



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ORGÁNICOS
EN FRIJOL EJOTERO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ISABEL MORALES DURÁN

DIRECTOR:

DR. DAVID MARTÍNEZ MORENO



H. PUEBLA DE Z., 10 DE JUNIO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por ser parte de esta institución y brindarme sus instalaciones y servicios

A la Escuela de Biología, por apoyarme en el proceso de formación de licenciatura.

Al Dr. David Martínez Moreno por permitirme trabajar y colaborar en el presente trabajo, además por su tiempo, opiniones y sugerencias para la realización de este.

A mis revisores: Dra. Rosa Andrés Hernández, Dr. Jenaro Reyes Matamoros por los consejos que me brindo, aportaciones y sugerencias para que este trabajo fuera correctamente realizado.

A cada uno de los miembros de mi familia por el apoyo incondicional que día a día me han brindado.

A mis amigas y amigos que conocí durante el trayecto de mis estudios.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia, principalmente a mis padres: Eva Duran Huerta y Josué Morales Flores por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por apoyarme económicamente con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, empeño, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.

A mi preciosa hija Sherry Coral por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más. Porque ella tuvo que soportar largas horas sin mi compañía, sin poder entender a su corta edad, por qué prefería estar frente a un monitor y no estar a su lado. Gracias por esos momentos hermosos en los que una sola sonrisa me llenaba de ánimo y fuerzas para seguir adelante.

A Armando Monroy que ha sido el impulso durante parte de mi carrera y uno de los pilares para la culminación de la misma, que con su apoyo constante además por apoyarme económicamente y además por creer en mi capacidad de poder concluir mis estudios.

A mis hermanas, hermanos y sobrinitas que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo y por compartir buenos momentos

A mis amigas y compañeras que fueron parte importante en el trascurso de mis estudios, gracias por su apoyo y comprensión además de compartir alegrías y triunfos.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.	6
ÍNDICE DE FIGURAS.	7
RESUMEN.	8
ABSTRACT.	9
I. INTRODUCCIÓN.	11
II. ANTECEDENTES.	12
2.1. Historia de los fertilizantes y abonos orgánicos.	12
2.1.1 Urea.	17
2.1.2. Sulfato de Amonio.	18
2.1.3. Triple 17.	18
III. JUSTIFICACIÓN.	29
IV. OBJETIVO.	29
4.1. Objetivo General	29
4.2. Objetivos Particulares	29
V. MATERIAL Y METODOS.	30
5.1 Especie de estudio.	30
VI. RESULTADOS.	39

VII. DISCUSION.	45
VII. CONCLUSIONES.	48
IX. BIBLIOGRAFIA.	49

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lista de precios de algunos abonos químicos y orgánicos	28
Tabla 2. Solución Steiner.	32

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Mezcla de suelo con fertilizantes orgánicos	33
Figura 2. Aplicación de fertilizantes químicos, a los 21 días después de la siembra.	34
Figura 3. Tratamiento testigo, llenado con agrolita como sustrato	35
Figura 4. Macetas de capacidad aproximada de 5 kg.	36
Figura 5. Etiquetado de bolsas para el almacenamiento y secado los órganos colectado	37
Figura 6. Secado de material colectado en secadora con parrilla.	38
Figura 7. Días a emergencia de Frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= Triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).	40
Figura 8. Peso seco (g) de raíz de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).	41
Figura 9. Peso tallo (g) de raíz de frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias	42

significativas. (n= 30).

- Figura 10. Peso seco (g) de hojas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) 43
de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).
- Figura 11. Peso seco (g) de fruto de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) 44
de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

RESUMEN.

El objetivo del estudio fue evaluar la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el rendimiento de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). El experimento fue de un factor con un diseño de 1 cultivar x 7 tratamientos (testigo (solución Steiner), peat moss, lombricomposta, fertibuap, sulfato de amonio, urea y triple 17) con 3 repeticiones por tratamiento y 10 individuos por repetición, dando un total de 210 individuos. Las plantas se cultivaron en contenedores de plástico con capacidad de 5 kg. Los parámetros valorados fueron: días a germinación, peso seco (g) de raíz, tallo, hojas y fruto. Los resultados mostraron que tanto la solución steiner, como la aplicación de peat moss y lombricomposta estimularon la emergencia de las plantas. En relación a la asignación de peso seco, el testigo mostró diferencias significativas en raíz y tallo con relación a los demás tratamientos. La aplicación de peat moss, sulfato de amonio y urea registró diferencias significativas en el peso seco de hojas respecto a los demás tratamientos. En cuanto al peso seco de frutos el testigo y la aplicación de urea presentaron diferencias significativas, lo que representó un mayor rendimiento sobre los fertilizantes orgánicos. Por último, los fertilizantes por sí solos estimularon el crecimiento de los distintos órganos de las plantas de frijol ejotero, no obstante en rendimiento de frutos, el testigo y la aplicación de urea fueron mejores.

ABSTRACT.

The aim of the study was to evaluate the application of chemical and organic fertilizers on the yield of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). The one factor experiment was a design of one cultivar x 7 treatments (control (Steiner solution), peat moss, vermicompost, fertibuap, ammonium sulfate, urea and triple 17) with 3 replications per treatment and 10 individuals per replicate, giving a total of 210 individuals. Plants were grown in plastic containers with a capacity of 5 kg. The parameters measured were: days to germination, dry weight (g) root, stem, leaves and fruit. The results showed that both the control and the application of peat moss and vermicompost stimulated the emergence of the plants. Regarding the allocation of dry weight, the control showed significant differences in root and stem relative to other treatments. The application of peat moss, ammonium sulfate and urea showed significant differences in the dry weight of leaves compared to other treatments. In relation to fruit dry weight of the control and urea application they showed significant differences, which represented a higher yield on organic fertilizers. Finally, fertilizers alone stimulated the growth of the different organs of plants of green beans, however in fruit yield, the control and the application of urea were better.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las proyecciones del Banco Mundial, la población mundial aumentará de seis mil millones de personas en 1999 a siete mil millones en 2020 y se espera que para el año 2025 sea de 8300 millones, este aumento demanda un incremento en habitación, vestido, salud, educación y alimentos, en este último punto la demanda mundial será mayor con un incremento en el rendimiento de los cultivos del 80%, esto exigirá que se utilice una mayor cantidad de fertilizantes químicos, lo que pone en riesgo al ambiente por aplicaciones excesivas al suelo. Debido al aumento requerido por la población se requiere una mayor demanda de alimentos y solo se puede logra mediante la eficiencia en la mejora de técnicas agrícolas y especialmente mediante la fertilización agrícola, ya que esto limita el rendimiento de los cultivos en países en vía de desarrollo (FAO, 2002; Carcaño-Montiel *et al.*, 2003).

El propósito final de la fertilización es mejorar la nutrición de las plantas y elevar los rendimientos, por lo que es importante utilizar aquellos materiales que ofrezcan la máxima eficiencia para el suelo; es decir, que en un mayor porcentaje de su contenido nutrimental sea absorbido por el cultivo y transformado en cosecha. También es importante el aspecto económico, es decir utilizar a aquellos materiales que proporcionen la máxima redituabilidad por cada peso invertido. Sobre esta base de eficiencia agronómica se preferirá el material de más bajo costo por unidad de nutrimento aplicado. Al estimar el costo de un fertilizante debe de considerarse no solo el costo de adquisición, sino también el de su transporte, almacenamiento y aplicación al terreno; por esto, resultan más económicos los fertilizantes de mayor concentración.

Para aprovechar la gran variedad de especies de *Phaseolus vulgaris*, la cual es un alimento básico en la dieta mexicana, resulta eficiente buscar aquellas alternativas que permitan incrementar y mejorar su rendimiento. Para esto la producción de cultivos se basa en el manejo del suelo, por lo que es necesario evitar la pérdida de este recurso y darle un óptimo tratamiento. El nitrógeno (N) constituye una

parte fundamental en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2000). En la actualidad se han incrementado la venta de abonos de origen orgánico y químico, por ello, el presente estudio tiene como finalidad registrar el efecto de tres abonos orgánicos y tres químicos en el índice biológico de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris L.*).

II. ANTECEDENTES

2.1 Historia de los fertilizantes y abonos orgánicos.

Los agricultores de tiempos antiguos, utilizaban abonos orgánicos para obtener un buen rendimiento de sus cultivos, incluían desde estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, entre otros. Estos abonos influyen fuertemente sobre las características físicas del suelo en su estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración y estabilidad de agregados (Anónimo, 1994).

