

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EVALUACIÓN DE TÉ DE COMPOSTA Y MICROORGANISMOS
PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN UN CULTIVO EN ACELGA

Tesis

Que presenta CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA
como requisito parcial para obtener el Diploma como
ESPECIALISTA EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES
DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2018

EVALUACIÓN DE TÉ DE COMPOSTA Y MICROORGANISMOS
PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN UN CULTIVO DE ACELGA

Tesis

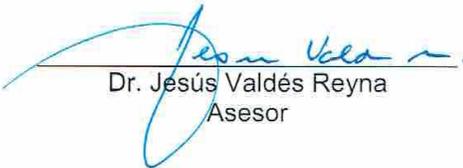
Elaborada por CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA como requisito parcial para obtener el Diploma como ESPECIALISTA EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dra. Silvia Yudith Martínez Amador
Asesor Principal



M.C. Laura María González Méndez
Asesor



Dr. Jesús Valdés Reyna
Asesor



Dra. Rosa María Garza Quiñones
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente
Subdirector de Postgrado UAAAN

Agradecimientos

A LA UAAAN

Por permitirme una vez más el adquirir conocimientos tan importantes para el desarrollo de la vida.

A CONACYT

Gracias por el apoyo económico durante mi estancia en la especialidad.

AL COLEGIO DE POSTGRADUADOS CAMPUS MONTECILLO

Gracias a la Dra. Libia Iris Trejo Téllez por proporcionarme todo el material y conocimiento para darle el seguimiento a este trabajo de investigación, también a Soledad Santiago y su esposo Víctor Hugo, por compartir sus conocimientos.

A MIS ASESORES

Gracias por compartir importantes conocimientos, consejos, momentos y experiencias que me serán indispensables en la vida. En especial a la doctora Silvia por ayudarme durante todo el proceso de este trabajo.

A CONY TELLO

Por el apoyo y orientación en todo lo administrativo. Muchas Gracias.

A MIS AMIGOS

Florina Sánchez, Gil Solís, Rafael Carranza y Andrés Pérez, por estar cuando los necesite, gracias por todo este tiempo.

A MI PRIMA

Rosa Elena y Alejandro por apoyarme en cada momento.

Dedicatoria

A DIOS

Por acompañarme en todo el camino y darme tiempo para seguir cumpliendo todo lo que me proponga.

A MERCEDES LARA

A ti por ser la mejor abuela que pude tener y cuidarme desde allá donde estás, siempre daré gracias por haber coincidido.

A MIS PADRES

Sacramento y Josefina, por estar a cada momento conmigo, por confiar y jamás dejarme sola, los quiero.

A MIS HERMANOS

Luis, Omar, Marcela, Sacramento y Carmen, por darme la fortaleza que me hacía falta y mi inspiración para seguir adelante.

A MIS ABUELOS

Isabel, Raúl y Cirilo, por enseñarme a ser fuerte siempre y porque aún en las peores circunstancias siempre van a estar ahí para ayudarme a levantar.

A MIS SOBRINOS

Luis, Joselín, Alán, Paola y Milagros por darle luz a mi vida con sus travesuras y ocurrencias.

Dedicada también a mis tíos, tías y cuñadas, por estar siempre, gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	III
Dedicatoria.....	IV
Lista de Cuadros	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Situación en México ante la producción de residuos sólidos urbanos	4
La fertilización y su problemática en la agricultura	4
El compostaje, uso de abonos orgánicos y su importancia	5
El té de composta y su uso en la agricultura	5
El Cultivo de Acelga.....	6
Variedad Fordhook Giant	6
Biofertilizante	6
Microorganismos Productores del Crecimiento Vegetal	7
Inoculación de semillas con microorganismos	7
Rizobacteria <i>Azospirillum brasilense</i>	8
Hongo <i>Glomus</i>	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Ubicación del sitio experimental	9

Metodología.....	11
Desinfección e Inoculación.....	11
Diseño Experimental	11
Análisis Estadístico	12
Modelo Estadístico.....	12
Elaboración de la Composta.....	12
Germinación y Trasplante	12
Distribución de Tratamientos.....	13
Soluciones Nutritivas	13
Riego y Aplicación de Tratamientos	14
Variables Evaluadas.....	14
Área Foliar	15
Pesos Secos	15
Análisis Nutricional	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Peso Seco de la Raíz	17
Peso Seco del Tallo.....	19
Peso Seco de la Hoja	21
Área Foliar	24
Análisis Nutricional	27
CONCLUSIÓN	30
REFERENCIAS	31

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de la fase 1 y 2 donde se desarrolló el experimento.	9
Figura 2. Ubicación geográfica de la fase tres del experimento.....	10
Figura 3. Primer muestreo después del trasplante.....	15
Figura 4. Hojas seccionadas de acelga (a), proceso de medición del área foliar (b).	15
Figura 5. Proceso de la muestra para el análisis de macro y micro nutrientes. Digestión (a), destilación para determinar nitrógeno total (b), titulación (c); y análisis de micro y macro elementos.	16

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Materiales usados para la desinfección e inoculación del material vegetativo.	11
Cuadro 2. Distribución y abreviaturas usadas en los tratamientos.....	13
Cuadro 4. Dosis y composición de los tratamientos.....	14
Cuadro 5. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco de la raíz.....	18
Cuadro 6. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco del tallo.	20
Cuadro 7. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco de la hoja.....	23
Cuadro 8. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el área foliar.....	26
Cuadro 9. Concentración de elementos en la muestra de acelga.....	28

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Comparación de medias del peso seco de la raíz en acelga.	19
Gráfico 2. Comparación de medias del peso seco del tallo en acelga.....	21
Gráfico 3. Comparación de medias del peso seco de la hoja en acelga.....	24
Gráfico 4. Comparación de medias del área foliar en acelga.	27
Gráfico 5. Concentración de N en muestras de acelga.....	29

Resumen

**EVALUACIÓN DE TÉ DE COMPOSTA Y MICROORGANISMOS
PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN UN CULTIVO DE ACELGA**

Por

CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA

**ESPECIALISTA EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES
DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS**

DRA. SILVIA YUDITH MARTÍNEZ AMADOR – ASESOR

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2018

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo conocer el efecto de la aplicación de té de composta y la inoculación con una mezcla de microorganismos *Azospirillum brasilence* y *Glomus intraradices*, contra la fertilización mineral en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* Var. Forhook Giant). El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, se establecieron un total de siete tratamientos (con el testigo) con 21 repeticiones, B= inoculación (con *Azospirillum* y *Glomus*), BM= Inoculación más fertilización mineral, M= fertilización mineral, T= testigo, TC= té de composta, TCB= té de composta más inoculación, TCM= té de composta más fertilización mineral, con un diseño de bloques completos al azar. Las variables evaluadas fueron: peso seco de la raíz, tallo, hoja y área foliar, donde se compararon individualmente los 7 muestreos. Para el análisis de varianza y comparación de medias se usó el software estadístico InfoStat, 2018. El peso seco de la raíz tuvo diferencias estadísticas significativas en los muestreos 2, 6 y 7, donde los valores más altos pertenecieron a TCM, TC y TCM respectivamente. Para el peso seco del tallo, se encontró que en todos los muestreos los valores estadísticamente más altos fueron los pertenecientes al té de composta complementados con fertilización mineral Steiner e inoculación. En el caso del peso seco de la hoja, se encontraron diferencias estadísticas en los muestreos 2, 4 y 5, siendo superiores TCM, TCB y M. En el caso del área foliar, los valores más altos los tuvieron TCM y M.

Palabras clave: Microorganismo Promotores del Crecimiento vegetal, inoculante, *Azospirillum brasilence*/*Glomus Intraradices*, Té de composta.

