

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de Té de Composta y Microorganismos Promotores de Crecimiento  
Vegetal en un Cultivo de Espinaca

Por:

**LAURA ADRIANA MATA HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México  
Febrero, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de Té de Composta y Microorganismos Promotores de Crecimiento  
Vegetal en un Cultivo de Espinaca  
Por:

**LAURA ADRIANA MATA HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Silvia Yudith Martínez Amador  
Asesor principal

M.C. Laura María González Méndez  
Coasesor

Dra. Daniela Alvarado Camarillo  
Coasesor

Dr. Alonso Méndez López  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Febrero, 2019



## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por permitirme reír ante mis logros que son resultado de su cuidado, guía y amor y sobre todo por darme tiempo para realizar mis sueños.

### **A mi familia**

Por ser mi fortaleza e inspiración, un ejemplo de amor y lucha constante.

A mis padres Adrián Mata y San Juana Hernández quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre, son mi mejor ejemplo de honestidad, responsabilidad y confianza que he tenido en la vida; su paciencia, dedicación y apoyo son mi motivación para crecer día con día.

A mis hermanos Nancy, Marcela, Juan, Cristina, Sergio, Guadalupe, Emilia y Karina; ustedes con su amor me han enseñado a salir adelante, gracias por su paciencia, por su preocupación, por compartir su vida conmigo, pero sobre todo gracias por estar siempre, por alentarme a seguir luchando.

A mis cuñados Efraín, Erick, Andrés, Brenda y Verónica; gracias por no dudar en brindarme su apoyo, su confianza y su cariño incondicional.

A mis sobrinos; a ti Elián por el amor que me regalaste desde antes de conocernos, por las sonrisas y las aventuras juntos desde el día de tu nacimiento, a Camila y Saraí por enseñarme el valor de la lealtad y el amor por la familia, por sus constantes muestras de cariño y las miles de sonrisas y aventuras, a Isabela por mostrarme que la lucha constante te hace triunfadora, por la enorme fortaleza y las grandes lecciones de vida que me enseñas, por mostrarme que se puede conseguir lo que se propone, mi pequeña guerrera, a Eduardo por sus sonrisas y esa paz que me trasmite y necesito a cada paso, Adrián, Andrew y Aylinn que nos muestran que a pesar de la distancia el amor florece.

A mi tío Juan mata y su familia, gracias por su apoyo hasta el final, por ser un segundo padre para mí, ofrecerme su hogar y por sus enseñanzas y consejos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser uno de los cimientos para cumplir esta meta, por abrirme las puertas al conocimiento y nuevas experiencias, tan importantes para crecer como profesionista y ser humano.

A mis asesores por formar parte de este proyecto, por sus consejos y aporte de conocimientos para concluir este trabajo.

En especial a la Dra. Silvia Yudith Martínez Amador por permitirme realizar este proyecto, su apoyo constante, su guía y disponibilidad durante este período fueron claves para concluir la investigación.

A mi familia por estar a pie de cañón, por ser el pilar de fortaleza, por estar conmigo y apoyarme incondicionalmente.

A mis amigos Diana, Elizabeth, Mario, Manuel, Gilberto, Boanerges, Fernando y Gerardo por las grandes experiencias vividas, por convertirse en una familia, por la confianza, por sus consejos y sobre todo por su apoyo constante.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	IX
RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.1 OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
3. HIPÓTESIS.....	5
4. . REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
4.1. La composta como fertilización orgánica.....	6
4.2 El té de composta en la agricultura .....	7
4.3 La espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) .....	7
4.4 Biofertilizante.....	8
4.5 Microorganismos como estimulantes de crecimiento.....	8
4.6 Microorganismos utilizados como biofertilizante .....	9
4.6.1 Azospirillum brasilense .....	9
4.6.2 Glomus intraradices .....	9
4.7 Inoculación de semillas con microorganismos .....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
5.1 Ubicación .....	11
5.2 Metodología de inoculación .....	11
5.3 Lavado y desinfección de las semillas .....	11

5.4 Inoculación de las semillas de espinaca con <i>Azospirillum brasiliense</i> + <i>Glomus intraradices</i> .....	12
5.5 Preparación del sustrato y llenado de charolas de germinación .....	12
5.6 Siembra y trasplante .....	13
5.7 Fertilización mineral Steiner .....	14
5.8 Té de composta .....	15
5.9 Parámetros evaluados .....	15
5.10 Evaluación del crecimiento de crecimiento vegetal .....	15
5.11 Tratamientos .....	18
5.12 Diseño Experimental .....	18
5.13 Análisis Estadístico .....	18
5.14 Modelo Estadístico .....	19
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
6.1 Peso seco de la hoja .....	20
6.2 Peso seco de la raíz .....	22
6.3 Peso seco tallo .....	24
6.4 Área foliar .....	26
7. CONCLUSIONES .....	28
8. REFERENCIAS .....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lavado y desinfección de semillas de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ).13	
Figura 2. Siembra de semillas charolas de plástico. .... 14	14
Figura 3. Retiro de plantas de maceta y separación de variables. .... 16	16
Figura 4. Primer muestreo después del trasplante/hoja. .... 16	16
Figura 5. Segundo muestreo/ tallo. .... 17	17
Figura 6. Quinto muestreo/ raíz. .... 17	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sustancias y materiales usados en lavado, desinfección e inoculación de material vegetal. ....	13
Tabla 2. Compuestos químicos (medida y peso), utilizados para preparar 20 litros de solución mineral (Steiner, 1984). ....	15
Tabla 3. Distribución y abreviatura de los tratamientos. ....	18
Tabla 4. Resultados obtenidos de la prueba de medias de tukey (0.05) para el peso seco de la hoja del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ). ....	21
Tabla 5. Resultados obtenidos para el peso seco de la raíz del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ) con los diferentes tratamientos. ....	23
Tabla 6. Resultados obtenidos para el peso del tallo del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ) con los diferentes tratamientos. ....	25
Tabla 7. Resultados obtenidos para el peso seco de área foliar del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ) con los diferentes tratamientos. ....	27



## ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Comparación de medias del peso seco de la hoja en espinaca (Spinacia oleracea) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo. ....	21
Gráfica 2. Comparación de medias del peso seco de la raíz en espinaca (Spinacia oleracea) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo.....	23
Gráfica 3. Comparación de medias del peso seco del tallo en espinaca (Spinacia oleracea) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo (T). ....	25
Gráfica 4. Comparación de medias del peso seco del área foliar en espinaca (Spinacia oleracea) del tratamiento TCM y M que mostraron mayor efectividad comparados con el testigo (T). ....	27

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. El objetivo fue conocer el efecto de té de composta y microorganismos *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices* comparándola con la fertilización mineral en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*). Se inocularon y sembraron semillas de espinaca con los tratamientos Té de composta (TC), Té de composta más fertilización mineral (TCM), Fertilización Mineral (M), Té de Composta más inoculación *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices* (TCB), Inoculación (B), Inoculación más fertilización mineral (BM) y testigo (T), con un diseño experimental completamente al azar. Los parámetros que se evaluaron fueron peso seco de la hoja, peso seco de raíz, peso seco de tallo y área foliar, se evaluaron de forma individual por medio de siete muestreos que se llevaron a cabo de manera semanales. Para el quinto muestreo se detectó un aumento en la materia seca de hoja y raíz con el tratamiento de TCM. En el tallo la mayor acumulación de peso seco se mostró en los tratamientos TCM (3.09) y TC (1.66) para el quinto muestreo, esta misma tendencia mostraron estos mismos tratamientos para el área foliar (1343.9 para TCM Y 696.59 para TC) respectivamente. Se encontró que el té de composta tiene una mejor respuesta en el cultivo cuando se aplica en combinación con minerales.