La mayoría de los abonos orgánicos se obtienen del proceso de compostaje; este proceso se ha llevado a cabo desde hace miles de años, se tienen datos de que los Chinos compostaban todos sus residuos orgánicos, de sus campos y casas. También en la ciudad de Jerusalén, tenían estas prácticas ya que, partes de sus residuos se quemaban y con el resto se hacían compostas. Posteriormente esta técnica fue desarrollada por el Inglés Albert Howard desde 1905 a 1947 bajo el proceso llamado "Indore". En 1922, se desarrolló un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, este proceso se denominó "Beccari". Para el año de 1929 se estableció la primera planta de compostaje en Wijster, Holanda, y en 1932 en la ciudad Holandesa de Hanmer se instaló la primera planta de compost hecho con basuras urbanas con el método denominado "Maanen" (modificación del sistema Indore que consistía en usar grandes trincheras). En la actualidad, Europa cuenta con varias plantas de compostaje en la cual manejan los residuos sólidos urbanos, teniendo como resultados productos finales de buena calidad, con aplicación a diferentes tipos de cultivos (Muñoz, 2005).

En occidente se conoció esta técnica por medio del profesor King del Departamento de Agricultura de los E.E.U.U. Este método fue adoptado por varios agricultores y horticultores de varios países del mundo (Ventó, 2000).

En Países Latinoamericanos incluido México han venido desarrollando estas técnicas y han utilizado abonos orgánicos directos y compostados. Tal es el caso de la utilización de los desechos avícolas como la pollinaza (excremento de pollos) y gallinaza (excremento de gallinas), de estos dos desechos la más utilizada es la gallinaza (Murillo, 1999).

Los abonos orgánicos son definidos como aquellos residuos de origen animal o vegetal, donde las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo con la descomposición de estos abonos se va enriquecido con carbono orgánico mejorando sus características físicas, químicas y biológicas. Estos abonos son producto de un proceso de compostaje (Ruiz-Figueroa, 2009). También se pueden encontrar abonos orgánicos no procesados que se aplican directamente a los campos de cultivo. De esta manera, los estiércoles de animales: bovinas, gallinaza, pollinaza, porcinaza, equinaza, son valorados como buenos abonos orgánicos, con alto contenido de nitrógeno.

Dentro de las biotecnologías “limpias” se encuentran los biofertilizantes o inoculantes bacterianos, los cuales pueden definirse como productos biológicos a base de microorganismos benéficos que viven normalmente en el suelo a través de la aplicación (inoculación) de los biofertilizantes que contengan poblaciones de microorganismos desde 100 hasta 100 000 millones por cada gramo de producto inoculando la semilla. Estos productos son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los nutrimentos mediante su actividad biológica, además de suministrar sustancias hormonales o activadores de crecimiento de las plantas. Esta técnica utilizada desde hace ya varios años por los agricultores, los cuales observaron incrementos en sus rendimientos al mezclar suelo de un terreno plantado con leguminosas, con suelo de terreno sin sembrar, constituyendo así, el primer reporte de un método de inoculación de leguminosas (Carcaño-Montiel *et al.*, 2003).

En los biofertilizantes se aprovecha, en primer término la fijación biológica del nitrógeno atmosférico en las leguminosas a través de *Rhizobium*; en las

gramíneas a través de *Azospirillum* y otras bacterias fijadoras de nitrógeno de los géneros *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, etc; capaces de convertir la molécula de nitrógeno (N_2), mediante la enzima nitrogenasa, a amoníaco (NH_3). Estas bacterias en los últimos los años han despertado gran interés en la agricultura debido a que producen compuestos del grupo de las hormonas como productos bacterianos, los cuales inducen cambios benéficos al incrementar el volumen de la raíz de las plantas (Okon y Labandera-González, 1994).

Además de la utilización de diferentes técnicas utilizadas como fertilizantes biológicos u orgánicos se encuentra una técnica que ha adquirido gran auge a nivel mundial que es la lombricomposta como abono. La lombricultura consiste en el uso de la lombriz para la transformación de materiales orgánicos de desecho biodegradables como el estiércol, residuos de cosecha de diversas especies vegetales y la agroindustria, desechos domésticos y de mercados, residuos sólidos urbanos y lodos de aguas residuales que no contengan metales pesados, ni agentes contaminantes. El proceso de transformación de los materiales orgánicos no es exclusivo de la lombriz, este lo inicia una amplia diversidad de especies de microorganismos que mediante la liberación de diversas sustancias producen principalmente enzimas, rompen enlaces químicos específicos de los materiales orgánicos, y dan como resultado compuestos con diferente estructura, parcialmente degradados. A partir de estos, la lombriz actúa hasta transformarlos en un producto de composición química más compleja, llamado en términos genéricos humus (Ruiz, 2012).

El humus se puede generar sin la participación de la lombriz, pero el proceso es más lento. La importancia de la lombriz consiste en que al ingerir la materia orgánica parcialmente descompuesta, activa el desarrollo de microorganismos que son los causales de la humificación, proceso que se completa después de que el material orgánico es excretado por la lombriz luego de que ha pasado por el tracto digestivo, el producto obtenido por la participación de la lombriz es de mayor calidad que el humus el cual es obtenido por el proceso microbiológico. Existen

diversas especies de lombrices, sin embargo, una de las más usadas para producir abonos o humus, debido a su adaptación, proliferación y facilidad de domesticación, es la lombriz *Eisenia foetida* o lombriz compostera (Schudt, 2004). Su longitud máxima es de 12 cm. Aunque lo más normal es que mida entre 6 y 7 cm. Su peso de 0.8 a 1.4 g. y su color rojo intenso (Lara Quintero, 2006).

En lo referente al peat moss, los estudios se han enfocado principalmente a la preparación de charolas de germinación, donde se ha tenido un éxito con mezclas de distintos sustratos entre ellos el peat moss aplicado en la producción de hortalizas (edis.ipas.uflu.edu/hs1216), peat moss + vermiculita + lombricomposta en proporción de 10:05:04 de cada material, respectivamente (fps.org.mx), para la germinación de semillas en viveros (Semarnat 2016) y para la germinación de chile habanero (Anónimo, 2007). En lo referente a los estudios llevados a cabo aplicando peat moss como fertilizante existen muy pocos trabajos, ya que al parecer el peat moss es un material pardo oscuro con buena retención de humedad, buena aireación, alto contenido de materia orgánica y con un pH entre 3.8-4.3. Esta turba está compuesta a base de un musgo *Sphagnum*. De esta manera, tenemos el estudio de Mateo-Sánchez *et al.* (2011), quienes utilizaron un compuesto hecho a base de 70% de aserrín, 30% de peat moss-agrolita-vermiculita en proporción de 60:20:20, respectivamente utilizado como fertilizante en el desarrollo de *Cedreia odorata* L. Encontraron una relación directa entre la dosis de fertilización y las variables evaluadas de altura y diámetro. Concluyen que la mejor dosis de fertilización es la de 9 kg/m³ ya que implica el ahorro de 3 kg de fertilizante por cada metro cúbico de sustrato a preparar.

García *et al.* (2011), ellos investigaron la mejor técnica para mejorar la calidad de las plántulas de chile poblano producidas en almácigos a cielo abierto, mediante el incremento de su sanidad y vigor y evaluar la eficiencia de la tierra de encino de la región de la Sierra de Puebla, México como sustrato de producción de plántulas en invernadero. Encontraron que la producción en mezclas de peat moss y tierra de encino mostró una disminución en las plántulas en desarrollo que solo en tierra de encino. Ellos concluyen, que es mejor el uso de tierra de encino para la

producción de plántulas de chile Poblano que el uso de la mezcla de tierra de encino y peat moss.

Bautista-Vargas *et al.* (2015) estudiaron la efectividad del lodo textil como valor agregado en la producción de hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.). Las concentraciones de mezcla en base a volumen de lodo con sustrato peat moss, fueron testigo 0% de lodo, 10, 20 y 30%. Encontraron que el 10% de lodo industrial manifestó efectos deseables para altura de la planta y diámetro de inflorescencia, y para contenido de minerales se mantuvieron constantes en todos los tratamientos, ellos concluyen que los lodos aportan elementos esenciales principalmente N y P, para las plantas de hortensia.

Hoy en día el uso mundial de fertilizantes químicos se encuentra entre 111 y 134 millones de toneladas, ya que en la producción de alimentos se debe de tomar en cuenta la interacción de factores como: plantas mejoradas, irrigación, uso de cultivos múltiples, protección de cultivos con agroquímicos e incremento en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Carcaño-Montiel *et al.*, 2004).