Abstrac

EVALUATION OF COMPOSITE TEA AND MICROORGANISMS PROMOTERS
OF VEGETABLE GROWTH IN A CELEBRATION

By

CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA

SPECIALIST IN SUSTAINABLE MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES
OF ARID AND SEMI-ARID ZONES

DRA. SILVIA YUDITH MARTÍNEZ AMADOR – ADVISOR

Saltillo, Coahuila

December 2018

ABSTRACT

This research aims to know the effect of the application of compost tea and inoculation with a mixture of microorganisms *Azospirillum brasilence* and *Glomus intraradices*, against mineral fertilization in a crop of Swiss chard (*Beta vulgaris* Var. Forhook Giant) The experiment was carried out in the facilities of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, in Saltillo Coahuila, a total of seven treatments were established (with the witness) with 21 repeats, B = inoculation (with *Azospirillum* and *Glomus*), BM = inoculation more mineral fertilization, M = mineral fertilization, T = control, TC = compost tea, TCB = compost tea more inoculation, TCM = compost tea more fertilization mineral, with a design of randomized complete blocks. The variables evaluated were: dry weight of root, stem, leaf, and leaf area, where they are compared individually 7 surveys. The analysis of variance and comparison of means was used statistical software InfoStat, 2018. Root dry weight was significant statistical differences in sampling 2, 6 and 7, where the highest values belonged to TCM, TC and TCM respectively. For the dry weight of stem, found that in all surveys statistically higher values were those belonging to the Steiner mineral fertilization and inoculation-supplemented compost tea. In the case of weight dry leaf, they were statistical differences in sampling 2, 4 and 5, being higher TCM, TCB and M. In the case of the leaf area, the highest values are the last TCM and M.

Key words: microorganism promoters of growth plant, inoculant, *Azospirillum brasilence*/*Glomus Intraradices*, compost tea.

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna, favorece la degradación de los agrosistemas y el nivel de deterioro es diferencial, dependiendo de la intensidad, frecuencia y duración de las explotaciones (Aguirre, 2009; Altieri *et al.*, 2009). Existe un gran número de alternativas sostenibles que buscan complementar o reemplazar la producción agrícola moderna y con ello minimizar el efecto de los fertilizantes químicos que contaminan al suelo y acuíferos.

Algunas de las alternativas estudiadas son el uso de biofertilizantes, compostajes, abonos verdes, preparados de composta, entre otros.

El té de composta es una solución o extracto acuoso de alta actividad biológica resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, utilizada como fertilizante, ya que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos, asimismo ha sido utilizado para prevenir enfermedades (García *et al.*, 2012; Ingham, 2005; Scheuerell y Mahaffee, 2004; Ochoa *et al.*, 2009; Salter, 2006). También, se ha demostrado que el uso de té de composta mejora el crecimiento y desarrollo en cultivos de hortalizas de hoja (Bonillo *et al.*, 2015).

Los biofertilizantes comúnmente se refieren al uso de microorganismos del suelo habitantes de la raíz, que ayudan a incrementar la disponibilidad y captación de minerales, estos son principalmente inoculados en la semilla (Aguirre *et al.*, 2009; Vassef, 2003; Martínez, 2002; y Hernández *et al.*, 1994).

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal también conocidos como PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganism) se definen como microorganismos habitantes de la rizósfera que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas, favoreciendo el crecimiento, por diferentes mecanismos como la síntesis de fitohormonas (fundamentalmente el ácido indolacético), promocionan el crecimiento de la raíz y la proliferación de los pelos radicales, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y producen sustancias quelantes del hierro (sideróforos) que aumentan su absorción por parte de las plantas. Además, intervienen en la fijación del nitrógeno (bacterias

fijadoras de nitrógeno) y aumentan la absorción de agua y nutrientes; y la absorción del fósforo (micorrizas) (Puente *et al.*, 2010).

Azospillum brasilense es una bacteria reconocida por su capacidad de promover el crecimiento vegetal en plantas de interés agrícola, fue aislada de la rizósfera y de la superficie de las raíces de una amplia variedad de plantas cultivadas y silvestres del mundo (Okon y Labandera 1994; Dobbelaere *et al.*, 1999; Camelo *et al.*, 2011).

Glomus intraradices es un hongo que habita la rizósfera de las plantas, además es una especie considerada nitrofilica, reconocida como potenciadoras de productividad en las plantas, asimismo incrementa la absorción de fósforo (Lira *et al.*, 2014; Domínguez *et al.*, 2011; Dobbelaere *et al.*, 2003).

Actualmente la agricultura moderna está agotando la capacidad de los suelos fértiles, razón aparente para el uso de nuevas alternativas que conlleven a una agricultura sostenible, razón por la cual se desarrolló el siguiente trabajo.

OBJETIVO

Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de té de composta y la inoculación con *Azospirillum brasilense*/*Glomus intraradices* en el crecimiento en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* Var. Forhook Giant).

Objetivos Específicos

- Comparar el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga regado con té de composta contra la fertilización mineral.
- Evaluar el efecto del té de composta fortificado en el crecimiento y desarrollo en acelga.
- Analizar el papel de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal en el desarrollo de los cultivos.

HIPÓTESIS

El uso de té de composta y microorganismos promotores de crecimiento vegetal, aumentan el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* Var. Forhook Giant), debido a que contiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos capaces de prevenir enfermedades.

REVISIÓN DE LITERATURA

Situación en México ante la producción de residuos sólidos urbanos

En México la cifra más reciente publicada de la generación de residuos sólidos urbanos alcanzó 53.1 millones de toneladas; expresado por habitante, alcanzó 1.2 kilogramos en promedio diariamente. De acuerdo a la composición de los residuos sólidos urbanos indicados en porcentajes, del 100% el 52.4% pertenece a residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares (SEMARNAT 2012).

Una práctica común para estos, es la transformación de residuos orgánicos domésticos en compost o abono orgánico a través de procesos biológicos (Jaramillo, 1999; Röben, 2002). En México, este sería un proceso viable para la reducción de sólidos y una alternativa para la agricultura sustentable.

La fertilización y su problemática en la agricultura

El desarrollo de la agricultura se ha gobernado por la producción cada vez más intensa, contribuyendo al uso indiscriminado de fertilizantes y otros productos químicos; de prácticas culturales que han propiciado la erosión, la pérdida de fertilidad y contaminación del suelo (Hernández *et al.*, 2010).

La producción agropecuaria tiene profundos efectos en el medio ambiente, siendo la principal fuente de contaminación de agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas, además de que los métodos agrícolas y su alcance son la principal causa de la pérdida de biodiversidad en el mundo, generando costos externos considerables (FAO, 2015).

La FAO (2015) también menciona que la contaminación por fertilizantes es producida cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos.

Conway y Pretty (1991) señalan que, con el avance en la modernización agrícola, la relación entre la agricultura y la ecología fue quebrada en la medida en que los principios ecológicos fueron ignorados y sobrepasados; llegando al consenso de

que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental por el uso excesivo de fertilizantes minerales.

El compostaje, uso de abonos orgánicos y su importancia

El compostaje es un proceso bioxidativo de fermentación aeróbica y controlado donde intervienen una gran diversidad de microorganismos, dando como resultado un abono orgánico rico en nutrientes y microorganismos benéficos para las plantas (Márquez *et al.*, 2010).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000 y Herrán *et al.*, 2008).

Hasta hace poco los desechos orgánicos han sido considerados como una fuente de contaminación y no se han valorado como el subproducto en la agricultura susceptibles a originar abonos orgánicos de calidad (Martínez *et al.*, 2004).

El té de composta y su uso en la agricultura

El té de composta o compost es un extracto líquido que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales, además representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial, también se ha demostrado que el té de compost aplicado al follaje ayuda a suprimir cierto tipo de enfermedades (Dixon y Walsh 1997; NOSB, 2004 y Kannangara *et al.*, 2006). Por todo lo anterior Rodríguez *et al.*, (2009) indican que el uso de té de compost puede ser una alternativa para la producción orgánica de cultivos.

Scheuerell y Mahaffee (2004) mencionan que en este extracto crecen poblaciones benéficas de microorganismos. El té de compost favorece a la presencia de microorganismos benéficos, los cuales protegen la hoja de microorganismos patógenos como las cenicillas, royas y bacterias (Al-Dahmani *et al.*, 2003).