Palabras clave: té de composta, minerales, *Azospirillum brasiliense*, *Glomus intraradices*.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas, además de ser fuente proveedor de otros elementos necesarios como minerales, agua, microorganismos (hongos, bacterias) y materia orgánica. La materia orgánica es un componente importante del suelo cuyas funciones son de carácter físico, nutrimental y biológico; los suelos agrícolas que se explotan de forma intensiva la pierden; sin embargo, la materia orgánica se puede reponer mediante la adición de compostas, materiales que mejoran la estructura del suelo a través de la interacción de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias húmicas que contienen, y las arcillas del suelo (Barzegar *et al.*, 2002; Venegas *et al.*, 2005). El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno), al cual se le deben proveer de condiciones adecuadas de humedad y temperatura para asegurar la correcta transformación de los restos orgánicos en un material húmico homogéneo libre de contaminantes y asimilable por las plantas (Román *et al.*, 2013). El aprovechamiento de los desechos orgánicos hoy en día representa una alternativa de importancia tecnológica, ecológica y económica para la obtención de composta, el cual puede ser utilizado como fertilizante orgánico y mejorador de los suelos, por lo que, tanto en huertos familiares como en invernaderos es posible disminuir la aplicación de fertilizantes mediante el uso de estos abonos orgánicos; es en este aspecto donde la composta tiene un papel determinante y reduce la inversión que se realiza para adquirir los fertilizantes inorgánicos (Gómez *et al.*, 1999; Vázquez *et al.*, 2015).

La importancia fundamental del uso de abonos orgánicos obedece a que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la fácil liberación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos (Mosquera *et al.*, 2010). Recientemente, uno de los abonos orgánicos que ha estado siendo fuertemente impulsado para su aplicación es el té de composta, ya que además de su aporte de nutrientes representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial (NOSB, 2004; Vázquez *et al.*, 2015).

El té de composta, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos, este producto también se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersion foliar como aplicado al sustrato (Ingham, 2005).

El uso de los biofertilizante en los sistemas agrícolas es cada vez más popular ya que estos son una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, amigable con el medio ambiente y favorece a la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Alfonso *et al.*, 2005). Actualmente se están empleando algunos microorganismos (hongos micorrícicos y algunas especies de bacterias) como biofertilizante en la agricultura, ya que a estos se les atribuyen beneficios que están relacionados con su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martínez, 2002; Alfonso *et al.*, 2005). Rout y Southworth (2013), describen que al interactuar las plantas con los microorganismos se genera un microbioma, estos se asocian a una planta en particular y pueden habitar en sus hojas, tallos, flores, semillas, tejidos y raíces. Se han realizado numerosas investigaciones para identificar especies de microorganismo presentes en la rizosfera de distintas plantas; Soroa-Bell *et al.* (2009), aislaron los microorganismos de la rizosfera de *Gerbera jamesonii*, obteniendo cinco especies de hongos de los géneros *Glomus* y *Scutellospora* y cuatro géneros dominantes de bacterias que fueron *Pseudomona*, *Azospirillum*, *Bacillus* y *Streptomyces*.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto del té de composta y co-inoculación de *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices* en el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca.

### **2.1 OBJETIVO ESPECIFICO**

- Comparar el crecimiento y desarrollo de un cultivo de espinaca regado con té de composta contra la fertilización mineral
- Evaluar el efecto del té de composta fortificado en el crecimiento y desarrollo de la espinaca
- Analizar el papel de la co-inoculación en semilla de espinaca.

### **3. HIPÓTESIS**

La aplicación de té de composta en combinación con microorganismos incrementa el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca, debido a la presencia de los microorganismos benéficos ayudan a hacer más disponibles y asimilables los minerales para las plantas.

## **4. . REVISIÓN DE LITERATURA**

Anualmente se produce una cantidad considerable de residuos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pero solo una cierta parte de esta es aprovechada directamente para la alimentación humana, dejando una gran cantidad de desechos, los cuales se convierten en una potencial fuente de contaminación ambiental. El aprovechamiento de estos residuos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes mediante su transformación en abonos orgánicos, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a mejorar o mantener muchas propiedades del suelo (David Ramos Agüero y Elein Terry Alfonso, 2014).

### **4.1. La composta como fertilización orgánica**

La composta es el proceso biológico de transformación de restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable mediante la acción de algunos microorganismos sobre la materia orgánica en condiciones controladas, y que sirve como abono para los cultivos. Para la elaboración de la composta se puede emplear cualquier materia orgánica con la condición que no se encuentre contaminado con metales pesados o altas poblaciones de microorganismos provenientes de heces fecales. Algunas materias primas se pueden obtener de restos de cosechas, abonos verdes, hojas y ramas picadas, desechos de cocina, estiércol de animales, plantas marinas, algas y plantas acuáticas (Restrepo *et al.*, 2014).

Los fertilizantes orgánicos aportan nutrientes al suelo, que pueden ser utilizados por las plantas (Gros y Domínguez, 1992; Huerta *et al.*, 2006), mejoran la actividad biológica, mejora la capacidad de absorción y retención de la humedad del suelo, ayudando a liberar nutrientes haciéndolos más disponibles para las plantas, además, son amigables con el medio ambiente ya que sus ingredientes son naturales aumentando la materia orgánica (Gómez *et al.*, 2011).

## **4.2 El té de composta en la agricultura**

El té de composta es un formulado orgánico obtenidos mediante la fermentación de la composta realizando en fase líquida (Paneque *et al.*, 2012), puede utilizarse como fertilizante debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos (Ingham, 2005). Esta solución puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero (Rippy, 2004). El té de composta se ha utilizado para prevenir enfermedades en cultivos, mediante la aspersión foliar (Ingham, 2005) o aplicado directamente al sustrato. González *et al.*, (2013), reportaron incremento en la biomasa seca de raíz de lechuga nutridas con té de vermicomposta. Ochoa-Martínez *et al.*, (2009), compararon el efecto de la nutrición del cultivo de tomate mediante té de composta contra solución nutritiva convencional, no encontraron diferencias estadísticas en los resultados de área foliar entre los tratamientos, sin embargo, destacan que no se observaron síntomas de deficiencia con el uso de té de composta.

## **4.3 La espinaca (*Spinacia oleracea* L.)**

La espinaca se encuentra dentro de la familia de las *Amaranthaceae*. La espinaca es una hortaliza de hojas comestibles, está considerada como una de las hortalizas con más alto índice de elementos nutritivos (INEGI, 1997). En México su producción puede desarrollarse durante todo el año, es una planta herbácea con sistema radicular poco profundo y vigoroso, tiene un tallo muy corto y rudimentario, con raíz alargada, las hojas son lisas o vesiculares, triangulares, ovales o acorazonadas, de color verde claro u oscuro, de consistencia diversa, pueden ser erectas, semi-erectas o rastreras, crecen en forma de roseta o ramillete radical (INEGI, 1997).