Los fertilizantes químicos son preparados sobre la base de materias primas y su proceso es altamente dependiente de energía. Poseen una elevada concentración de nutrientes y una baja humedad. Los fertilizantes presentan una eficiencia $\leq 50\%$ para ser asimilados por los cultivos, el fertilizante no incorporado por las plantas trae un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con NO_3 (Derpsch, 2000). Dentro de los fertilizantes químicos se encuentran: urea, sulfato de Amonio, triple 17 los cuales se utilizaron en el presente trabajo.

2.1.1. Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

La urea es la fuente de fertilizante más utilizada. Dentro de las razones que explica la generalización de su utilización, se destaca su accesibilidad económica, su elevada concentración de nitrógeno por unidad de producto (46% de N) y la gran solubilidad en la solución edáfica. Sin embargo, muchas veces se reduce la eficiencia de su utilización debido a la ocurrencia de pérdidas de N por

volatilización de amoníaco o por fitotoxicidad provocada por el uso de dosis elevadas de este fertilizante junto con la semilla. (Sainz Rozas-Echeverría, 1997)

2.1.2. Sulfato de amonio ((NH₄)₂ SO₄)

Es un fertilizante químico de uso agrícola contiene amonio (NH⁺⁴) y azufre en forma de sulfato (SO⁼⁴) (N21-S24), su apariencia física es cristales sólidos finos de color blanco, beige o grisáceos. El azufre se mantiene en el suelo, moviéndose con el flujo de agua y por esto es fácilmente lixiviable. El nitrógeno y el azufre (S) tienen una relación muy estrecha en el papel nutricional de la planta, esto se debe a que ambos nutrientes son constituyentes de las proteínas y están asociados con la formación de clorofila. Es una excelente fuente de fertilización en cultivos que extraen grandes cantidades de azufre del suelo como lo son los cultivos forrajeros (pastos y alfalfa), hortalizas (crucíferas, cebolla y ajo), cereales trigo y cebada) y gramíneas (maíz, sorgo y caña de azúcar), entre otros. El sulfato de amonio por su baja concentración de nitrógeno es una fuente de fertilización costosa por unidad de N aportado y también por unidad de N transportado (altos costo por flete) (Arredondo F., 1993).

2.1.3. Triple 17

Es un fertilizante elaborado con nitrógeno 17%, fósforo 17% y potasio 17% los cuales se caracterizan por ser la única fracción soluble en medios ácidos, neutros y alcalinos que indica la máxima efectividad de su aplicación a las raíces de las plantas. Su aplicación se recomienda para todos los cultivos. En la siembra, trasplante y posteriormente durante el crecimiento y desarrollo, (Salgado G., 2010).

En Camagüey, Cuba, Corrales *et al.* (1994) realizaron una fertilización durante diez años con abonos orgánicos y minerales, incluida la gallinaza, aplicado a cultivos de plantas frutales en condiciones de vivero, así también en sus diferentes fases de desarrollo. Se evaluaron indicadores de crecimiento, rendimiento y calidad de los frutos. El experimento consistió en 22 experimentos (4 en mango, 6

en papayo y 12 en el guayabo), en diferentes zonas, sobre suelos pardos sialíticos, en viveros de mango, guayabo y papayo, además en el guayabo en fase de producción. Las siguientes dosis fueron empleadas para mango en condiciones de vivero y suelos pardos sialíticos y similares, aplicaron 60 g de estiércol vacuno bien descompuesto o 60 de humus de lombriz por bolsa, 7-10 días antes de plantar la postura pregerminada e incorporarlo al suelo contenido en las bolsas. El mango en condiciones de producción sobre suelo alítico de baja actividad y similares, aplicaron de 40 kg de cachaza (gabazo de caña) con 508, 90 y 330 g de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente por planta ó 10 kg de humus de lombriz con 256; 45 y 165 g de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente por planta. En guayabo en fase de vivero (propagación de esquejes) 35 % de gallinaza, 15 de ceniza, 30 de aserrín y 20 de zeolita. Para guayabo en fase de vivero (propagación por injerto) en suelos pardos sialíticos o similares utilizaron 30 g de gallinaza con las dosis de fertilizante mineral (4 y 2g por bolsa de N P₂O₅ y K₂O) ó 1.0 kg de gallinaza más el fertilizante mineral por m² de superficie. Para guayabo en fase de fomento Entre 6 y 8 kg de gallinaza más 50 g de nitrógeno, 35 de fósforo y 43 de potasio por planta. En fase de producción aplicaron 10 kg de gallinaza por planta más 100; 53 y 200 g de N P₂O₅ y K₂O respectivamente por año, en suelos vérticos y similares. El papayo en condiciones de vivero 30 g de gallinaza por bolsa ó 2,0 kg de gallinaza/m² de superficie de suelo más 4, 8 y 4 g de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. En condiciones de producción 4,5 kg de gallinaza más 150; 150 y 225 g de N, P₂O₅ y K₂O por planta por año respectivamente. Concluyeron que en plantas de mango en etapa de vivero, no se necesita adicionar fertilizante mineral, si se utilizan abonos orgánicos y en condiciones de producción las aplicaciones combinadas de humus de lombriz o cachaza con fertilizante mineral, los rendimientos se duplican y los frutos son de mejor calidad. En plantaciones de guayabo y papayo, en sus diferentes fases de su desarrollo, la fertilización de abonos orgánicos y minerales, provocaron mayores aumentos en la altura de la planta, número de frutos por planta así como el grosor del tallo y la eficiencia del proceso de esquejes, y un mayor rendimiento.

En Colombia, Arcila (2002) llevo a cabo un estudio durante el año 2001 en el Centro de Investigación “El Agrado”, localizado en el municipio de Montenegro, departamento del Quindío. Realizo un semillero o vivero de plátano utilizando cormos de Dominico-Hartón de aproximadamente 300 g de peso, los cuales fueron sembrados en bolsas negras de polipropileno de 25 x 25 cm de 2 kg de capacidad, que contenían 3 partes de tierra + 1 de cascarilla de café + 1 parte de los siguientes compuestos: gallinaza, bocashi, cereza de café, lombricomposta, bovinaza, tierra de hormiguero, cal-ceniza y purín (aplicación líquida al 10%); conformándose 10 tratamientos. A los 45 días después de la siembra, determinaron en cinco plantas provenientes de cada sustrato, la altura y el perímetro del pseudotallo; el número de raíces emitidas y la acumulación de materia seca por cada órgano de la planta. El sustrato bajo el cual se desarrollan las plantas puede afectar positiva o negativamente su crecimiento. Al evaluar el crecimiento en altura y perímetro de las plantas desarrolladas bajo los diferentes sustratos, determinaron un buen desarrollo en todos los sustratos, excepto donde se agregó cal-ceniza y donde solo las plantas disponían de tierra. Los resultados que obtuvieron fueron los siguientes en gallinaza un crecimiento mayor de la plántula de 38.8 cm, seguido de bovinaza de 40cm. El número de hojas emitidas fue alrededor de 5,5, excepto en las plantas que se desarrollaron bajo el efecto de la ceniza. La acumulación de materia seca de las plantas fue mayor donde se aplicó bovinaza, purín y gallinaza con pesos de 26.5g, 23.6g, 19.9g, respectivamente; un poco menor con bocashi, lombricomposta, cereza de café, tierra de hormiguero; baja con tierra sola y supremamente baja donde se adicionó cal-ceniza.

En Cucaita, Boyacá, Colombia, Agudelo y Casierra-Posada, (2004) llevaron a cabo en condiciones de campo la evaluación del efecto de hongos micorrizógenos y de gallinaza, comparado con la aplicación de fertilizante mineral, sobre la producción y la calidad de cebolla cabezona (*Allium cepa* L. ‘Yellow Granex’). Para esto las semillas fueron germinadas en suelo, a 70 días después de la germinación se seleccionaron plántulas de tamaño uniforme, las trasplantaron e

inocularon con hongos micorrizógenos (0,86 ton/ha de Mycofertil). Se aplicaron tres dosis de gallinaza (0 - 1 y 2 ton/ha) y 0,5 ton/ha de fertilizante comercial Triple15. Evaluaron la producción total, la producción de bulbos de primera y segunda calidad, así como de los bulbos dañados. Los resultados demostraron que las micorrizas y la gallinaza (T3 micorriza 0,86 ton/ha + gallinaza 2 ton/ha) incrementaron la producción total de las cebollas de primera calidad con 45 ton/ha de producción. El rendimiento más bajo se registró en el fertilizante mineral solo (TO: 15-15-15 (0,5 ton/ha) con 25 ton/ha. Los tratamientos en los cuales se adicionó micorriza al suelo presentaron una producción mayor de cebolla de segunda calidad en comparación con las parcelas sin micorrizas. En el caso de la adición de micorrizas se redujo la cantidad de bulbos dañados. La mayor cantidad de bulbos afectados por pudriciones se presentaron cuando se aplicó sólo el fertilizante mineral. Ellos concluyen que la interacción entre la micorriza y la gallinaza favorece la producción de primera calidad en este caso de cebolla cabezona, por el aporte de nitrógeno de la gallinaza a las micorrizas y así favorecer la simbiosis raíz-hongo.