El Cultivo de Acelga

La acelga (*Beta vulgaris* de la familia de las Quenopodiáceas) es una hortaliza cuya parte comestible son sus hojas. En México, esta planta tiene poca demanda comparada con otras hortalizas de hojas, como lo es la lechuga (INEGI, 1997).

La acelga es considerada como una planta semiperenne, bianual y de rebrote, es tolerante a altas temperaturas, suelos salinos y no forma raíz o fruto comestible, además tiene pocas variedades definidas, las hay de verano o de invierno, de hojas lisas o crespas; blancas o verdes que responden ampliamente a la aplicación de estiércol y abonos orgánicos (Giacconi y Escaff, 1998).

Variedad Fordhook Giant

Planta alta, vigorosa; hojas encrespadas, de color verde oscuro. Peciolos blancos, anchos y gruesos. Tolera bajas temperaturas, crece con rapidez y se adapta a gran variedad de climas (Delgado, 2016, Giacconi y Escaff, 1998).

Biofertilizante

El término biofertilizante es comúnmente usado para referirse al uso de microorganismos del suelo que ayudan a incrementar la disponibilidad y captación de minerales, estos actúan de forma directa proporcionando nutrientes para las plantas o indirectamente al influir positivamente en la raíz, crecimiento, morfología o ayudando con otras relaciones simbióticas (Vassey, 2003; Aguirre *et al.* 2009).

El empleo de biofertilizantes constituye una vía importante para atenuar la escasez de fertilizantes minerales, a la vez que contribuye a disminuir los costos de producción agrícola, además los microorganismos ayudan a mantener el equilibrio biológico, ya que no provocan alteraciones en el suelo, a la salud y al medio ambiente en general (Martínez, 1986 y Hernández *et al.*, 1994).

Los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un papel sustancial cuando la agricultura tiene necesidad de adaptar medidas conservacionistas. El desarrollo y uso de biofertilizantes se contempla como una importante alternativa

para la sustitución parcial o total de fertilizantes minerales (Grageda *et al.*, 2012 y Terry *et al.*, 2002).

Microorganismos Productores del Crecimiento Vegetal

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal conocidos también como PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganism), se definen como microorganismos habitantes de la rizósfera que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas (Puente *et al.*, 2010 y Compant *et al.*, 2005)

Bowen y Rovira (1999) mencionan algunos de los beneficios que presenta el uso de microorganismos en la agricultura, que pueden concretarse de la siguiente manera:

- a) Fitoestimulantes: estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias;
- b) Biofertilizantes: incrementan el suministro de los nutrimentos por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N₂, la solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos;
- c) Mejoradores: mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables;
- d) Agentes de control biológico de patógenos: desarrollan fenómenos de antagonismo microbio-microbio;
- e) Biorremediadores: eliminan productos xenobióticos tales como pesticidas, herbicidas y fungicidas; y
- f) Mejoradores ecofisiológicos: incrementan la resistencia al estrés tanto biótico como abiótico.

Inoculación de semillas con microorganismos

En años recientes, se ha retomado el interés de utilizar bacterias promotoras de crecimiento en la producción de cultivos. Dichas bacterias se han aplicado a semillas, tubérculos o raíces; y son capaces de colonizar las raíces de las plantas, estimular el crecimiento y rendimiento de cultivos, por lo cual una buena

alternativa para el uso moderado de fertilizantes químicos (Chanway *et al.*, 1989 y Michiels *et al.*, 1989).

Rizobacteria *Azospirillum brasilense*

Dentro de las bacterias se encuentra *Azospirillum brasilense*, que además de fijar el N-Atmosférico produce sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, estimula la tasa de aparición de pelos radiculares, aumentando la superficie específica de la raíz lo que le permite absorber más agua y minerales, además produce fitohormonas, sideróforos, solubiliza el fósforo y promueve la síntesis de hormonas que a la vez regulan los niveles de fitohormonas, (Michiels *et al.*, 1989; Okon *et al.*, 1994; Burdman *et al.*, 2000 ; Levanony, y Bashan 1991; y Loredó *et al.*, 2004).

Hongo *Glomus*

Además de las bacterias existen hongos micorrízicos, que forman asociaciones simbióticas con las raíces de las gramíneas. Estos aumentan la capacidad de captura de recursos y agua; y solubilizándolos fosfatos del suelo haciéndolos disponibles para las plantas (Vierheilig, 2004).

El hongo *Glomus*, está asociado a 85% de las plantas terrestres; incrementa la eficiencia en la absorción de P, benéfico para las plantas. Cuando se asocia con bacterias fijadoras de nitrógeno cubre la demanda de fósforo para la formación de adenosintrifosfato (ATP) y produce hormonas que ayudan a regular la producción de raíces secundarias (Garza *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en tres fases: la primera fue, en el invernadero no. 2 de la Subdirección de Operación de Proyectos Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila en donde fue establecido el experimento, la fase dos se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal y en el laboratorio de Biotecnología del Departamento de Botánica de la UAAAN y la última fase en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. La ubicación geográfica de ambas instituciones se muestra en la figura 1 y figura 2.

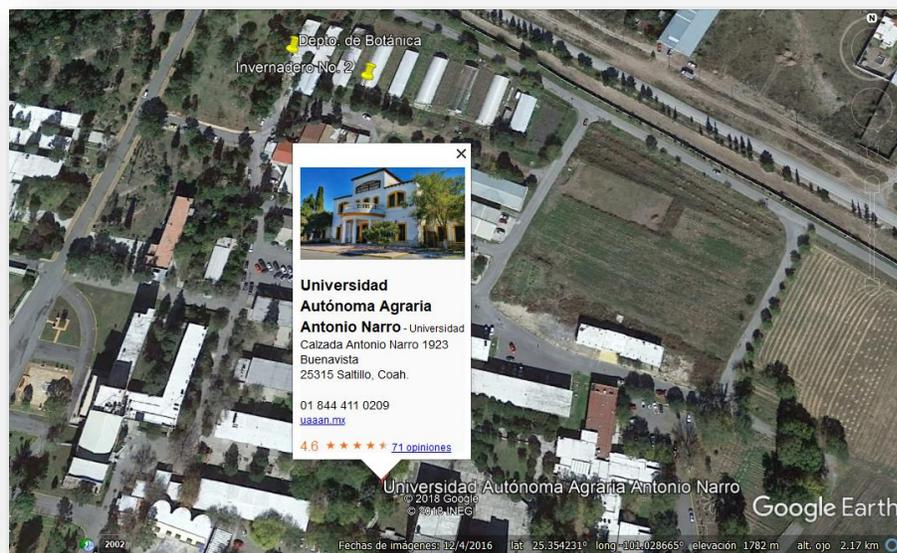


Figura 1. Ubicación geográfica de la fase 1 y 2 donde se desarrolló el experimento.

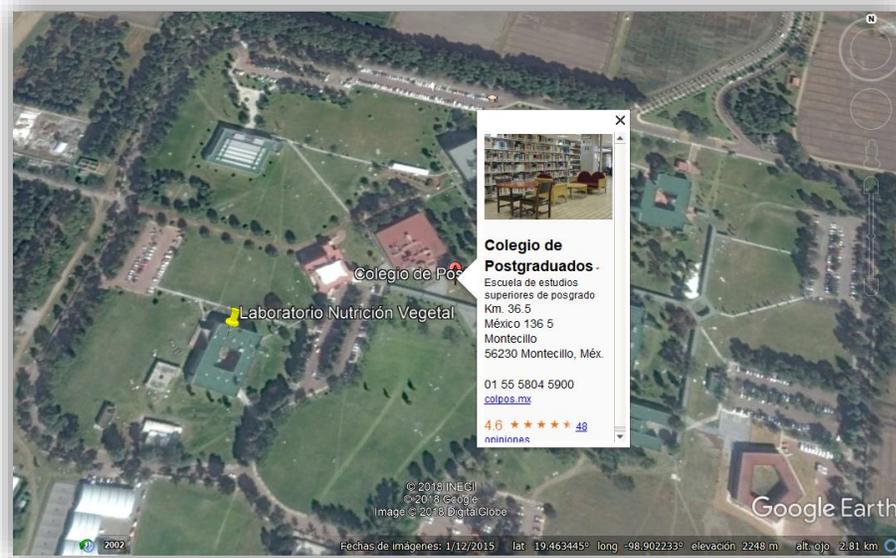


Figura 2. Ubicación geográfica de la fase tres del experimento.