#### **4.4 Biofertilizante**

Los microorganismos benéficos intervienen en diversas funciones esenciales para las plantas con las que se asocian, ejemplos de estas son que facilitan la captación de agua, producen fitohormonas del crecimiento que favorecen la producción de raíces adventicias, incrementan la tolerancia de la planta a la sequía y salinidad, protegen a la planta de patógenos (Garza *et al.*, 2003).

Los biofertilizante son un grupo de inoculantes a base de microorganismos del suelo que se asocian directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecen su nutrición y modifican su desarrollo; además son productores de hormonas de crecimiento que estimulan funciones de absorción de nutrientes en las raíces (Garza *et al.*, 2003). Los biofertilizante permiten una producción a bajo costo, protegen el medio ambiente, favorecen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Acuña, 2011).

Dentro de los microorganismos benéficos del suelo se encuentran las bacterias fijadoras de nitrógeno y las promotoras del crecimiento, así como los hongos que forman micorrizas, algas y micro-algas, entre otros.

#### **4.5 Microorganismos como estimulantes de crecimiento**

Aunque no se sabía de la existencia de las bacterias hasta el descubrimiento de determinados animales microscópicos, su aplicación para estimular el crecimiento de las plantas ha sido explotada desde la antigüedad. Kloepper y Schroth (1981), introdujeron el término "rizobacterias" refiriéndose a las comunidades bacterianas del suelo, que competitivamente colonizaban las raíces de las plantas y estimulaban su crecimiento, reduciendo de este modo la incidencia de enfermedades en ellas. También se les ha denominado a estas rizobacterias benéficas como PGPR (Plant growth-promoting rhizobateria) (Cook, 2002). Son bacterias libres del suelo que pueden directa o indirectamente facilitar el enraizamiento y crecimiento de las plantas (Mayak y cols, 1999; Benjumeda, 2017). Álvarez y Díaz (2009), mencionan que desde hace varias décadas se vienen desarrollando estudios sobre cómo y porqué estas PGPR son beneficiosas para las plantas, se conoce que la estimulación se desarrolla a través de dos mecanismos fundamentales, uno directo y otro indirecto.

- I. Estimulación directa: El metabolito producido por la bacteria es capaz de estimular el crecimiento del vegetal. A través de este mecanismo se desarrollan procesos tales como fijación de nitrógeno y producción de sustancias reguladoras del crecimiento.
- II. Estimulación indirecta: La estimulación es indirecta cuando la bacteria es capaz de liberar una o varias sustancias o metabolitos que intervienen en procesos que mejoran el crecimiento vegetal como los de producción de sustancias que movilizan nutrientes, producción de antibióticos y producción de sustancias que inducen la resistencia sistémica en algunas plantas.

## **4.6 Microorganismos utilizados como biofertilizante**

### **4.6.1 Azospirillum brasilense**

Bacterias asociadas cuya función principal es la fijación de nitrógeno (Garza *et al.*, 2003). Productores de fitohormonas y metabolizadores de la materia orgánica de los suelos. Ejerce un efecto sinérgico con los elementos nutricionales aplicados a la planta, dando como resultado un mayor desarrollo y productividad. El efecto promotor del producto sobre el desarrollo de la planta se debe a múltiples mecanismos. Uno de los principales beneficios que se obtienen con su aplicación es su alta capacidad para aumentar la producción de fitohormonas, tales como la auxina natural ácido indolacético (Vega *et al.*, 2016)

### **4.6.2 Glomus intraradices**

Hongo asociado al 85% de las plantas terrestres, incrementa la absorción de fósforo (P), lo cual es benéfico para las plantas, cuando se asocia con bacterias fijadoras de nitrógeno cubre la demanda de P para la formación de adenosintrifosfato (ATP) y producen hormonas que regulan el crecimiento de las raíces secundarias, lo que aumenta el área de exploración de la planta y, en consecuencia, puede tolerar más la sequía (Garza *et al.*, 2003).

#### **4.7 Inoculación de semillas con microorganismos**

La ventaja de una buena inoculación es proveer a cada semilla de una cantidad adecuada y suficiente de hongos y bacterias en excelente estado fisiológico para lograr un efectivo desarrollo radicular ya que indudablemente los suelos se han degradado debido a la fertilidad química y física (Biogea, 2019).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Ubicación**

La presente investigación se llevó a cabo en el Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Esta consistió de dos fases de evaluación; la primera se desarrolló en el invernadero número dos de la Subdirección de Operaciones de Proyectos, y consistió en evaluar la capacidad del té de composta y los microorganismos promotores de crecimiento para mantenerse en la estructura vegetal de la planta. La segunda fase se realizó en el laboratorio de Biotecnología del área de Fisiología Vegetal donde se evaluó la capacidad del té de composta y estos microorganismos para promover el crecimiento y desarrollo de la estructura vegetal de la planta.

### **5.2 Metodología de inoculación**

Para realizar esta investigación se inocularon semillas de espinaca con la bacteria *Azospirillum brasiliense* + hongo *Glomus intraradices* las cuales después fueron sembradas.

### **5.3 Lavado y desinfección de las semillas**

El acondicionamiento de la semilla de espinaca previo a la inoculación con los microorganismos, consistió de un lavado y desinfección, mediante el siguiente procedimiento: se contaron 400 semillas de espinaca y se colocaron en un matraz Erlenmeyer con una capacidad de 500 ml, a estas semillas se le agregaron 200 ml de una solución de TWEEN 20 al 2%, el matraz se agitó de forma manual durante 10 minutos, después de enjuagaron 10 veces con agua destilada, después estas fueron sumergidas en 200 ml de etanol al 96% durante un minuto manteniéndose en agitación, pasado este tiempo se retiró el etanol y se colocaron en vaso de precipitado con 200 ml de hipoclorito de sodio, se mantuvieron en agitación durante cinco minutos, después de este tiempo, las semillas se enjuagaron cinco veces con

un periodo de tres minutos cada uno en una solución estéril de tiosulfato de sodio al 2% y finalmente se enjuagaron 10 veces con agua destilada estéril. Se dejaron secar completamente al aire libre.

#### **5.4 Inoculación de las semillas de espinaca con *Azospirillum brasiliense* + *Glomus intraradices*.**

Para la inoculación de las semillas de espinaca, se preparó 50 ml de la solución de goma arábica al 1%, a esta solución se le agrego 20 gotas de colorante azul, y 9 ml del de la solución biofertilizante (mezcla de *Azospirillum brasiliense* + *Glomus intraradices*), y se adicionó 1 ml de goma arábica y se mezcló bien para homogenizar la solución; posteriormente se colocó 10 ml de la mezcla inoculante sobre las semillas contenidas en un frasco para laboratorio tipo GL 45 con tapa, y se agitó el frasco vigorosamente hasta que las semillas se tiñeron de azul, después se les retiro el excedente y se dejaron secar al aire libre.

En el caso de las semillas utilizadas para el tratamiento testigo absoluto se realizó un procedimiento similar al anterior, la diferencia fue que para estas semillas no se utilizó ningún microorganismo en la mezcla, únicamente se les agrego la solución de goma arábica al 1%, dejándose secar al aire libre (figura 1).