En México en la región de los Altos de Chiapas, Pool-Novelo *et al.* (2000) Efectuaron un experimento durante tres años (1992 a 1994), cuatro ciclos de cultivo, evaluaron los factores: fertilizante mineral, gallinaza y cal dolomítica a dos niveles, en un diseño factorial 2 x 3. Después del primer ciclo a cada unidad experimental le asignaron el mismo tratamiento, excepto la de cal dolomítica en el último ciclo (1994). Los fertilizantes minerales usados fueron fosfato diamónico, urea y cloruro de potasio. En los dos primeros ciclos cultivaron haba, en el tercer ciclo maíz forrajero y el último ciclo maíz para grano (Raza Olotón). Sus unidades experimentales fueron de 2.5 x 5.0, con una área útil de 8.0 m². Las variables que midieron fueron el rendimiento de maíz y las propiedades químicas del suelo en cada tratamiento. Los resultados que obtuvieron en el rendimiento de grano de maíz fue cercano a 2.5 ton/ha para el testigo, el fertilizante mineral a 3.9 ton/ha y la aplicación de gallinaza 9.1 t ha⁻¹ y la combinación de gallinaza y fertilizante mineral fue casi 10 ton/ha. Concluyendo que la gallinaza corrigió las necesidades

nutrimentales del maíz. La cal dolomítica presento un bajo rendimiento. La aplicación de gallinaza incremento el pH, Ca, Mg y K intercambiables y P (Olsen) y disminuyo significativamente el A intercambiable del suelo y favoreció la fertilidad del suelo. Y el fertilizante químico apporto P (Olsen) k intercambiable del suelo. La cal dolomítica incremento el pH, Ca y Mg. Ellos concluyen que la aplicación de la gallinaza y fertilizante minerales incrementan la fertilidad del suelo y el rendimiento del maíz, pero la aplicación de la gallinaza es más eficiente en el mejoramiento de ambos.

En Gómez Palacios Durango se llevó a cabo un experimento por López- Martínez *et al.* (2001) donde se evaluaron cuatro abonos orgánicos (estiércol de bovino, caprino, gallinaza y composta), las dosis fueron 20, 30 y 40 ton/ha para bovino, caprino y composta y 4, 8 y 12 ton/ha para gallinaza y un testigo con fertilización 120-40-00 de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), respectivamente. Utilizaron el maíz genotipo San Lorenzo, evaluaron el rendimiento de grano, y en suelo: contenido de humedad, capacidad de campo (CC), porcentaje de marchitamiento permanente (PMP), humedad aprovechable (HA), composición granulométrica, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), % materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), pH del suelo, y composición química de abonos orgánicos. Sus resultados fueron en CC, PMP y HA mostraron cambios en los valores antes y después de la aplicación; los valores después de la aplicación fueron 10% mayores. En MO, hubo cambios en los tratamientos en 15%, los valores después de la siembra fueron mayores, concluyeron que se debía a que los abonos orgánicos liberan nutrimentos durante su mineralización. También reportaron, que el estiércol de bovino, caprino y composta incorporaron cantidades similares de N, P y Ca (1.8, 0.14, 2.5; 2.0, 0.14, 2.4; 1.5, 0.11, 3.5, respectivamente), no así gallinaza que aportó un promedio de 30% más de N y Ca que los otros abonos. En el rendimiento de maíz más alto de grano, la fertilización química (120-40-00 de N-P-K) tuvo 6.05 ton/ha, seguido por la composta con 5.66 ton/ha; no hubo diferencia estadística significativa entre ambos. Sugirieron trabajar con abonos orgánicos de composta y gallinaza en las dosis de 20-30 y 4-8 ton/ha,

respectivamente como una alternativa a la sustitución o reducción de la fertilización inorgánica.

En Coatepec Harinas Estado de México, Aguilar *et al.* (1992) realizaron un experimento en la cual se evaluó durante tres años el efecto de la fertilización anual con gallinaza, nitrógeno y fósforo en un suelo andosol sobre el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate. Cada uno a dos niveles: 0 y 34, 0 y 1, y 0 y 0.5 kg/árbol, respectivamente, en un diseño factorial completo. Los ocho tratamientos fueron distribuidos en el huerto bajo el diseño completamente al azar con cinco observaciones, siendo un árbol la unidad experimental. La gallinaza junto con la mitad del N en forma de urea (46% N) se aplicaron alrededor del árbol en la zona de goteo. Esta aplicación se hizo en el mes de febrero de 1992, 1993, 1994 y 1995. En el mismo mes se aplicó todo el P usando como fuente fertilizante superfosfato de calcio simple (46% P_2O_5), en cuatro hoyos a 30 cm de profundidad, distribuidos en forma equidistante del árbol en la zona de goteo. La otra mitad de N se aplicó igual que la primera vez en el mes de octubre de los años antes mencionados. Sus resultados fueron que la interacción N x P mostró que cuando los 35 árboles se fertilizaron únicamente con nitrógeno el rendimiento se abatió. Hubo una respuesta similar cuando solamente se fertilizó con fósforo, pero cuando los árboles se fertilizaron con ambos nutrimentos el rendimiento por árbol se incrementó de 108 a 148 kg. En la aplicación de gallinaza más 1 kg de N/árbol/año ocasionó un rendimiento mayor en el primer año (1993); sin embargo, para el tercer año ya no fue el mejor tratamiento. En cuanto al peso del fruto encontraron que el peso promedio de los frutos de aguacate sin gallinaza y 1 kg de N correspondió a los calibres 14, 16 y 20 en los años 1993, 1994 y 1995 respectivamente, con 34 kg de gallinaza por árbol y 1 kg de N el tamaño del fruto se ubicó en los calibres 14, 14 y 18 en los mismos años; mientras que con la misma dosis de gallinaza pero sin nitrógeno los calibres fueron 12, 16 y 18, y cuando no se aplicó gallinaza y tampoco N los calibres fueron 12, 14 y 20. Estos resultados son importantes si se considera que los calibres 16 y 18 son los que más se exportan, e indican el efecto de la gallinaza en la calidad de los frutos, la

cual fue mayor cuando la gallinaza se combinó con la aplicación de P en el año de 1995.

En la población de San Francisco Independencia, municipio de Tlachichuca, Puebla por parte del PEAT 98 (programa elemental de asistencia técnica), se realizó un experimento para determinar el rendimiento de maíz; en un lote testigo, fertilizado en la primera labor con 650 kg de sulfato de amonio el rendimiento fue de 2,671 kg/ha, mientras que en la de PADEM (parcela demostrativa) inoculada con biofertilizante en la siembra y fertilizada en la primera labor únicamente con 250 kg del mismo fertilizante la producción fue de 3,018 kg/ha. La diferencia fue de 437 kg/ha a favor de la parcela demostrativa, además que hubo un ahorro de 8 bultos de fertilizante y un menor jornal a favor del productor. En este mismo municipio pero en otra parcela, el lote testigo, fertilizado en la primera labor con 13 bultos de sulfato de amonio, tuvo una producción de 4,464 kg/ha, mientras que para la parcela demostrativa, biofertilizada, a la primera labor con 300 kg de sulfato de amonio tuvo una producción de 4,707 kg/ha, existe una diferencia de 43 kg/ha a favor de la parcela demostrativa, un ahorro de 7 bultos de fertilizante y un jornal a favor el productor (Aguilera, 2003).

En un programa de biofertilización en cebada en la Cuenca de Libres-Oriental del estado de Puebla, con dos grupos; se reportaron para 5400 ha biofertilizadas en el año 2002 los siguientes resultados: los mejores resultados se obtuvieron con la fórmula ultramix olmeca (700 kg de una mezcla de N, P y K); sin embargo, el costo de producción fue de \$3155.50 y la relación beneficio/costo alcanzó únicamente 2.43, cuando se comparó con el tratamiento que empleó biofertilizante una disminución de la aplicación de la fórmula ultramix (100 kg más 100 kg de fosfonitrato) la diferencia en rendimiento no fue significativa en cuanto al rendimiento obtenido por este (4.7 ton/ha) sin embargo para el agricultor representó una disminución en costos de producción (\$1806.50) y una mayor relación beneficio/costo al alcanzar 4.71. La diferencia también se puede observar al comparar con un tercer tratamiento realizado con la fórmula 70-40-30 (250 kg de una mezcla de N, P, K) más biofertilizante, ya que también disminuyeron sus

costos de producción (\$1869.00) y se obtuvieron rendimientos de 4.4 ton/a, como testigo se utilizó el sistema tradicional sin biofertilizante, con un rendimiento de 3.45 ton/ha notablemente inferior a biofertilizante un costo alto de producción de \$3045.50 y un beneficio/costo de 2.06 el más bajo de todos los tratamientos (Aguilera, 2002).