Metodología

La realización del experimento se llevó a cabo en varias etapas, para cada una de ellas se utilizaron diferentes materiales, que a continuación se indican.

Desinfección e Inoculación

La desinfección e inoculación se realizó siguiendo el protocolo establecido por Pérez-García, 2017. Los materiales, equipo y reactivos usados para esta fase se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Materiales usados para la desinfección e inoculación del material vegetativo.

Material	Equipo	Reactivos
Semillas Acelga (<i>Beta vulgaris</i> Var. Forhook Giant)	Matraces Erlenmeyer 500 ml	TWEEN 20
		Agua destilada (H ₂ O)
		Etanol 96%
		Hipoclorito de sodio (NaClO)
		Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)
		Inoculante <i>Azospirillum brasillense</i> / <i>Glomus intraradices</i>
Vasos de precipitado 500 ml	Campana de flujo laminar	Goma arábica
Bolsas de plástico		Colorante Azul

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. Para esto se establecieron 6

tratamientos más el testigo, 18 repeticiones, en total 126 unidades experimentales.

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).

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_{ij} = La j -ésima observación de i -ésimo tratamiento.

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

τ_i = Efecto i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

β_j = Estimador de efecto debido al J -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

Elaboración de la Composta

El compostaje usado para el Té se preparó en las instalaciones de la UAAAN, para la cual se usaron residuos domésticos orgánicos y estiércol recolectado del establo, siguiendo el proceso descrito por Lanthier (2007).

Germinación y Trasplante

Se llenaron 4 charolas de poliestireno con sustrato, de las cuales a dos se les colocó una semilla inoculada con *Azopirillum brasilense-Glomus intraradices* por cavidad, a las otras dos charolas restantes se les agrego una semilla

desinfectada por cavidad, por último, a todas las charolas se les cubrieron las semillas y se regaron constantemente hasta la germinación.

El trasplante se llevó a cabo en el invernadero, hasta la presencia del primer par de hojas verdaderas, las plántulas fueron puestas en macetas de 3 kg que contenían una mezcla de suelo-perlita-peat most hecha en base volumen.

Distribución de Tratamientos

Como anteriormente se mencionó, el experimento fue realizado en invernadero, dentro de este se distribuyeron los seis tratamientos más el testigo, cada uno con 20 macetas. La descripción de los tratamientos se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución y abreviaturas usadas en los tratamientos.

No. Tratamiento	Abreviaturas	Significado
1	TC	Té de Composta
2	TCM	Té de Composta + Fertilización Mineral Steiner
3	M	Fertilización Mineral Steiner
4	T	Testigo Absoluto
5	TCB	Té de Composta + Biofertilizante
6	B	Biofertilizante
7	BM	Biofertilizante + Fertilización Mineral Steiner

Nota: El término Biofertilizante hace referencia a las plantas provenientes de semillas inoculadas con *Azospirillum brasilense*/*Glomus Intraradices*

Soluciones Nutritivas

Se hicieron un total de dos soluciones nutritivas, la solución mineral Steiner y el té de composta. Para la solución Steiner se tomó en cuenta la formula universal (Steiner 1984); y el té de composta se hizo respecto a la metodología descrita por Ingham (2005). Además, se usó ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado para ajustar el pH en un rango de 5.5 a 6.3, en las dos soluciones, con el fin de ayudar

con una eficiente asimilación de nutrientes por la planta, se ajustó con un PHmetro Orion Star marca Thermo Scientific.

La composición mineral para los tratamientos con fertilización mineral Steiner se hizo en dos lapsos, en el primero se aplicó la fertilización a un 25% hasta la mitad del ciclo del cultivo, para la otra mitad del ciclo se continuo con la fertilización al 50%.

Riego y Aplicación de Tratamientos

El riego se llevó a cabo 3 veces a la semana con agua potable, mientras que la aplicación de los tratamientos se realizó cada viernes, durante 4 meses. El Cuadro 4 muestra las dosis aplicadas a los tratamientos.

Cuadro 3. Dosis y composición de los tratamientos.

Tratamiento	Composición	Dosis
TC	Té de Composta	500 ml
TCM	Té de Composta + Fertilización Mineral Steiner	500 ml
M	Fertilización mineral Steiner	500 ml
T	Agua potable	500 ml
TCB	Té de composta	500ml
B	Agua potable	500 ml
BM	Fertilización mineral Steiner	500 ml

Variables Evaluadas

A los 10 días del trasplante se realizó el primer muestreo, tomando 3 plantas por tratamiento, con un total de 21 plantas que fueron llevadas al Laboratorio de Fisiología Vegetal, posteriormente fueron separadas por órganos (raíz, tallo y hoja) para ser evaluadas. La Figura 3 muestra el desarrollo de esta fase.



Figura 3. Primer muestreo después del trasplante.

Una vez dividida por órganos se inició con la primera variable evaluada, que corresponde a la medición del área foliar.

Área Foliar

En el laboratorio y con la planta de acelga seccionada, se determinó la variable utilizando el medidor de área foliar Marca LI-COR Modelo LI3100C, donde se coloca hoja por hoja de cada planta y finalmente se toman los valores del área expresados en centímetros cuadrados (mm^2). La Figura 4 muestra la medición del área foliar.

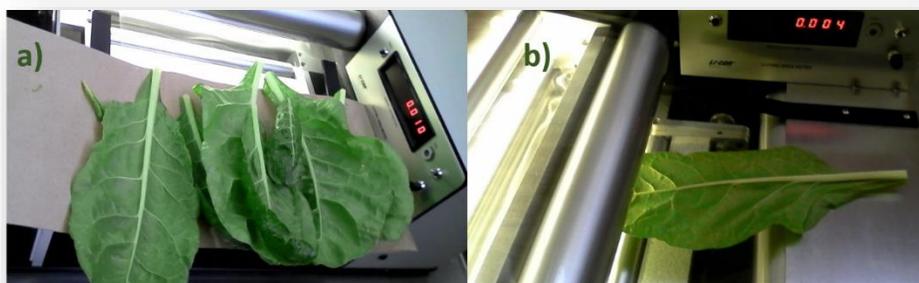


Figura 4. Hojas seccionadas de acelga (a), proceso de medición del área foliar (b).

Pesos Secos

Una vez determinada el área foliar se colocaron las muestras de raíz, tallo y hoja en bolsas de polipapel previamente identificadas, las cuales se dejaron secar en

la estufa por 48 horas a una temperatura de 65 °C, transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa, se colocaron en el desecador por una hora; y se obtuvieron sus pesos secos por separado.

Análisis Nutricional

El análisis nutricional se efectuó en el Colegio de Postgraduados en Texcoco Estado México, para la obtención de esta variable se pesaron en dos ocasiones las muestras, previamente molidas, inicialmente se pesó 0.1 g por muestra para una digestión rápida, una vez digestada fue destilada y titulada, con esto se determinó el porcentaje de nitrógeno total, posteriormente se pesó 0.25 g para una digestión lenta que determinó micro y macro nutrientes. Por último las muestras resultantes de la digestión lenta fueron analizadas en el ICP Optical Emission Spectrometer Marca Varian 725-ES, para la determinación de micro y macro elementos (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B). La Figura 5 muestra los pasos de la muestra para este proceso.