#### **5.5 Preparación del sustrato y llenado de charolas de germinación**

La siembra de las semillas se hizo en charolas de germinación de plástico de 200 cavidades previamente rellenas con sustrato de peat moss el cual se humedeció hasta un punto de saturación.

El sustrato utilizado para el trasplante consistió de una mezcla de suelo agrícola, peat moss y perlita en una proporción en volumen de 1:1:1, el cual se homogenizo por medio de varios volteos y posteriormente el sustrato se esterilizo en una autoclave en el laboratorio de fisiología vegetal con el propósito de evitar la interferencia de microorganismos extraños y ajenos al estudio.

**Tabla 1.** Sustancias y materiales usados en lavado, desinfección e inoculación de material vegetal.

<b>Sustancias</b>	<b>Materiales</b>
Tween 20 %	Semilla de espinaca
Agua destilada	Frasco para laboratorio GL 45
Etanol 96%	Matraz Erlenmeyer
Hipoclorito de sodio (NaClO)	Charolas de germinación de 200 cavidades.
Tiosulfato de sodio 2% (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
Agua destilada estéril (H <sub>2</sub> O)	
Inoculante <i>Azospirillum brasilense</i> / <i>Glomus intraradices</i>	
Goma arábica	
Colorante Azul	



**Figura 1.** Lavado y desinfección de semillas de espinaca (*Spinacia oleracea*).

## 5.6 Siembra y trasplante

La siembra de las semillas previamente inoculadas se hizo en las charolas de germinación de plástico previamente rellenas con la mezcla de sustrato antes descrito, ésta consistió en colocar una semilla por cavidad y cubiertas con el mismo sustrato; posteriormente, las charolas se colocaron en el invernadero para la germinación a una temperatura promedio de 28° C. Diecinueve días después de la emergencia de las plántulas, se trasplantaron a 174 macetas de plástico de tres litros de capacidad, manteniéndolas en el invernadero para evaluar el efectos de los tratamientos.



**Figura 2.** Siembra de semillas charolas de plástico.

### **5.7 Fertilización mineral Steiner**

Para la fertilización de las plántulas se utilizó la solución Steiner (1984) (Cuadro 2), la aplicación de la solución nutritiva al 25% de concentración se inició a los ocho días después de la emergencia de las plántulas, ocho días posteriores se aumentó al 50% de concentración de la dosis aplicada y se mantuvo así hasta el trasplante y hasta completar su ciclo vegetativo. En lo que se refiere al té de composta, este se aplicó una vez por semana, se intercambió la forma de elaboración, una semana aeróbica la siguiente anaeróbica.

Para el manejo de plagas se usó Bralic un repelente natural ecológico y biodegradable a base de extracto de ajo (*Allium spp*: al 12.5% y DiPel DF (*Bacillus thuringinnsis* var. *Kurstaki*).

**Tabla 2.** Compuestos químicos (medida y peso), utilizados para preparar 20 litros de solución mineral (Steiner, 1984).

<b>Compuesto químico</b>	<b>Cantidad</b>
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	0.81 g
Nitrato de calcio (Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	2.6 g
Sulfato de potasio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.6 g
Cloruro de potasio (KCl)	2.24 g
Fe + micro mix	1.6 g
Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	1.38 ml
Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	4.0 ml
Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0.49 ml

Los compuestos químicos se diluyeron en 20 litros de agua para los tratamientos minerales, se pesó la misma cantidad de los reactivos para 20 litros de té de composta para los tratamientos correspondientes. Se colocaron 500 ml de solución por planta, los riegos se distribuyeron cada ocho días con solución mineral y cada tres días con agua corriente.

### **5.8 Té de composta**

Para preparación del té se utilizó composta madura (5 meses) hecha a partir de residuos orgánicos vegetales-animales y estiércol de vaca (80:20). El del té de composta se realizó incorporando 1 kg de composta por cada 20 litros de agua, dejando reaccionar esta mezcla por 7 días en condición aeróbica.

### **5.9 Parámetros evaluados**

Las variables evaluadas fueron peso seco de la hoja, peso seco del tallo, peso seco de la raíz, área foliar, número de hojas, altura de la planta.

### **5.10 Evaluación del crecimiento de crecimiento vegetal**

Para observar el efecto del té de composta y microorganismos a lo largo del ciclo de la espinaca, se realizaron seis muestreos, las plantas fueron retiradas de las macetas, con cuidado se cortaron en secciones, es decir, hojas, tallo y raíz.





**Figura 3.** Retiro de plantas de maceta y separación de variables.

Las hojas se separaron a partir de los peciolo, se contaron número de hojas por planta, se midió el área foliar, para ello se utilizó el integrador de área foliar LI-3100C, se colocaron las hojas una a una con el haz hacia arriba, al finalizar se colocaron en bolsas de papel y se pusieron a secar en una estufa FELISA FE-291 por un periodo de 72 horas a 70°C.



**Figura 4.** Primer muestreo después del trasplante/hoja.

El tallo se midió con el vernier digital desde el cuello hasta el término superior de la planta, también se midió el diámetro, se colocaron en bolsas de papel y se pusieron en la estufa de secado.



**Figura 5.** Segundo muestreo/ tallo.

A la raíz se le retiro cuidadosamente toda la tierra, se midió con el vernier digital, a partir del cuello hasta terminar la raíz principal, se colocaron en bolsas de papel y se mantuvieron en el horno de secado por 48 horas a una temperatura de 65 °C, transcurrido el tiempo se sacaron del horno, se colocaron en el desecador por una hora; y se obtuvieron sus pesos secos por separado.



**Figura 6.** Quinto muestreo/ raíz.

## 5.11 Tratamientos

El riego se llevó a cabo 3 veces a la semana, 2 con agua potable y uno aplicando los tratamientos, este se realizó cada viernes, durante 66 días.

En la tabla 3 muestra los tratamientos establecidos en el experimento.

**Tabla 3.** Distribución y abreviatura de los tratamientos.

No. De tratamientos	Abreviatura	Significado
1	<b>TC</b>	Te de composta
2	<b>TCM</b>	Te de composta + Minerales
3	<b>M</b>	Minerales
4	<b>T</b>	Testigo Absoluto
5	<b>TCB</b>	Te de composta + Biofertilizante
6	<b>B</b>	Biofertilizante
7	<b>BM</b>	Biofertilizante + Minerales

**Nota:** El término biofertilizante hace referencia a las plantas provenientes de semillas inoculadas con *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices*.

## 5.12 Diseño Experimental

El diseño que se utilizó para el experimento fue en bloques completos al azar (BCA), ya que se buscó contrastar los efectos en los tratamientos y el testigo, bajo condiciones experimentales distintas.

## 5.13 Análisis Estadístico

A los datos obtenidos del experimento se les realizó un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey  $p \geq 0.05$ , para variables estadísticas diferentes, mediante el software InfoStat 2018, creado por la Universidad Nacional de Córdoba Argentina (Di Rienzo *et al.*, 2018).