Se colectaron plantas de maíz de las áreas más productivas de la región centro-este de la República Mexicana propuestas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y las fundaciones PRODUCE de los estados de Puebla y Tlaxcala. Utilizando cepas bacterianas fosfosolubilizadoras se relacionaron en base a su capacidad para solubilizar fosfatos insolubles como fosfato de aluminio ($AlPO_4$), fosfato férrico ($FePO_4$) y fosfato tricálcico [$Ca_3(PO_4)_2$], encontrando diferentes bacterias con diferente capacidad para solubilizar fosfato. En estudio de laboratorio e invernadero, se seleccionaron diferentes bacterias, con ellas se elaboraron los inoculantes sobre turba estéril con una humedad final de 70%. Estos experimentos se realizaron en campo durante el ciclo primavera-verano 2000, 2001 y 2002, utilizando la variedad de maíz H-33, en las comunidades de San José Teacalco, Tlaxcala, Acajete Puebla, se utilizó un diseño de bloque al azar en parcelas de 55 m² para 15 tratamientos con 5 repeticiones, en el segundo y tercer año la aplicación se realizó en 8 y 15 ha, respectivamente y utilizando la mezcla de bacterias para evaluar el rendimiento de maíz por hectárea. En los experimentos de Tlaxcala en el primer año hubo incremento en el rendimiento de maíz por hectárea sobre el control hasta un 30.65 % con el tratamiento BUAP 35, mientras que en Puebla con los tratamientos BUAP 40 Y BUAP 41 fueron de 37.10% y 47.99% respectivamente, en ambos casos sin fertilizante químico, e igualando los rendimientos de los tratamientos fertilizados con 30 y 60 kg de fósforo por hectárea existiendo diferencia entre los tratamientos. En el segundo año, utilizando el inoculante con la mezcla de bacterias BUAP 35 y BUAP 41, los incrementos de maíz fueron en promedio de 36.8 %, en Tlaxcala en una superficie de 8 hectáreas y de 41.2 %, para Puebla en 3 hectáreas, en el año 2002 el biofertilizante con bacterias solubilizadoras de

fosfato se evaluó en 15 hectáreas obteniendo un rendimiento promedio de 3.2 ton/ha con una dosis en proporción de 120-00-00, mientras que utilizando el biofertilizante con la misma dosis el incremento fue 28.8% con 4.5 ton/ha, cuando se aplicó el biofertilizante con el ahorro de 50% del fertilizante fosfato (dosis de 120-30-00) el incremento fue de 38.5% con 5.2 ton/ha y con la dosis de 120-60-00 el rendimiento fue de 4.7 ton/ha con un 32 % de incremento, observando una reducción en el rendimiento con esta dosis. En el caso de Acajete, Puebla, no se incluyeron los datos de evaluación debido a que hubo problemas de sequía atípica (Salas-Moras, 2000).

Un experimento realizado en la población de San Francisco Independencia, municipio de Tlachichuca, Puebla por parte del programa elemental de asistencia técnica, se obtuvo que el rendimiento de una parcela de maíz, o lote testigo fue fertilizado en la primera labor con 650 kg de sulfato de amonio fue de 2671 kg/ha. Mientras que para la parcela demostrativa inoculada con biofertilizante en la siembra y fertilizada en la primera labor únicamente con 250 kg del mismo fertilizante, la producción fue de 3018 kg/ha. La diferencia es de 437 kg/ha a favor de la parcela demostrativa, con un ahorro de 8 bultos de fertilizante y un jornal a favor del productor. En este mismo municipio pero en diferentes parcelas, el lote testigo fertilizado en la primera labor con 13 bultos de sulfato de amonio tuvo una producción de 4464 kg/ha, mientras que para la parcela demostrativa biofertilizada a la siembra y fertilizada a la primera labor con 300 kg de sulfato de amonio tuvo una producción de 4507 kg/ha. Existe una diferencia de 43 kg/ha a favor de la parcela demostrativa con un ahorro de 7 bultos de fertilizante y un jornal a favor del productor (Mascarua–Carcaño *et al.*, 2002).

Un estudio realizado en invernadero, en macetas con suelo sin adición de nutrientes fueron sembrado en cada una dos granos de maíz criollo, siendo estas el grupo testigo y lo compararon con macetas inoculadas con *Azospirillum*, manteniendo una temperatura de entre los 22 y 34 °C. Cuatro replicas fueron hechas para cada cepa y testigo, evaluando el efecto de la inoculación del maíz con *Azospirillum*, observando mayor desarrollo en todos los casos de inoculación

en comparación con el testigo. Se determinó que la masa seca de la raíz incremento entre 22 y 118 %, y la masa seca de la parte aérea de las plantas se incrementó entre 10 y 91% sobre el testigo (Paredes *et al.*, 2009).

Durante el ciclo primavera–verano 2001, se estableció un experimento en Medellín de Bravo, Veracruz, con el objetivo de determinar el efecto agro–económico de dos fuentes de nitrógeno en el rendimiento de grano y la rentabilidad del arroz. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) 0–0–0 (testigo), 2) 92–46–0, con urea como fuente de nitrógeno y 3) 138–69–60; fósforo como superfosfato de calcio triple, Se determinó la producción de materia seca, componentes de rendimiento y rendimiento de arroz var. Palay. La fertilización con súper fosfato, favoreció el crecimiento inicial de las plantas, que en la etapa de amacollamiento produjeron 65.4% más tallos e iniciaron floración 6.8 días antes que las fertilizadas con urea. Aunque ambas fuentes de nitrógeno mostraron rendimientos similares, la dosis de 92 kg/ha de nitrógeno como amoniaco anhidro y 46 kg/ha de fósforo mostró el más alto beneficio neto, mayor relación beneficio–costo con 2.01 y tasa de retorno marginal de 320.81% (Tosquy Valle *et al.*, 2008).

Como puede verse, los antecedentes muestran una gran heterogeneidad en el uso de fertilizantes orgánicos y además al parecer éstos mezclados con los químicos muestran en algunos casos un incremento mayor en la producción, mientras que el uso solo de biofertilizantes favorece solo algunos cultivos como es el caso del plátano, además de que no mencionan el tiempo de incorporación de los minerales al agregar éstos al suelo, tal vez, la diferencia se deba a la incorporación de los mismos, ya que muchos productores quieren tratar los biofertilizantes como si fueran químicos. Por otra parte debemos recordar que el precio de los fertilizantes orgánicos es uno de los factores respecto a su uso, ya que los abonos químicos y orgánicos tienen un valor distinto en el mercado, como puede verse en la tabla 1.

Tabla 1. Lista de precios de algunos abonos químicos y orgánicos.

Abonos.	kg	Precio (M/N)*	Bulto (40 kg)
(50% de abono de borrego + 50% de tabaco en polvo)	5	\$76.50	\$612.00
composta	5	\$76.00	\$608.00
lombricomposta (humus)	2	\$28.00	\$560.00
peat moss	25	\$349.00	\$698.00
fertibuap			
urea	40	\$550.00	\$550.00
triple 17	1	\$36.00	\$1,440.00
triple 17	5	\$169.00	\$1,352.00
sulfato de amonio	5	\$169.00	\$1,352.00

*Los precios fueron obtenidos de Home-Depot y Wal-Mart el día 24 de abril del 2016.

Como puede verse, los abonos orgánicos tienen un valor más reducido que los químicos, pero la diferencia se presenta en la respuesta de las plantas ante los químicos, pues su efecto es inmediato, no así los orgánicos donde como se pudo constatar en los antecedentes ya que son de lenta incorporación y se necesita una dosis mayor, y hay que recordar que los cultivos de algunas leguminosas, hortalizas y gramíneas son de ciclo corto, al parecer los orgánicos necesitan mayor tiempo para su incorporación y de esta manera se puedan ver los efectos de los mismos.

III. JUSTIFICACIÓN

Dado que los abonos orgánicos compostados son una opción de fertilización, éstos proporcionan al suelo una mejora en su estructura, aportando elementos nutritivos y al mismo tiempo aumentando el contenido de la materia orgánica del suelo, evitando la erosión, desertificación y solucionando problemas de generación de residuos (Ruiz, 2009). Debido a que en la actualidad el uso de abonos químicos causan problemas, el empleo de este tipo de abonos orgánicos es una alternativa para los cultivos, siempre y cuando se dé tiempo para la incorporación de los mismos en el suelo y de esta manera no presenten desventajas con respecto a los químicos.