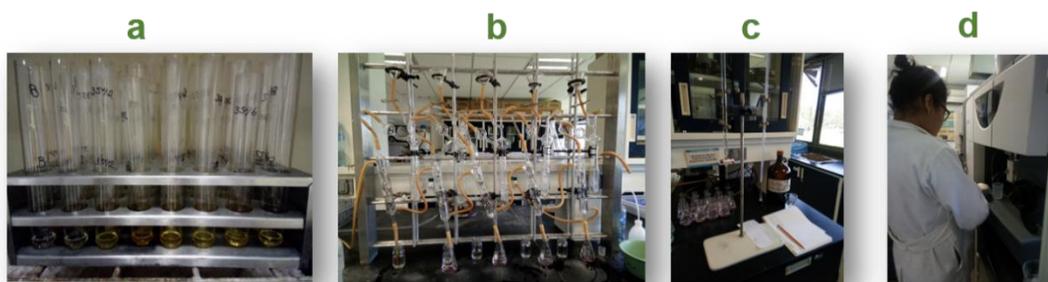


Figura 5. Proceso de la muestra para el análisis de macro y micro nutrientes. Digestión (a), destilación para determinar nitrógeno total (b), titulación (c); y análisis de micro y macro elementos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Seco de la Raíz

En la variable peso seco de la raíz no se mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos en los muestreos 1, 3, 4 y 5; para el muestreo 2 se observaron diferencias entre el tratamiento TCM que fue superior a B, el tratamiento más bajo del experimento para este muestreo, en el muestreo 6 las diferencias estadísticas se dieron entre el tratamiento TC y TCB que obtuvo un 32.69%, por último en muestreo 7 el tratamiento TCM fue el más representativo del experimento siendo el testigo el tratamiento con los valores más bajos del muestreo. Valores semejantes a los obtenidos por González *et al.* (2013), en cuanto a la biomasa seca de albahaca y lechuga, en las cuales se presentó un mayor crecimiento de la raíz al ser nutridas con té de vermicomposta, valores similares a los encontrados por Bonilla *et al.* (2015) en un cultivo de lechuga, donde los tratamientos con té de composta, té de lombricomposta y supermagro mostraron una tendencia a acumular mayor materia seca y peso fresco. Los nutrientes y sustancias promotoras que contiene el té de vermicomposta o de compost contribuyen al crecimiento de la raíz (Ingham, 2005). Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias del peso seco se observan en el cuadro 5 y el gráfico 1, en donde se muestran los valores por cada tratamiento para esta variable.

Cuadro 4. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco de la raíz.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PESO SECO DE LA RAÍZ EN ACELGA

Tratamiento	Peso seco de la raíz (g)													
	No. Muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	0.01	A	0.02	B	0.09	A	0.3	A	0.72	A	1.42	AB	2.57	AB
BM	0.01	A	0.03	AB	0.1	A	0.39	A	0.82	A	1.18	AB	1.83	B
M	0.01	A	0.03	AB	0.17	A	0.38	A	1.14	A	1.91	AB	3.25	AB
T	0.01	A	0.02	AB	0.08	A	0.46	A	0.68	A	1.17	AB	1.44	B
TC	0.01	A	0.03	AB	0.2	A	0.31	A	0.79	A	2.08	A	2.33	AB
TCB	0.01	A	0.02	AB	0.11	A	0.44	A	0.92	A	0.68	B	1.9	B
TCM	0.01	A	0.04	A	0.12	A	0.3	A	0.81	A	1.39	AB	4.06	A

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

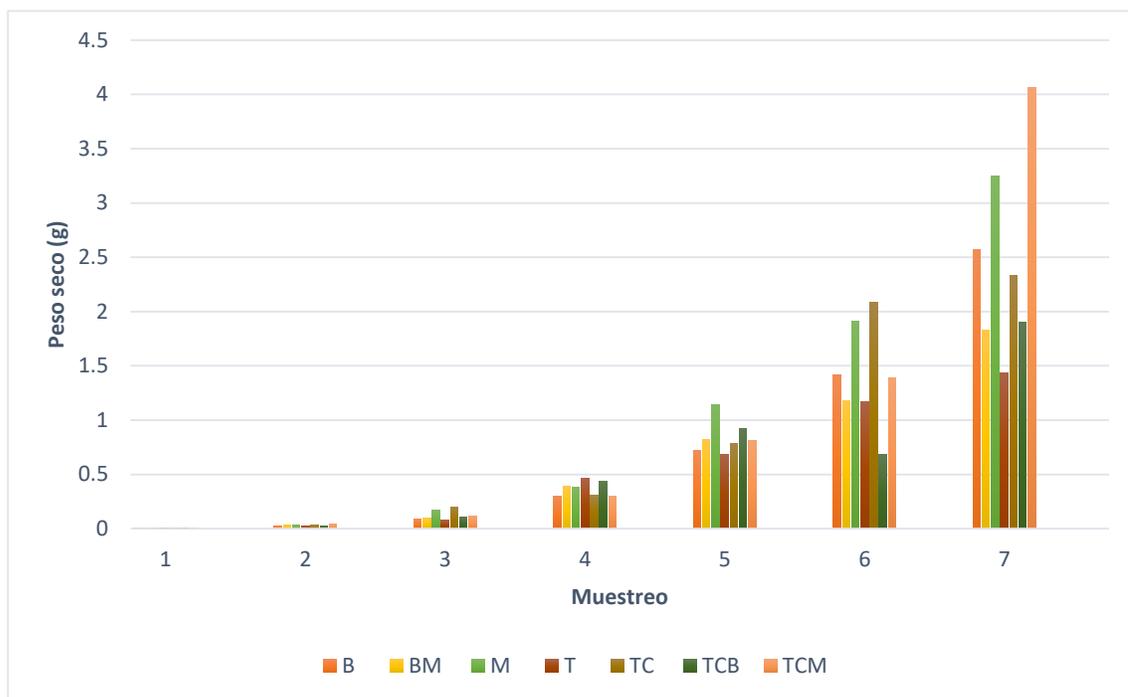


Gráfico 1. Comparación de medias del peso seco de la raíz en acelga.

Peso Seco del Tallo

En los resultados obtenidos por González *et al* (2013), la biomasa seca de tallo y hojas se incrementó con la aplicación de té de vermicomposta y la solución Steiner, por lo que concluyeron que la mayor biomasa seca total en albahaca y lechuga se obtuvo con el té de vermicomposta. Datos que sustentan los resultados obtenidos en este experimento, pues para los muestreos 1, 2, 3, 4, 5 y 7; estadísticamente los mejores tratamientos fueron los que contienen té de composta con complemento (minerales y biofertilizante), a excepción del muestreo 7 en el cual el tratamiento M fue estadísticamente el mejor, en cuanto al tratamiento más bajo en los muestreos corresponde en su mayoría a B. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6 y el gráfico 2 para dicha variable.

Cuadro 5. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco del tallo.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PESO SECO DEL TALLO EN ACELGA

Tratamiento	Peso seco del tallo (g)													
	No. Muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	2.00E-03	A	0.023	B	0.325	A	0.929	B	2.886	A	2.439	C	7.96	A
BM	2.00E-03	A	0.049	AB	0.355	A	1.384	AB	3.077	A	3.255	BC	4.941	AB
M	3.00E-03	A	0.041	B	0.618	A	1.49	AB	3.86	A	4.772	A	7.044	AB
T	3.00E-03	A	0.035	B	0.317	A	1.059	AB	2.937	A	3.267	BC	6.633	AB
TC	3.00E-03	A	0.045	AB	0.722	A	1.518	AB	3.128	A	3.029	BC	4.352	B
TCB	2.00E-03	A	0.032	B	0.428	A	1.653	A	4.075	A	3.187	BC	6.112	AB
TCM	3.00E-03	A	0.074	A	0.315	A	1.497	AB	3.768	A	3.776	AB	8.103	A