## 5.14 Modelo Estadístico

Pedroza y Dicovskyi (2007); Padrón (1996) describen el modelo estadístico usado para el experimento.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

**t** = tratamientos

$$j = 1, 2, 3, \dots$$

**r** = repeticiones

**Y<sub>ij</sub>** = La j-estima observación de i-ésimo tratamiento.

**μ**= Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

**τ<sub>i</sub>**= Efecto j-ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

**β<sub>j</sub>** = Estimador de efecto debido al J-ésimo bloque.

**ε<sub>ij</sub>**= Efecto aleatorio de variación.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Peso seco de la hoja

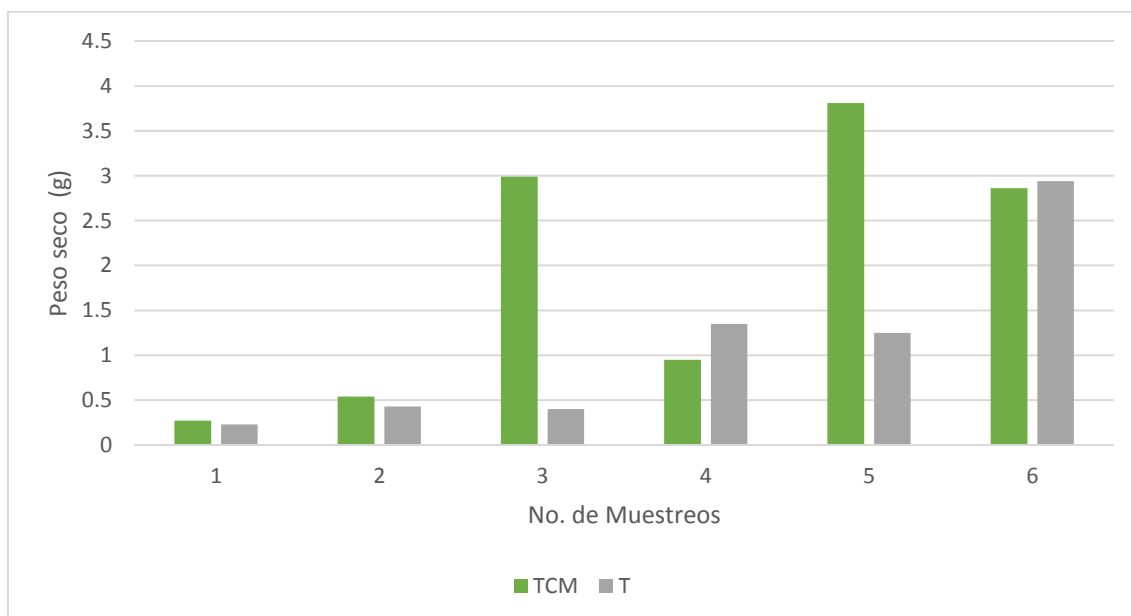
Para el peso seco de la hoja se observó que en el análisis de varianza entre tratamientos se encontraron diferencias estadísticas significativas en cada uno de los muestreos. En los muestreos 1 (0.27) y 3 (2.99), los resultados (62.97% y 90.31%, respectivamente) correspondientes a Té de composta más fertilización mineral (TCM) fueron más altos comparados con los del tratamiento Inoculación más fertilización mineral (BM) (0.1 para el muestreo 1 y 0.27 para el muestreo 2); mientras que para el muestreo 2 TCM (0.54) siguió siendo alto (68.52%) comparado con el tratamiento Inoculación (B) que tuvo 0.17. Resultados similares fueron reportados por Gonzales *et al.* (2013), quienes trabajaron con cultivos de albahaca, cilantro y lechuga, aplicándoles solución Steiner como testigo, solución de efluente de vermicomposta y solución de té de vermicomposta detectando en cilantro que la biomasa seca total de las plantas regadas con te de composta fue estadísticamente superior a los registrados en el resto de los tratamientos. Hegazi *et al.* (2014), encontraron que la combinación de fertilización mineral con té de composta aplicado vía foliar favoreció al aumento en área foliar, peso fresco y peso seco por planta. Referente al muestreo 4 los tratamientos Fertilización mineral (M) y Té de Composta más inoculación con microorganismos (TCB) mostraron diferencia significativa con un 95.81% en ambos casos sobre el resto de los tratamientos; En el muestreo 5 el Té de composta más fertilización mineral (TCM) con un 89.24% fue más alto en acumulación de peso seco que Fertilización mineral sola (B). Bonillo *et al.* (2009), encontraron que los tratamientos con té de composta y té lombricomposta mostraron una mayor tendencia a acumular peso seco y peso fresco. En el muestreo 6 no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos TC, TCM y M, aunque el tratamiento de TCM mostro un mayor peso seco durante 5 muestreos.

En general se observó una mejor respuesta en la acumulación de peso seco de hojas (biomasa) en las plantas cuando se aplicó Té de composta combinado con fertilización mineral mostrándose esta tendencia en 5 de los muestreos. Los resultados del análisis de comparación de medias de tukey para la variable peso seco se observan en la tabla 4 así como en la gráfica 1.

**Tabla 4.** Resultados obtenidos de la prueba de medias de tukey (0.05) para el peso seco de la hoja del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*).

Tratamiento	Peso seco de la Hoja (g)					
	No. Muestreros					
	1	2	3	4	5	6
TC	0.17 bc	0.26 cd	0.81 c	0.16 c	2.42 ab	0.95 b
TCM	0.27 a	0.54 a	2.99 a	0.95 bc	3.81 a	2.86 a
M	0.25 a	0.46 ab	1.72 b	3.81 a	1.58 bc	2.09 a
T	0.23 ab	0.43 abc	0.4 c	1.35 bc	1.25 bc	2.94 a
TCB	0.16 cd	0.36 abdc	0.42 c	1.7 b	0.69 c	1.01 b
B	0.17 bc	0.17 d	0.55 c	0.25 c	0.41 c	0.39 b
BM	0.1 d	0.27 bcd	0.29 c	0.41 bc	0.43 c	0.77 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). TC = Té de composta, TCM = Té de composta más fertilización mineral, M = Fertilización Mineral, T = Testigo, TCB = Té de Composta más inoculación *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices*, B = Inoculación, BM = Inoculación más fertilización mineral.



**Gráfica 1.** Comparación de medias del peso seco de la hoja en espinaca (*Spinacia oleracea*) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo.

## 6.2 Peso seco de la raíz

En el análisis de varianza para la variable peso seco de raíz se encontró que en el primer muestreo las raíces de la planta con el tratamiento TC fueron estadísticamente superiores, de igual forma en el segundo muestreo este tratamiento fue numéricamente superior. De tal manera que en los muestreos 1 y 2 TC fue superior a BM en un 66.67% para el muestreo 1 y 60% para el muestro 2. En la comparación para el muestreo 3 el tratamiento TCM fue mayor en un 95.46% al BM que fue el tratamiento con los datos más bajos. Solano *et al.* (2013), encontraron que según la biomasa obtenida en las plantas se presentó un mayor crecimiento de raíz en las plantas de albahaca y lechuga nutridas con el té de vermicomposta, seguido de la solución Steiner. En el muestreo 4 el tratamiento TCM fue el que obtuvo un valor más alto con un 84.22% mayor a B; para el muestreo 5 el tratamiento TCM fue mayor a TC con un 93.11%, por último, en el muestreo 6 no hubo diferencia significativa. Resultados similares a los encontrados fueron mostrados por Kim *et al.* (2015), en el que las aplicaciones del té de vermicomposta aumentaron significativamente el crecimiento de brotes y raíces de la planta analizada, como la lechuga de hoja roja, el maíz dulce y la soja. Bethe *et al.* (2017), determinaron que el té de composta aplicado vía foliar en espinacas de agua aumentó el peso en raíces, por lo tanto, mayor hubo una mayor acumulación de materia seca.