IV. OBJETIVO

4.1. Objetivo General.

Evaluar los fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris L.*), mediante el índice biológico.

4.2. Objetivos Particulares.

I. Evaluar la respuesta de las plantas de frijol ejotero durante su desarrollo con la aplicación de los abonos orgánicos y químicos.

II. Evaluar la eficiencia de los fertilizantes orgánicos y químicos en el cultivo de frijol ejotero, mediante el índice biológico.

III. Determinar el fertilizante con el mejor rendimiento (productividad).

V. MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1. Especie de estudio.

En México el cultivo de frijol se conoce desde tiempos antiguos y tiene gran importancia en varios ámbitos socioeconómicos y culturales. Se han encontrado datos desde los mil doscientos hasta los nueve mil años de antigüedad. Actualmente sigue siendo de gran importancia esta leguminosa en la alimentación de los mexicanos y esto se refleja porque ocupa el quinto lugar de producción a nivel mundial con un 6.80% (Reyes *et al.*, 2008). Por ello, *Phaseolus vulgaris* es un recurso esencial. Su clasificación taxonómica data desde 1753 propuesto por Linneo distinguiéndose otras especies como *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus polyanthus* y *Phaseolus acutifolius*; sin embargo *Phaseolus vulgaris* sigue siendo la especie más cultivada y de mayor importancia, cuenta aproximadamente con 150 variedades, de las cuales, alrededor de 50 se encuentran en México (Miranda, 1991).

Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase: Dicotiledóneas

Orden. Fabales

Familia: Leguminosas

Subfamilia: Papilionoideas

Tribu: Phaseoleas

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

El presente estudio se realizó en el área de invernaderos de la Escuela de Biología en ciudad universitaria (Blvd. Valsequillo y avenida San Claudio, colonia San Manuel, Puebla, Pue.).

El diseño experimental constó de 1 sp. x 7 tratamientos x 3 repeticiones por tratamiento x 10 individuos por repetición, dando un total de 210 individuos,

Las semillas fueron adquiridas en el “Semillero de Puebla”, ubicado en la calle 12 poniente 312 Int. 2, col. centro, Puebla, Puebla. Los fertilizantes orgánicos (Peat moss y Lombricomposta) se adquirieron en la tienda comercial “Home Depot”, mientras que fertibuap fue adquirido en el departamento de microbiología de suelos del Instituto de Ciencias de la BUAP. El suelo que se utilizó fue una mezcla de tierra negra, arcilla y arena en proporción de 2:1:1, cada uno de los fertilizantes orgánicos fue mezclado con una proporción de 3:1 de peat moss y suelo, 3:1 de lombricomposta y suelo y una bolsa de 500 g de fertibuap a 150 kg de suelo, se mezclaron por separado cada uno de ellos y se regaron para posteriormente taparlos con un plástico dejándose 21 días para la fermentación e incorporación de los elementos nutrimentales al suelo (Figura 1). En el caso de los fertilizantes químicos (sulfato de amonio, urea y triple 17) se aplicaron a los 13 días después de la siembra (DDS) (Figura 2). Para el tratamiento testigo, se utilizó como sustrato agrolita (Figura 3) y se regó con una solución nutritiva la cual contenía diferentes compuestos (Tabla 2).

Tabla 2, solución Steiner para regar el grupo testigo.

Fuente fertilizante	Peso (g) para 50 litros de agua
Nitrato de calcio tetrahidratado ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (98%)	54.22
Nitrato de Potasio (KNO_3) (95%)	15.965
Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (98%)	25.15
Fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4)	7.15
Sulfato de potasio (K_2SO_4) (96%)	13.615
Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.5

El riego tanto para el testigo como para los demás tratamientos fue cada tercer día hasta el final del experimento.

La siembra se llevó a cabo el día 21 de mayo del 2013, para ello se utilizaron macetas de plástico con una capacidad de 5 kg cada una, (Figura 4). Las variables a medir fueron: Días a germinación, peso seco (gr) de raíz, tallo, hojas y fruto. Para la obtención de peso seco se realizó una cosecha destructiva al final del experimento y cada uno de los órganos colectados fue colocado en una bolsa de papel estraza previamente etiquetada, esto se llevó a cabo para cada uno de los individuos de los distintos tratamientos, (Figura 5); las bolsas fueron colocadas en una secadora con parrilla eléctrica durante 3 días a una temperatura de 80 °C. (Figura 6). Para el registro de peso seco se utilizó una balanza granataria (Marca Felisa de barra triple).

Los datos fueron analizados mediante una ANOVA con una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el programa Origin Pro 6.0.



Figura 1. Mezcla de suelo con fertilizantes orgánicos.



Figura 2. Aplicación de fertilizantes químicos, a los 21 días después de la siembra.



Figura 3. Tratamiento testigo, llenado con agrolita como sustrato



Figura 4. Macetas de capacidad aproximada de 5 kg.



Figura 5. Etiquetado de bolsas para el almacenamiento y secado los órganos colectados.



Figura 6. Secado de material colectado en secadora con parrilla.

VI. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos la figura 3 muestra los días a emergencia en cada uno de los tratamientos, se puede ver que las semillas la solución Steiner, peat moss y lombricomposta emergieron a los cuatro días después de la siembra, mientras que en los tratamientos de urea y triple 17 las plántulas emergieron a los seis días después de la siembra.

Con respecto a los pesos secos, el registro de raíz mostró que el testigo presentó diferencias significativas comparadas con los demás tratamientos (Figura 5). Mientras que en peso seco de tallo el tratamiento Steiner y el de urea mostraron diferencias significativas con respecto a los demás (Figura 6).

En peso seco de hojas los tratamientos de sulfato de amonio y urea mostraron diferencias significativas, registrándose el mayor peso seco en estas estructuras (Figura 7). Mientras que en fruto, el mayor peso seco se registró en el testigo y en la urea presentándose diferencias significativas (Figura 8).

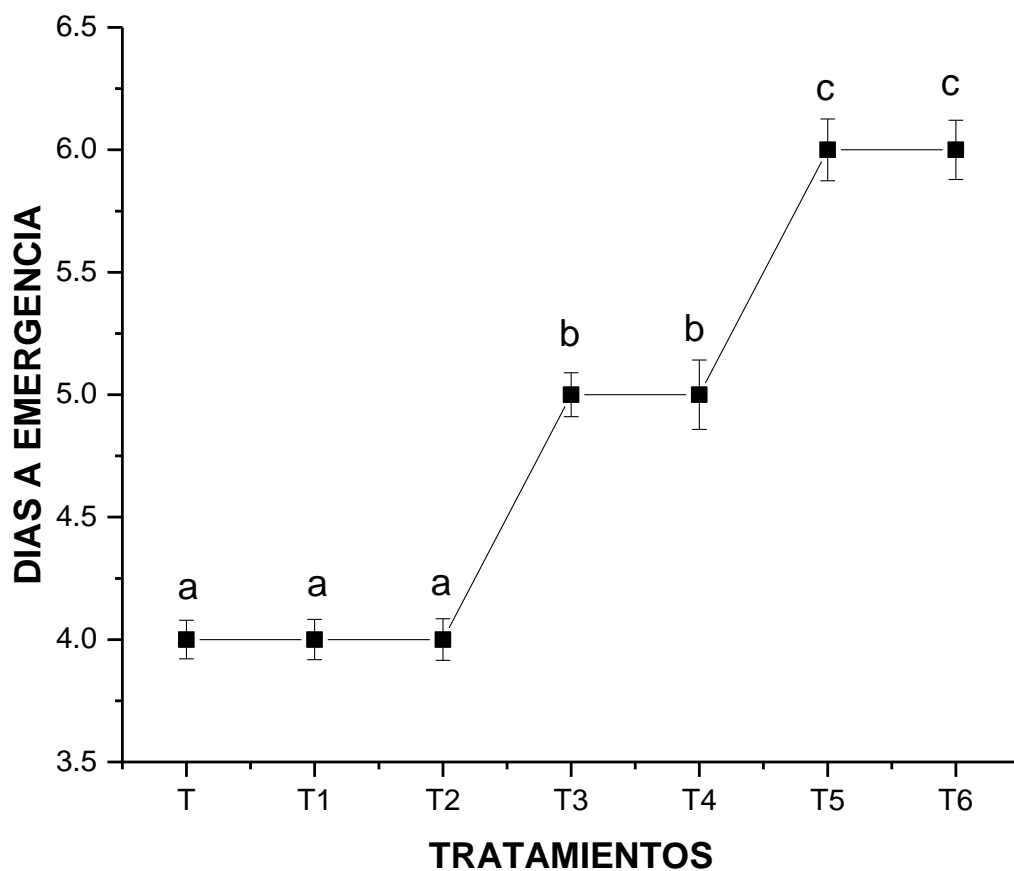


Figura 7. Días a emergencia de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) de los distintos tratamientos: T= Testigo; T1= peat moss; T2= Lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