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

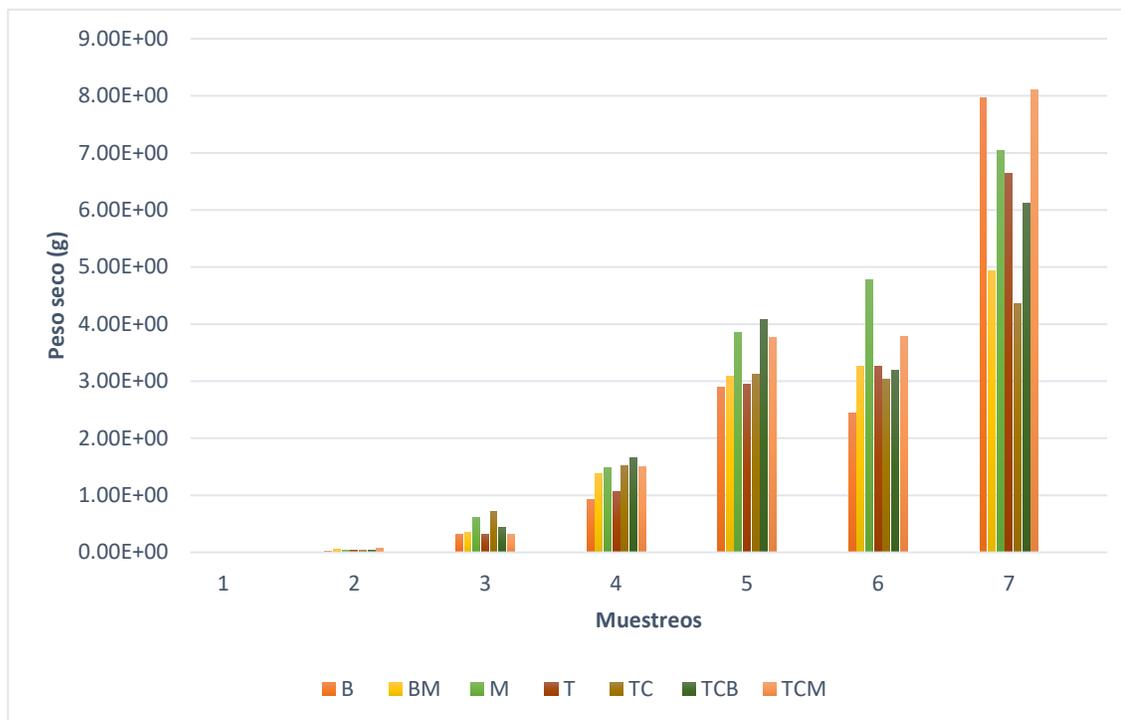


Gráfico 2. Comparación de medias del peso seco del tallo en acelga.

Peso Seco de la Hoja

El análisis de varianza de los datos para los muestreos 1, 3, 6 y 7; arrojó que no se encontraron diferencias estadísticas entre estos tratamientos, caso contrario, en el muestreo 2 que mostró diferencias estadísticas entre el tratamiento TCM que fue superior con un 55.6% al tratamiento B. Para el muestreo 4 las diferencias estadísticas se dieron entre el tratamiento TCB que fue mayor al tratamiento B con un 47.78%, por último, en el muestreo 5 se obtuvieron diferencias estadísticas entre el tratamiento M y el correspondiente a BM que tuvo un 53.98%. Resultados comparados con los obtenidos por Moncayo *et al.* (2015), quienes observaron más cantidad de materia seca en plantas con solución nutritiva, encontrando valores intermedios en la solución de composta en el cultivo de albahaca, valores que se asemejan a los obtenidos en este experimento. González *et al.* (2013) trabajaron con tres cultivos diferentes, albahaca, cilantro y lechuga, encontraron en el cilantro que la biomasa seca total de las plantas regadas con té fue estadísticamente superior a los valores

registrados en el resto de los tratamientos. Bonillo *et al.* (2015) detectaron que, en un cultivo de lechuga, los valores correspondientes al tratamiento con té de composta fueron superiores al testigo, por lo cual los tratamientos de té de composta, té de lombricomposta y supermagro muestran tendencia a acumular materia seca y peso fresco. Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias se muestran en el cuadro 7 y gráfico 3.

Cuadro 6. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el peso seco de la hoja.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PESO SECO DE LA HOJA EN ACELGA

Tratamiento	Peso seco de la Hoja (g)													
	No. Muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	0.01	A	0.12	C	0.87	A	1.65	C	5.78	AB	5.69	A	9.02	A
BM	0.01	A	0.24	AB	1.24	A	2.82	AB	4.64	B	6.31	A	7.88	A
M	0.01	A	0.2	ABC	2.03	A	2.49	ABC	8.61	A	7.29	A	12.47	A
T	0.01	A	0.15	BC	0.85	A	1.88	BC	5.78	AB	6.45	A	7.98	A
TC	0.01	A	0.23	ABC	1.92	A	2.69	AB	6.33	AB	6.27	A	7.3	A
TCB	0.01	A	0.13	BC	1.13	A	3.16	A	6.55	AB	6.76	A	9.22	A
TCM	0.01	A	0.27	A	1.17	A	2.68	AB	6.17	AB	7.26	A	10.45	A

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

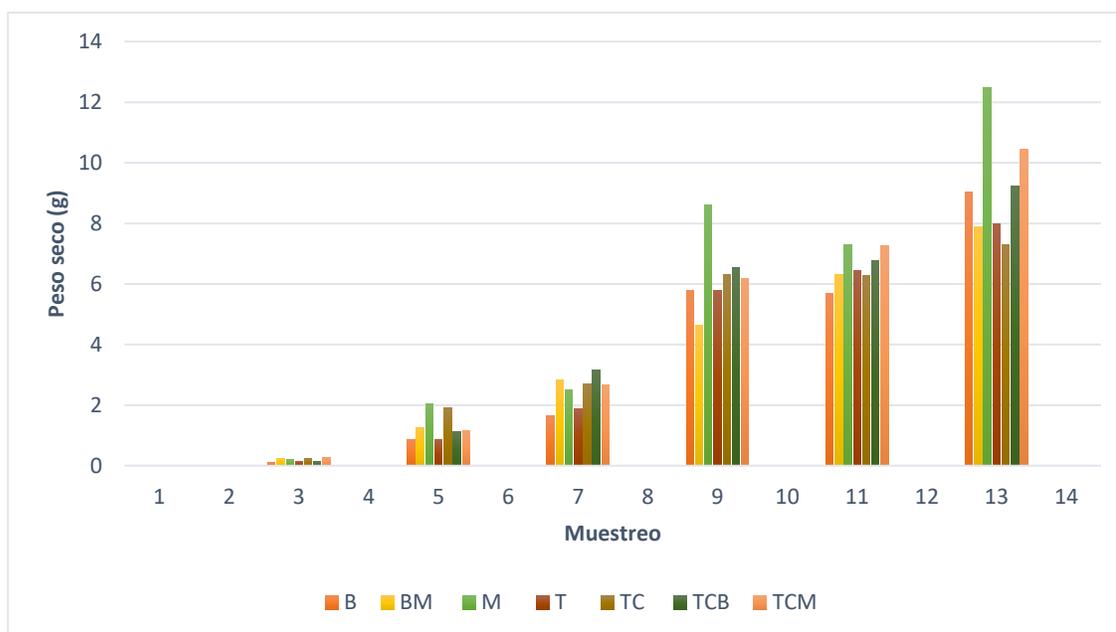


Gráfico 3. Comparación de medias del peso seco de la hoja en acelga.

Área Foliar

Los resultados para este parámetro, al igual que en las anteriores variaron respecto al tratamiento, en donde estadísticamente los mejores resultados los presentaron los tratamientos pertenecientes a la fertilización mineral Steiner (M) y té de composta con solución Steiner (TCM), presentando los valores más bajos las plantas del tratamiento B, con excepción del muestreo 7 donde las plantas del tratamiento con los valores menores fueron las del tratamiento BM. Ochoa-Martínez *et al.* (2009) concluyeron que los resultados de área foliar detectados en las plantas a las cuales se les aplicó té de composta fueron estadísticamente igual a aquellas que se les suministró solución nutritiva, por lo cual no se observaron síntomas de deficiencia con el uso de té de composta. González *et al.* (2013) encontraron que las plantas con mayor área foliar fueron las tratadas con solo solución Steiner y aquellas a las que se les aplicó té de vermicomposta registraron valores significativamente altos en comparación del efluente (lixiviados del compostaje y lombricompostaje). Las plantas que provenían de

semillas inoculadas en los tratamientos B, BM y TCB mostraron resultados estadísticamente inferiores a los obtenidos en las plantas tratadas con té de composta. Este resultado lo sustenta Uribe y Dzib (2006); y Velasco *et al.* (2001), quienes al usar microorganismos como *Azospirillum brasilense* y *Glomus Intraradices* obtuvieron rendimientos similares al testigo. Los resultados se observan en el cuadro 8 y el gráfico 4.

