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Available online: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> (Accessed on: 10 October 2019).

Servicio Meteorológico Nacional. 2019. Available online: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado> (Accessed on: 12 October 2019).

Tejada, M., J.L. González, M.T. Hernández., and C. García. 2008. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology* 99(14):6228-6232.

- Vázquez-Vázquez, P., M. García-López, M. Navarro- Cortez., y D. García-Hernández. 2015. Efecto de la Composta y Té de Composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios 36:1351-1356.
- Velasco- Hernández, E., R. Nieto-Ángel., y E.R. Navarro- López. Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. 2011. 3ª. Ed. Mundi-Prensa. Texcoco, México. 126 p.
- Wanli, G., N. Hussain, L. Zongsuo and Y. Dongafeng. 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. The Crop Journal 4:83-91.
- Xiao-Xia, G., L. Hong-tao and W. Shu-biao. 2019. Humic substances developed during organic waste composting: formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. Science of the Total Environment. 662:501-510.
- Yeakub, K., H. Manjurul, M. Hossain, R. Mizanur, and M. Zahangeer. 2017. Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by Trichoderma enriched biofertilizer and their relationship with the soil environments. Journal of Integrative Agriculture 16(3): 691–703.