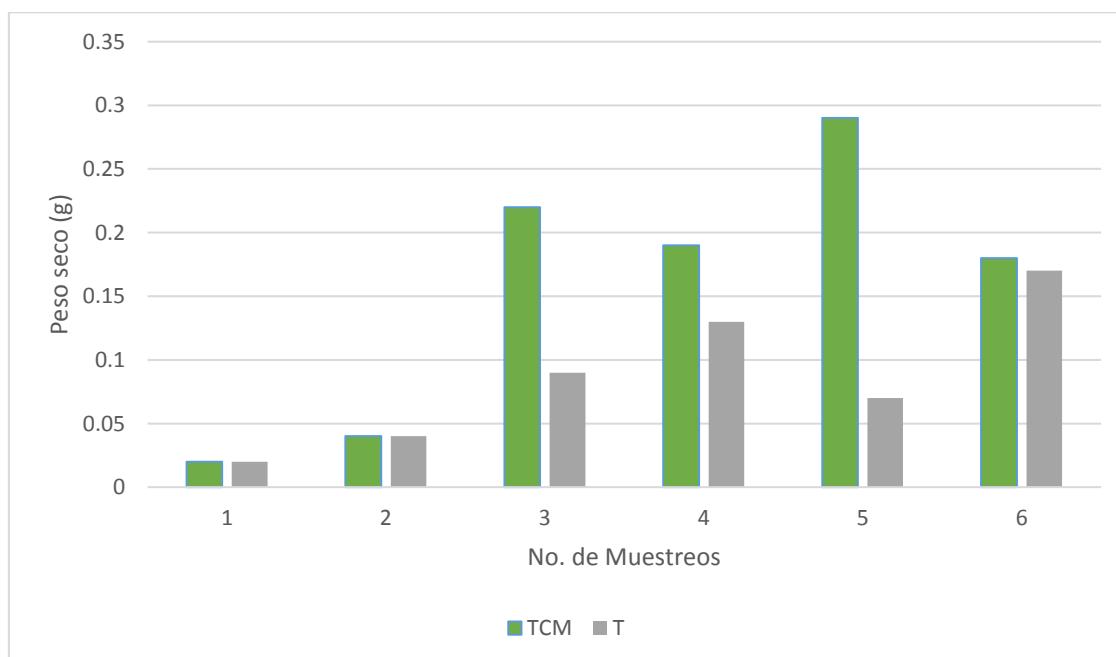
En los resultados de este parámetro el tratamiento de té de composta + minerales mostro mayor diferencia estadística en 5 de los muestreos, por lo que se determinó que fue superior estimulando el aumento en el peso seco en raíz.

Comparación de medias del peso seco se observan en la tabla 5 así como en la gráfica 2.

**Tabla 5.** Resultados obtenidos para el peso seco de la raíz del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) con los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Peso seco de la raíz (g)					
	No. Muestreo					
	1	2	3	4	5	6
<b>TC</b>	0.03 a	0.05 a	0.07 bcd	0.09 ab	0.17 b	0.14 a
<b>TCM</b>	0.02 b	0.04 ab	0.22 a	0.19 a	0.29 a	0.18 a
<b>M</b>	0.02 b	0.04 a	0.11 b	0.17 ab	0.08 bc	0.26 a
<b>T</b>	0.02 b	0.04 a	0.09 bc	0.13 ab	0.07 c	0.17 a
<b>TCB</b>	0.02 bc	0.04 ac	0.06 cde	0.08 ab	0.05 c	0.07 a
<b>B</b>	0.02 bc	0.02 bc	0.04 de	0.03 b	0.02 c	0.02 a
<b>BM</b>	0.01 c	0.02 c	0.01 e	0.03 ab	0.02 c	0.08 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). TC = Té de composta, TCM = Té de composta más fertilización mineral, M = Fertilización Mineral, T = Testigo, TCB = Té de Composta más inoculación *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices*, B = Inoculación, BM = Inoculación más fertilización mineral.



**Gráfica 2.** Comparación de medias del peso seco de la raíz en espinaca (*Spinacia oleracea*) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo.



### **6.3 Peso seco tallo**

En el cuadro 6 se presentan los resultados generados de la prueba de medias de tukey ( $\alpha=0.05$ ) de los datos de peso seco del tallo, se identificó diferencia estadística significativa entre tratamientos en todos los muestreos realizados, los tratamientos TCM, M y T fueron los que registraron los valores más altos en los muestreos 1, 2, 4 y 6 siendo estos tratamientos estadísticamente iguales entre ellos, pero superiores al resto (TC, TCB, B, y BM). El tratamiento TCM también fue estadísticamente superior en los muestreos 3 y 5 (1.35 y 3.09, respectivamente), superando a todos los demás tratamientos (TC, M, T, TCB, B, y BM) que se ubicaron en el rango de 0.1 a 0.54 y 0.26 a 1.66 en los muestreos citados, respectivamente. De manera general los tratamientos B y BM fueron los que presentaron los valores más bajos en esta variable.

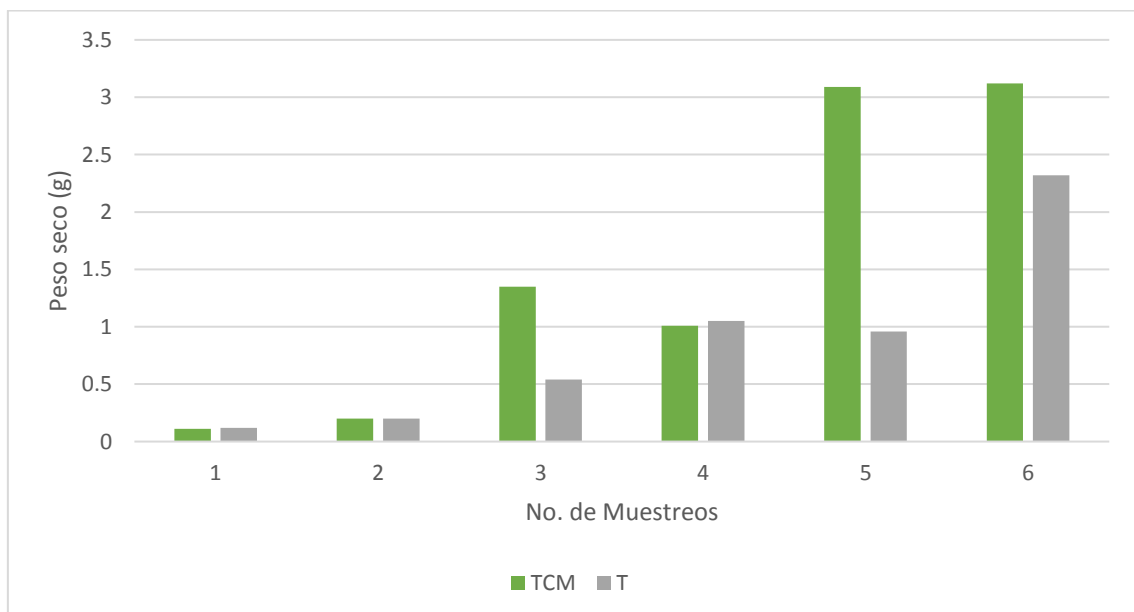
En los resultados de este parámetro el tratamiento de té de composta + minerales mostro mayor significancia estadística en 4 de los muestreos, por lo que se determinó que fue superior estimulando producción de peso seco en raíz.