Cuadro 7. Resultados obtenidos mediante el software InfoStat para el análisis de varianza y comparación de medias para el área foliar.

COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL ÁREA FOLIAR EN ACELGA														
Tratamiento	Área Foliar (mm ²)													
	No. Muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7							
B	3.4	A	59.58	B	237.32	A	556.67	C	1545.69	AB	1607.35	A	2782.27	AB
BM	3.4	A	101.4	AB	348.32	A	746.72	ABC	1322.81	B	1773.95	A	1801.37	B
M	4.06	A	80.11	AB	591.06	A	833.84	ABC	2474.94	A	2039.68	A	2990.25	A
T	4.06	A	74.91	B	297.73	A	646	BC	1755.95	AB	1825.24	A	2164.13	AB
TC	4.06	A	106.19	AB	519.77	A	853.9	AB	1687.93	AB	1704.6	A	1942.56	AB
TCB	3.4	A	65.19	B	253.66	A	842.14	AB	2349.49	AB	1927.3	A	2471.4	AB
TCM	4.06	A	124.72	A	306.12	A	957.94	A	1552.06	AB	1996.33	A	2227.43	AB

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

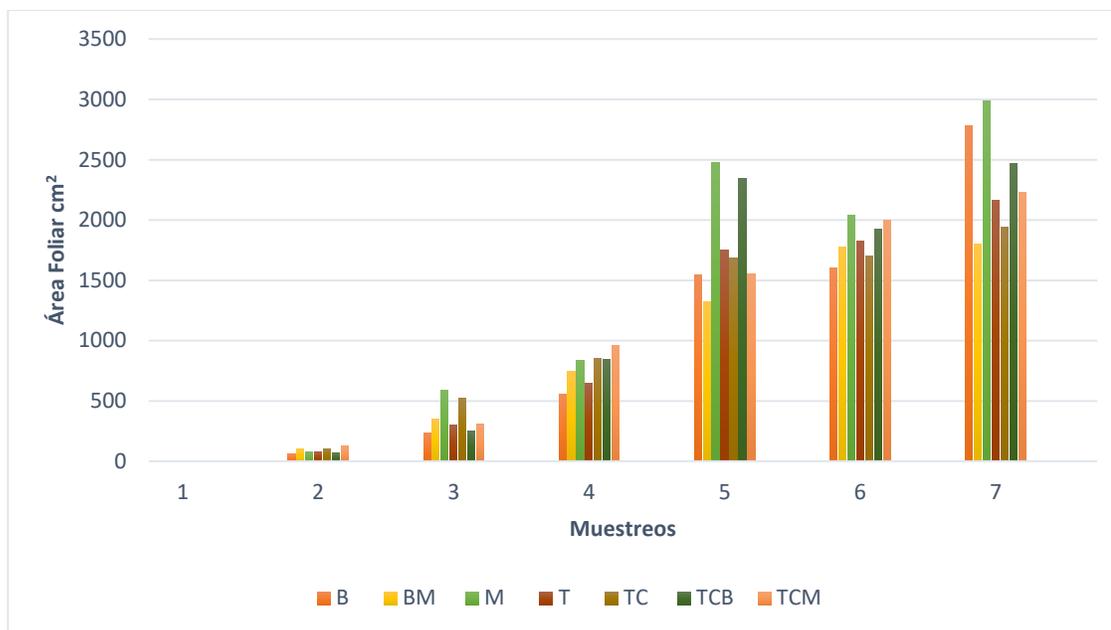


Gráfico 4. Comparación de medias del área foliar en acelga.

Análisis Nutricional

En el análisis nutricional se determinó la concentración de macro y micro nutrientes, donde se probó que los tratamientos con semillas inoculadas (B, BM y TCB), estimularon la absorción de N, siendo TCB el tratamiento con una mayor concentración, datos que sustenta, Velasco *et al.* (2001), quienes inocularon semillas de tomate con *A. brasilense* + *G. intraradix* encontrando que estos superaron los valores del testigo en cuanto a la fijación de nitrógeno en tomate de cascara. Ardakani *et al.* (2011) encontró que *Azospirillum* mostró efectos significativos en la absorción de N de la planta. La inoculación con microorganismos promueve la absorción de nitrógeno según Alagawadi & Gaur (1992); Terry *et al.* (2001); Levanony, y Bashan (1991). El Cuadro 9 muestra los resultados del análisis nutricional respecto a la concentración de elementos y el Gráfico 5 muestra la concentración de N para cada tratamiento.

Cuadro 8. Concentración de elementos en la muestra de acelga.

		Concentraciones						
Elemento	Unidad	Tratamiento						
		B	BM	M	T	TC	TCB	TCM
N	g/Kg	28.583	26.250	25.783	26.600	26.600	29.983	26.833
P	g/Kg	3.129	3.030	3.222	3.374	3.136	2.592	3.231
K	g/Kg	53.396	80.892	65.876	83.729	82.130	84.716	81.359
Ca	g/Kg	8.705	8.588	10.441	8.497	9.629	8.988	10.702
Mg	g/Kg	7.223	7.017	7.422	8.661	7.322	7.360	8.568
Fe	mg/Kg	157.590	168.941	217.008	173.761	213.537	151.668	245.557
Cu	mg/Kg	8.290	7.632	7.963	7.868	5.259	6.382	8.283
Zn	mg/Kg	19.317	19.413	25.145	12.943	25.565	15.478	31.471
Mn	mg/Kg	39.666	24.275	30.607	31.869	28.478	41.923	39.697
B	mg/Kg	54.970	52.260	52.289	49.214	54.033	54.099	60.468

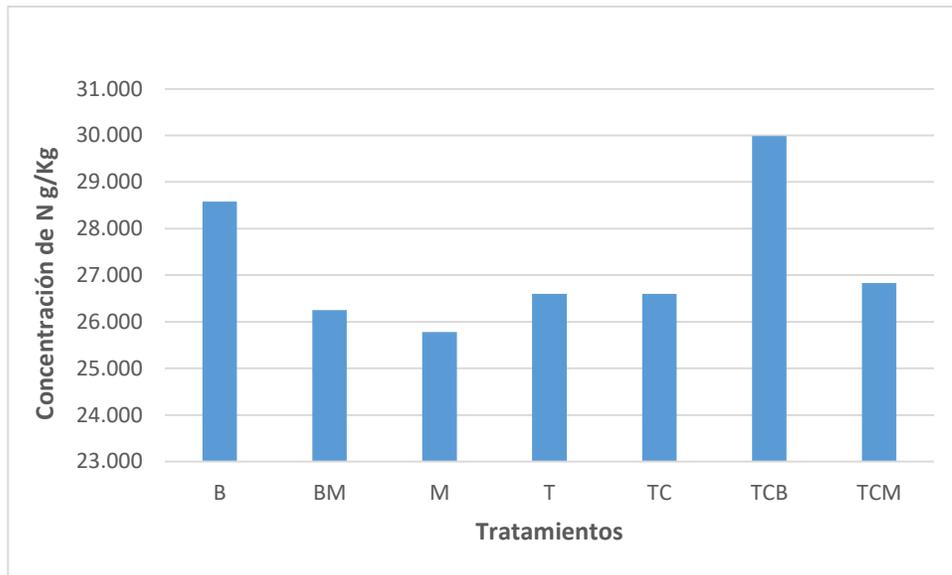


Gráfico 5. Concentración de N en muestras de acelga.

CONCLUSIÓN

Con base en los resultados anteriores, el uso de Té de Composta complementado con fertilización mineral, con inoculantes o por si solo aumenta el crecimiento y desarrollo de la acelga variedad Forhook Giant, lo cual permitiría disminuir el uso de fertilizantes químicos al usarse como una alternativa para la producción agrícola.