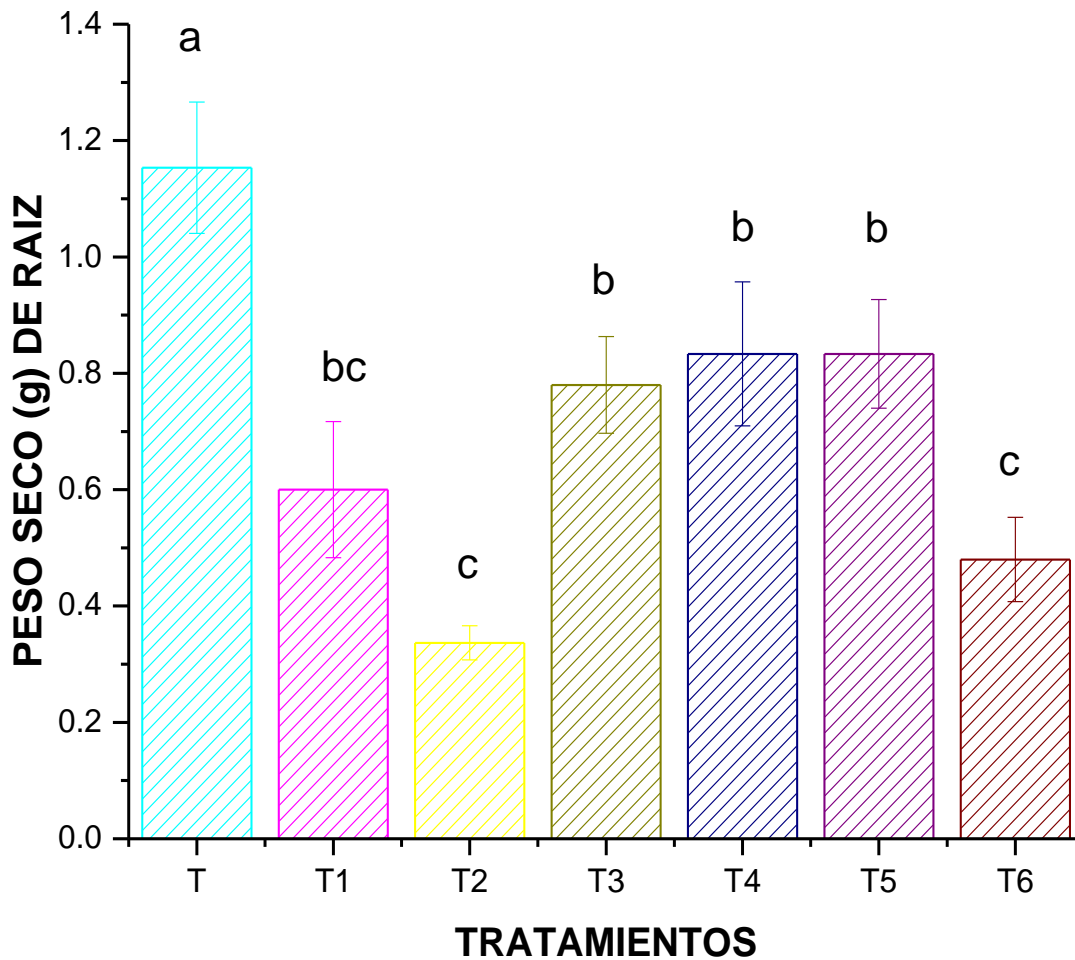


Figura 8. Peso seco (g) de raíz de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

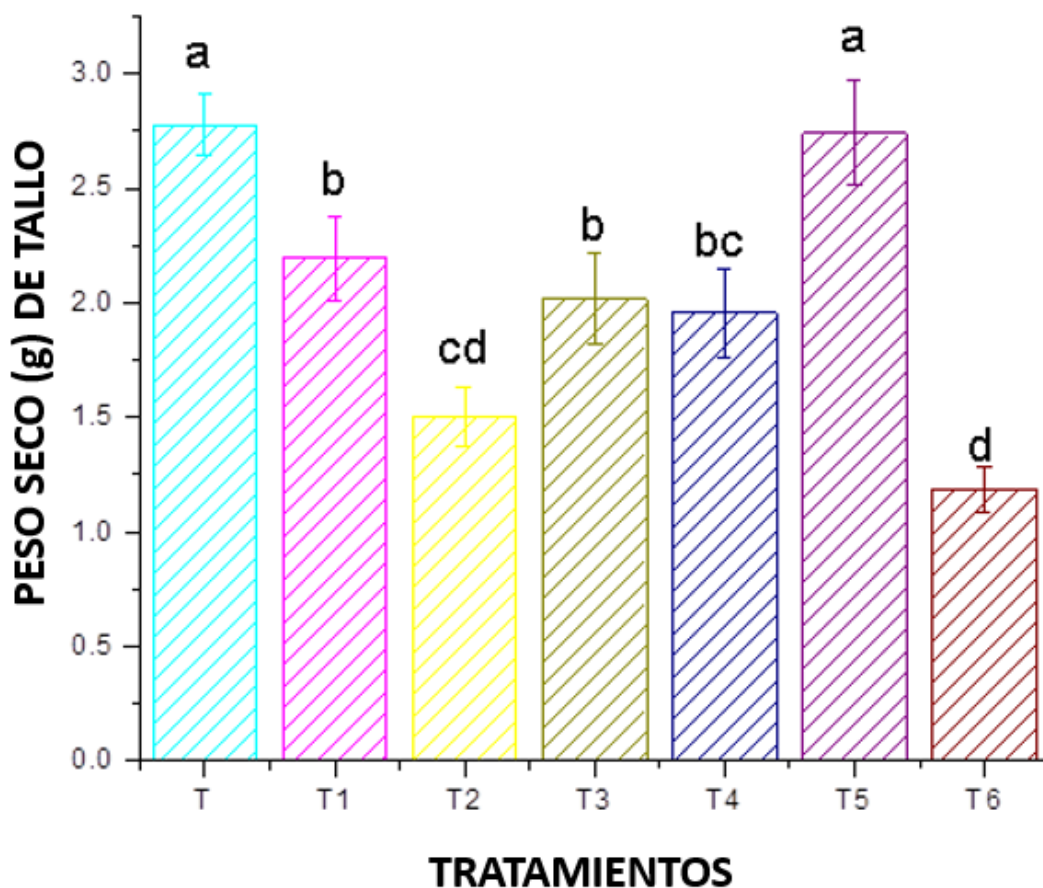


Figura 9. Peso tallo (g) de raíz de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

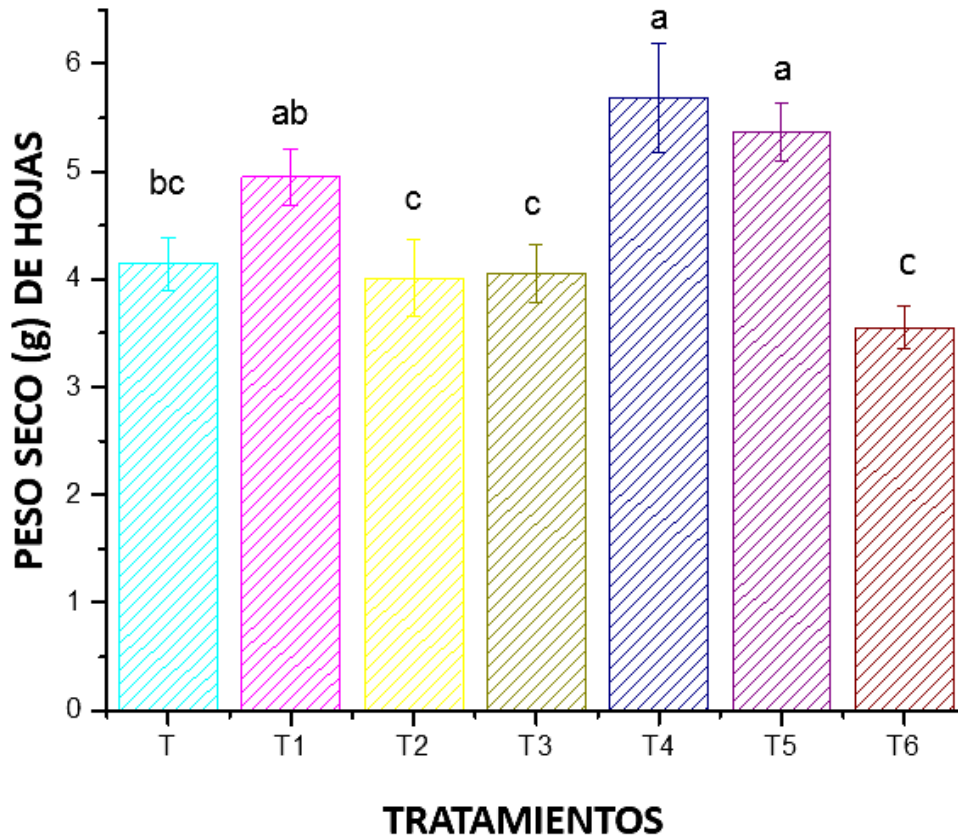


Figura 10. Peso seco (g) de hojas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