Los resultados del análisis comparación de medias de tukey del peso seco se observan en la tabla 6 así como en la gráfica 3.

**Tabla 6.** Resultados obtenidos para el peso del tallo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) con los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Peso seco del tallo (g)					
	No. Muestreo					
	1	2	3	4	5	6
TC	0.08 b	0.15 abc	0.45 bc	0.13 b	1.66 b	1.01 c
TCM	0.11 a	0.2 abc	1.35 a	1.01 ab	3.09 a	3.12 a
M	0.13 a	0.2 ab	0.41 bcd	1.89 a	1.44 bc	2.99 a
T	0.12 a	0.2 a	0.54 b	1.05 ab	0.96 cd	2.32 ab
TCB	0.06 b	0.13 bc	0.22 cd	1.01 ab	0.63 d	1.99 b
B	0.07 b	0.09 c	0.36 bcd	0.27 b	0.34 e	0.32 c
BM	0.04 b	0.13 bc	0.1 d	0.38 ab	0.26 e	0.77 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). TC = Té de composta, TCM = Té de composta más fertilización mineral, M = Fertilización Mineral, T = Testigo, TCB = Té de Composta más inoculación *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices*, B = Inoculación, BM = Inoculación más fertilización mineral.



**Gráfica 3.** Comparación de medias del peso seco del tallo en espinaca (*Spinacia oleracea*) del tratamiento TCM que mostro mayor efectividad comparada con el testigo (T).

## 6.4 Área foliar

Para el análisis de medias de área foliar, en el muestreo 1 los tratamientos M, T y TCB no mostraron diferencia estadística significativa entre ellos, pero fueron estadísticamente superior al resto (Tabla 7). Para los muestreos 2, 3 y 5 el tratamiento de té de composta con minerales (TCM) fue más alto (183, 1032.87 y 1343.92, respectivamente) a diferencia de los inoculados e inoculados con minerales (Tabla 7). En el muestreo 4 las plantas tratadas con minerales presentaron mayor diferencia en comparación del resto de los tratamientos. Martínez *et al.*, (2004), encontraron que la fertilización con solución nutritiva obtuvo el rendimiento más alto mientras que las plantas con té de composta, té diluido y composta fraccionada obtuvieron rendimiento por debajo de esta; para el muestreo 5 el tratamiento TCM fue mayor en un 90.47% a las plantas tratadas con B. Por último, para el muestreo 6 el testigo junto con las plantas tratadas con TCB fueron numéricamente diferentes, pero estadísticamente superiores al resto de los tratamientos por lo que en comparación con TCM que fue el que mostraron valores más bajos en este muestreo hubo una diferencia de 59.01% entre ellos. Algunos resultados similares a los encontrados en los muestreos del presente trabajo se pueden comparar con los descritos por Moncayo *et al.*, (2015), quien menciona que una mayor área foliar en el cultivo de albahaca se presentó en el tratamiento de solución nutritiva de vermicomposta y arena. También Gonzales *et al.*, (2013), al estudiar un cultivo de cilantro, determinó que el área foliar y la biomasa total de plantas tratadas con té fueron estadísticamente superiores a las plantas con otros tratamientos (solución Steiner y efluente de vermicomposta).

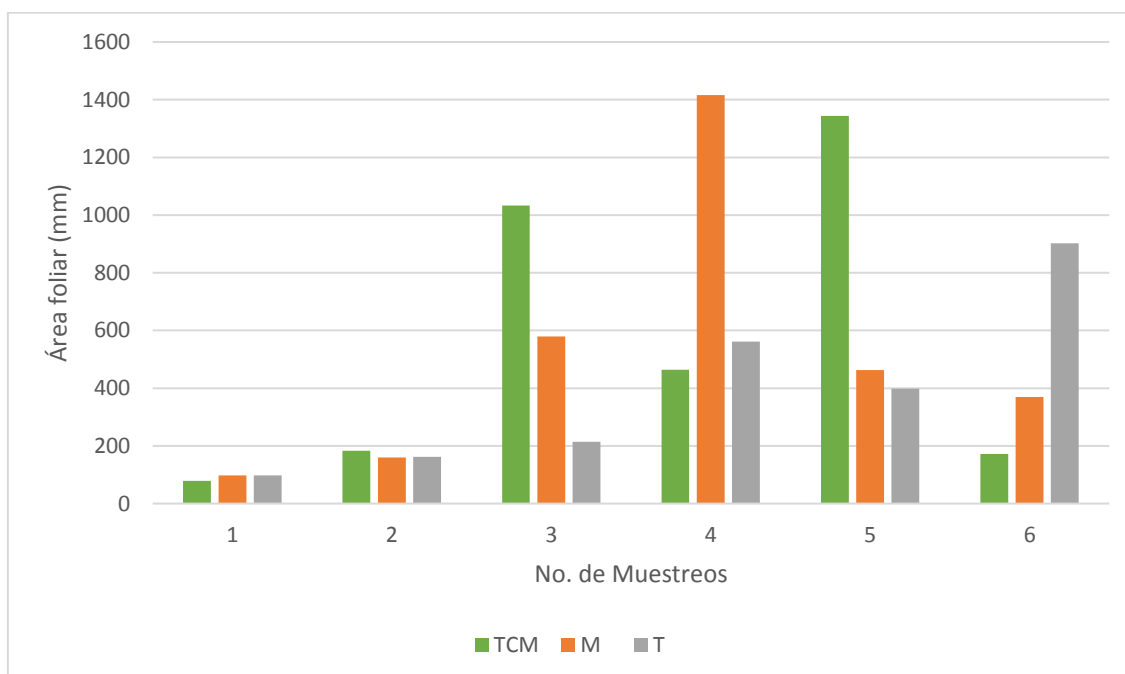
El tratamiento de té de composta + minerales mostró mayor diferencia estadística en 3 de los muestreos, por lo que se determinó que fue superior estimulando producción de peso seco en área foliar.

Los resultados del análisis de la prueba de comparación de medias del peso seco se observan en la tabla 7 así como en la gráfica 4.

**Tabla 7.** Resultados obtenidos para el peso seco de área foliar del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) con los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Área Foliar (mm)					
	No. Muestreo					
	1	2	3	4	5	6
<b>TC</b>	77.2 ab	93.63 c	415.47 bc	62.31 b	696.59 b	227.64 cd
<b>TCM</b>	78.41 ab	183.0 a	1032.87 a	463.75 b	1343.92 a	172.28 d
<b>M</b>	97.71 a	160.27 ab	579.08 b	1415.62 a	463.16 bc	369.79 c
<b>T</b>	97.99 a	162.41 ab	213.93 bc	561.78 b	398.14 cd	902.09 a
<b>TCB</b>	82.08 a	105.87 bc	167.2 c	658.32 b	278.1 cde	838.2 a
<b>B</b>	76.5 ab	61.89 c	281.14 bc	104.47 b	128.18 e	549.07 b
<b>BM</b>	51.57 b	86.52 c	126.81 c	363.84 b	196.32 de	186.89 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). TC = Té de composta, TCM = Té de composta más fertilización mineral, M = Fertilización Mineral, T = Testigo, TCB = Té de Composta más inoculación *Azospirillum brasiliense*/*Glomus intraradices*, B = Inoculación, BM = Inoculación más fertilización mineral.