El té de composta puede ser usado como abono para la producción de acelga, ya que se demostró que contiene los nutrientes necesarios para cubrir las demandas nutricionales del cultivo, llegando a dar valores similares o mejores a los obtenidos con la fertilización mineral.

Además, los resultados de los análisis nutricionales revelaron que las inoculaciones con microorganismos promueven la absorción de nitrógeno por la planta (*Azospirillum brasilense* y *Glomus*), lo cual puede ayudar a la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados.

REFERENCIAS

- Aguirre-Medina, J. F., Irizar-Garza, M.B., Duran-Prado, A., Grageda.Cabrera, O.A., Peña-del Río, M.A., Loredó-Osti, C., Gutierrez-Baeza, A. (2009). Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 80 p.
- Alagawadi, A. R., & Gaur, A. C. (1992). Inoculation of *Azospirillum brasilense* and phosphate-solubilizing bacteria on yield of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in dry land. *Tropical Agriculture* (Trinidad and Tobago).
- Al-Dahmani, J. H., Abbasi, P. A., Miller, S. A., & Hoitink, H. A. (2003). Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant disease*, 87(8), 913-919.
- Altieri, M. (2009). La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. Universidad de California, Departamento de Ciencias Ambientales, Política y Gestión. Berkeley, CA, USA.
- Ardakani, M. R., Mazaheri, D., Mafakheri, S., & Moghaddam, A. (2011). Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 17(2), 181-192.
- 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-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata).
- Bowen, G. D., & Rovira, A. D. (1999). The rhizosphere and its management to improve plant growth. In *Advances in agronomy* (Vol. 66, pp. 1-102). Academic Press.
- Burdman, S., Okon, Y., & Jurkevitch, E. (2000). Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. *Critical reviews in microbiology*, 26(2), 91-110.
- Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2).

- Chanway, C. P., Hynes, R. K., & Nelson, L. M. (1989). Plant growth-promoting rhizobacteria: effects on growth and nitrogen fixation of lentil (*Lens esculenta* Moench) and pea (*Pisum sativum* L.). *Soil Biology and Biochemistry*, 21(4), 511-517.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and environmental microbiology*, 71(9), 4951-4959.
- Conway, G. R., & Pretty, J. N. (1991). *Unwelcome harvest: agriculture and pollution*. Routledge. Earthscan, London, 32-81.
- Delgado Zambrano, J. A. (2016). Evaluación de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris* L.) cultivadas en el sistema hidropónico (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, Y. C. (2018). *InfoStat versión 2011*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dixon, GR, y Walsh, UF (1997). Supresión de patógenos de plantas por extractos orgánicos una revisión. En *Simposio Internacional sobre Compostaje y Uso de Material compostado en Horticultura 469* (pp. 383-390).
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Broek, A. V., & Vanderleyden, J. (1999). Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. *Plant and soil*, 212(2), 153-162.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical reviews in plant sciences*, 22(2), 107-149.
- FAO (2015) *Agricultura mundial hacia los años 2015/2030*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- García-Olivares, J. G., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 79-84.
- Garza, M. B. I., Vázquez, P. V., García, D. G., Tut, C., Martínez, I. R., Campos, A. T., ... & Cabrera, O. G. (2003). Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agricultura Técnica en México*, 29(2), 213-225.

- Giaconi M.V y Escaff G. M (1998). Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. 15va edición. Santiago de Chile. Pp. 89-91.
- González Solano, 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).
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.
- Hernández, M., Pereira, M., & Tang, M. (1994). Utilización de los microorganismos biofertilizantes en los cultivos tropicales. *Pastos y Forrajes*, 17(3).
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia. Chihuahua*, 4, 1-6.
- Herrán, J. A. F., Torres, R. R. S., Martínez, G. E. R., Ruiz, R. M., & Portugal, V. O. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 4(1), 57-68.
- Ingham, E. (2005). *The compost tea brewing manual* (Vol. 728). Corvallis: Soil Foodweb Incorporated.
- INEGI (1997). *Cultivos anuales de México, VII Censo Agropecuario*. México. Pp. 20.
- Jaramillo, J. (1999). *Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM. Medellín, Seminario Internacional: Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos Siglo XXI*.
- Kannangara, T., T. Forget, and B. Dang. (2006). Effects of aeration, molasses, kelp, compost type, and carrot juice on the growth of *Escherichia coli* in compost teas. *Compost Sci. Util.* 14: 40-47.
- Lanthier, M. (2007). Compost tea and its impact on plant diseases. *BC Organic Grower*, 10(2), 8-11.
- Levanony, H., & Y. Bashan. (1991). Active attachment of *Azospirillum brasilense* to root surface of non-cereal plants and to sand particles. *Plant Soil* 137:91-97.

- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., & Espinosa-Victoria, D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225-239.
- 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 INCA. Programa y resúmenes. La Habana.
- Martínez Viera, R. (1986). Ciclo biológico del nitrógeno en el suelo (No. Sirsi) SBUV006498).
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., García-Hernández, J. L., Rodríguez-Dimas, N., Preciado-Rangel, P., Moreno-Resendez, A., ... & De la Cruz Lázaro, E. (2010). *Agricultura orgánica: El caso de México. Agricultura Orgánica, Tercera parte. Primera edición. Universidad Juárez del Estado de Durango*, 1-2.
- Michiels, K., Vanderleyden, J., & Van Gool, A. (1989). Azospirillum-plant root associations: a review. *Biology and Fertility of Soils*, 8(4), 356-368.
- 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.
- NOSB (National Organic Standards Board). 2004. Compost tea task force Report. the Agricultural Marketing Service/USDA. Recuperado de: <http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf>
- 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.
- Okon, Y., & Labandera-Gonzalez, C. A. (1994). Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(12), 1591-1601.
- Padrón Corral, E. (1996). *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Trillas. 1ª edición. México.*

- Pedroza, H., & Dicovskyi, L. (2007). Sistema de Análisis estadísticos con SPSS (No. IICA U10-187). IICA INTA.
- Pérez García, M., De la Rosa Ibarra, M. A., Maldonado, J., A., Amador, M. S. Y. (2017). Evaluación del Efecto de Dos Microorganismos en la Colonización de la Raíz y Promoción del Crecimiento y Desarrollo de Plántulas de Maíz (*Zea mays* L.).
- Puente, M., García, J., Rubio, E., & Peticari, A. (2010). Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. INTA–Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación Miscelánea, (116).
- Röben, E. (2002). Manual de compostaje para municipios. DED/Ilustre Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador.
- Rodríguez Dimas, N., Cano Ríos, P., Figueroa Viramontes, U., Favela Chávez, E., Moreno Reséndez, A., Márquez Hernández, C., ... & Preciado Rangel, P. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 319-327.
- Romero Lima, M. D. R., Trinidad Santos, A., García Espinosa, R., & Ferrera Cerrato, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*, 34(3).
- Scheuerell, S. J., & Mahaffee, W. F. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 94(11), 1156-1163.
- SEMARNAT (2012). Informe Estadístico de Residuos Sólidos Urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México 2012.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In 6. International Congress on Soilless Culture, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984. ISOSC.
- Terry, E., Núñez, M., Pino, M. D. L. A., & Medina, N. (2001). Efectividad de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos tropicales*, 22(2).
- Terry, E., Terán, Z., Martínez-Viera, R., & Pino, M. D. L. A. (2002). Biofertilizantes, una alternativa promisorio para la producción hortícola en organopónicos. *Cultivos Tropicales*, 23(3).

- Uribe Valle, G., & Dzib Echeverría, R. (2006). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y Brassinoesteroide en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura técnica en México*, 32(1), 67-76.
- Velasco Velasco, J., & Ferrera Cerrato, R., & Almaraz Suárez, J. (2001). Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*, 19 (3), 241-248.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, 255(2), 571-586.
- Vierheilig, H. (2004). Regulatory mechanisms during the plant arbuscular mycorrhizal fungus interaction. *Canadian Journal of Botany*, 82(8), 1166-1176.