**Gráfica 4.** Comparación de medias del peso seco del área foliar en espinaca (*Spinacia oleracea*) del tratamiento TCM y M que mostraron mayor efectividad comparados con el testigo (T).

## **7. CONCLUSIONES**

El té de composta fortificado con minerales aumenta la biomasa seca de raíz, tallo y de las hojas e incrementa el área foliar.

El té de composta adicionado con la solución de minerales Steiner a un 25% mostró capacidad como fertilizante para la producción de espinaca cubriendo las necesidades nutricionales requeridas por el cultivo. Los resultados en algunos casos superaron a los obtenidos con la fertilización mineral sola. Después del quinto muestreo el crecimiento de la planta disminuyó debido a la presencia de floración y producción de semillas, por lo cual la energía se concentró en estos procesos de desarrollo.

## 8. REFERENCIAS

- A.Z. Hegazi<sup>1</sup>, A. H., Algharib, A. M. (2014). Utilizing compost tea as a nutrient amendment in open filed cowpea seed production system. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*.
- Acuña, N. O. (2013). El uso de biofertilizantes en la agricultura. Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos Centro de Investigaciones Agronómicas, 2511-3062.
- Alfonso, T. E., Leyva, A., Hernández. A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombia Biotecnología*.7:47-52.
- Arroyave, S., Milena, S., Correa R. F. J. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica. *Universidad de Medellín Medellín, Colombia*, 12(23):13-34.
- Bach, A. T. & Díaz, M. (2011). Las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) en la agricultura. Instituto de Suelos.
- Barzegar, A.R., A. Yousefi y A. Daryashenas. (2002). The effect of the addition of different amounts and types of organic materials on the physical properties of the soil and the yield of wheat. *Plant Soil* 295-301.
- Bethe, L. A., Salam, MA., Kaniz F. U. & Rana, S. KM. (2017). Effects of molasses and compost tea as foliar spray on water spinach (*Ipomoea aquatica*) in aquaponics system. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(3): 203-207.
- Bonillo, M. C., Filippini, M. F., & Lipinski, V. (2015). Estudio exploratorio de concentraciones y frecuencias de aplicación de abonos orgánicos foliares en plantines de lechuga. In V Congreso Latinoamericano de Agroecología (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata).
- Cook, R. J. (2002). Advances in plant health management in the twentieth century. *Ann. Rev. Phytopathol.* 38: 95–116.
- Garza, I., Blanca, M., Vargas, V. P., Garza, G D., Casiano Y & C., Rojas, M. I., Trujillo, C. A., García, S. R., Aguirre, M. D., Martínez, G. J. C., Alvarado, M. S., Grageda, C. O., Valero, G. J., Aguirre, M. J. F. (2003). Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *INIFAP. Agricultura Técnica en México*, 29(2):213-225.
- Gómez, T.L., M.A. Gómez, R. Schwentesius, 1999. Desafíos de la Agricultura Orgánica. s.n.t. p. 224.
- Biogea, (2019). Biofertilizante. Recuperado de <http://www.biogea.mx/>
- González S., K. D., Rodríguez Mendoza, M. D. L. N., Trejo-Téllez, L. I., García Cue, J. L., & Sánchez Escudero, J. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia*, 38(12).
- Gros, A., Domínguez, A. (1992). Abonos Guía práctica de la fertilización. (8º ed.), 97-116. Ed.Mundi-Prensa. Madrid.

- Huerta, O., López, M., Pijoan, J., Cáceres, A., Soliva, M. (2006). Valoración agronómica de compost de distintas procedencias. *Infoenviro*. 12: 55-58.
- INEGI (1997). Cultivos anuales de México, VII Censo Agropecuario. México. Pp. 20.
- Ingham, R.E. (2005). *The Compost Tea Brewing Manual*. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA.,79.
- Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Hong, S. J., Park, J. H., Han, E. J., Kim, J. H. & Kim, S. C. (2015). Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce, Soybean, and Sweet Corn in Organic Cultivation. *Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science*. 31(3), 259-268.
- Kloepper, J. W., Schroth, M. N. (1981). Relationship of in vitro antibiosis of plant growth promoting rhizobacteria to plant growth and the displacement of root microflora. *Phytopathol*. 71,1020–1024.
- Knewton, S.J. B., Griffin, J. J. & Carey, E. E. (2009). Application of Two Microbial Teas Did Not Affect Collard or Spinach Yield. Department of Horticulture, Forestry, and Recreation Resources, Kansas State University, Manhattan. 44(1), 73–78.
- Martínez, C. C., Romero, L. C., & Trinidad, L. F. (2004). Lombricultura y abonos orgánicos. *Memorias III curso teorico-practico. Lombricultura tecnica mexicana. SOMOLAO. Guadalajara, Jal. Del*, 8, 11-12.
- Martínez, V. R. 2002. Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. XIII Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y resumen.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B. R. (1999). Effect of wild-type and mutant plant growth promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cuttings. *J. Plant Growth Regul*. 18,49–53.
- Moncayo Luján, M. D. R., Álvarez Reyna, V. D. P., González Cervantes, G., Salas Pérez, L., & Chávez Simental, J. A. (2015). Producción orgánica de albahaca en invernadero en Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 69-77.
- Mosquera, B., Escandón. S., Coral. P., & Puente F. N. (2010). Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la Protección del Agua.
- NOSB (National Organic Standards Board). (2004). Report of the compost tea working group. The Agricultural Marketing Service/USDA <http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf>. (Consulta: febrero 15, 2013).
- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., & Rodríguez-Dimas, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(3), 245-250.
- Paneque, V. M. y Calaña, J. M. (2004). Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. San José de las Lajas: Ediciones Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Pp. 39.

- Ramos, A. D., & Terry, A. E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Restrepo, J.M., Gómez, J., Escobar, R. (2014). Utilización de los residuos orgánicos en la Agricultura. FIDAR-Fundación para la investigación y desarrollo agrícola. P.p.7-37.
- Rippy, F.M., Peet, M. M., Louis, F. J., Nelson, P.V. (2004). Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39 (2), 223-229.
- Román, P., Martínez, M. M., Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Rout, M. E. & Southworth. (2013). The microbiome of the root influences the scales of the molecules to the ecosystems: the invisible majority. *American journal of Botany*, 100(9), 1689-1691.
- Solano, G. K. D., Rodríguez, M. M. N., Trejo-T, L. I., García, C. J. L., Sánchez, E. J. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT Interciencia. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela 38(12), 863-869.
- Vázquez, V. P., García, L. M. Z., Navarro, C. M. C., García, H. D. (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, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.* Torreón, México.
- Venegas-González, J., Lenom. C. J., Trinidad S, A., Gavi. R. F., Sánchez-G. P. (2015). Análisis químico de compost y efecto de su adición sobre la producción de biomasa en zarzamora Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Vega-Celedón, P., Canchignia, M.H., Gonzalez, M., Seeager, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. Instituto de investigaciones fundamentales en agricultura trópica. Universidad de la Habana, Cuba.