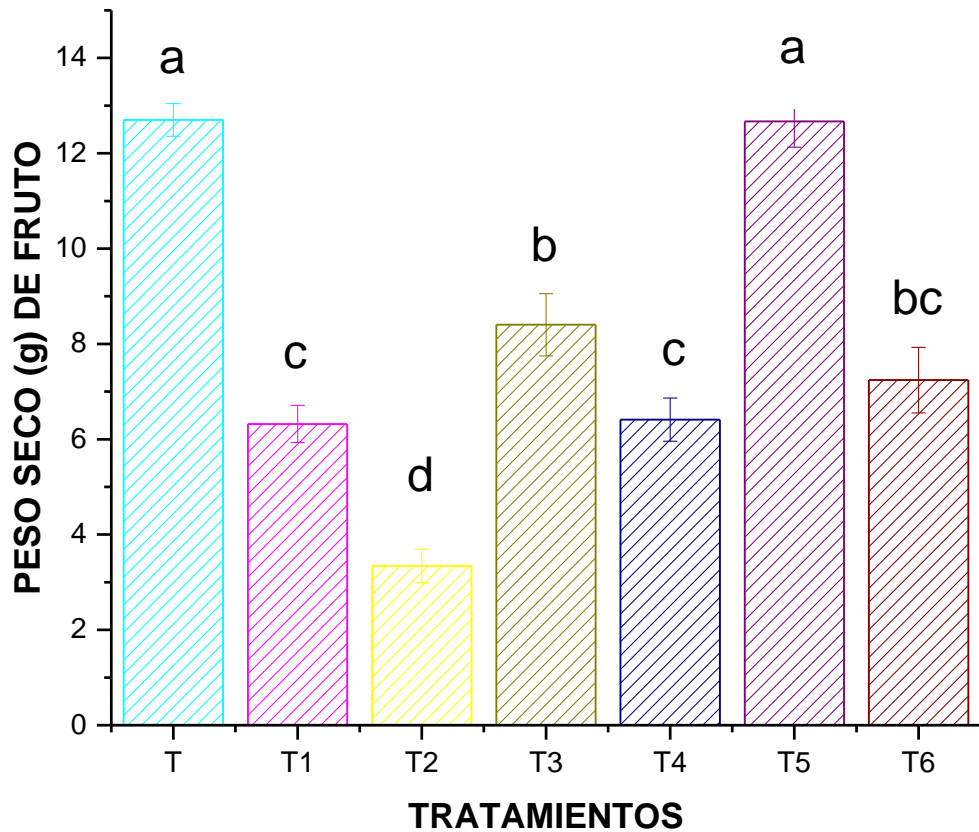


Figura 11. Peso seco (g) de fruto de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) de los distintos tratamientos: T= testigo; T1= peat moss; T2= lombricomposta; T3= fertibuap; T4= sulfato de amonio; T5= urea; T6= triple 17. Las líneas paralelas significa Error Estándar y Letras iguales denota que no hay diferencias significativas. (n= 30).

VII. DISCUSIÓN

En lo referente a la germinación de las plántulas de frijol en cada uno de los tratamientos los resultados mostraron tres fechas (Figura 7), en la primera de ellas las plántulas de la solución Steiner, peat moss y lombricomposta presentaron una emergencia a los cuatro días después de la siembra, esto se puede deber a que estos productos retienen una mayor humedad, una buena aireación al suelo y alto contenido de materia orgánica, pero es quizá el pH el responsable de la germinación y una rápida emergencia, pues el peat moss, lombricomposta y muy posiblemente el compuesto utilizado en el tratamiento testigo presenten un pH ácido (3-4), y esto quizá escarifique la testa de la semilla y el agua penetre rápidamente para el disparó de la germinación, ya que en algunos estudios de hortalizas, semillas de viveros y chile habanero se han obtenido buenos resultados (anónimo, 2007). En la segunda fecha las plántulas de los tratamientos con fertibuap y sulfato de amonio emergieron a los 5 días después de la siembra, esta diferencia se puede deber a que ambos fertilizantes pueden estar actuando en la testa pero con una menor eficacia con respecto a la solución Steiner, ya que el aporte de estos al suelo es depositar el nitrógeno para que la plántula lo pueda absorber una vez que emerja y comience a sintetizar fotoasimilados de las hojas cotidoneas y no se favorezca un ambiente ácido, aunque a diferencia del testigo puede ser que el nitrato de calcio este provocando la acidez y de esta manera el sustrato presente un pH ácido y su comportamiento es semejante al peat moss y lombricomposta. De la misma manera, pudiese estar presentándose el mismo patrón en las plántulas de los dos últimos fertilizantes (urea y triple 17), y debido a ello la emergencia se retrasa y el registro muestra seis días.

Con respecto a la asignación de peso seco (g) en cada uno de los órganos de las plantas cosechadas al final del experimento podemos decir que, en raíz las plantas del testigo mostraron una diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, esto probablemente se deba a que los fertilizantes químicos incorporan los iones más rápidamente que los orgánicos, pues solo fertibuap, producido con bacterias puede estar compitiendo con los químicos, además de

que algunos autores como García *et al.* (2011) menciona que el peat moss disminuye el desarrollo de las plántulas en Chile Poblano, y quizá esto pudiese reflejarse a lo largo de su ciclo de vida, y esto reforzaría probablemente lo que otros autores mencionan sobre el peat moss, ya que solo funciona en la germinación. Mientras que en el caso de la lombricomposta y el triple 17 parece ser que tienen el mismo patrón que peat moss en cuanto a su efecto inicial, reprimiendo el desarrollo en algunos de los órganos de las plantas, como es el caso.

En cuanto al tallo, la asignación parece la misma que en raíz, ya que las plántulas de la solución Steiner vuelven a presentar diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos excepto en urea, esto posiblemente se presente debido a que la urea se incorpora más eficientemente y produce mayor biomasa como en las plántulas del testigo y esto favorece el incremento de los frutos, pues se puede observar en la figura 11 que el tratamiento testigo y el de urea no presentaron diferencias significativas, este comportamiento es muy similar a lo reportado por Tosquy Valle *et al.* (2008) quienes reportaron que para arroz var. Palay el tratamiento con urea fue mejor, incrementando la producción de grano hasta 92 kg/ha. En peso seco (g) de hojas se puede ver en la figura 10 que peat moss, sulfato de amonio y urea presentaron el mismo patrón registrándose diferencias significativas con los demás tratamientos, es posible que al ser estos productos ricos en nitrógeno estimularan la producción de biomasa en hojas.

Como puede verse la aplicación de los fertilizantes químicos presentan resultados positivos en la asignación de los recursos y parecería que los fertilizantes orgánicos son muy lentos y la producción se ve afectada como es el caso del tratamiento con lombricomposta en este estudio, este resultado es distinto al mencionado por Pool-Novelo *et al.* (2000) quienes concluyeron que la lombricomposta incrementa la fertilidad del suelo y el rendimiento del maíz. Mientras que Agudelo y Casasierra-Posada (2004) mencionan que la aplicación de fertilizante mineral (lombricomposta) disminuye la producción en cebolla cabezona. En cuanto al peat moss, sulfato de amonio y triple 17, el rendimiento es

similar en la aplicación de estos fertilizantes y podría deberse a que su incorporación estimula otros órganos de la planta como raíz, tallo y hojas en el caso de sulfato de amonio, tallo y hojas en el caso de peat moss y hojas para triple 17 (Figuras 7-11).

Los resultados de emergencia y asignación de recursos en frijol ejotero obtenidos en este estudio demuestran que la aplicación de los fertilizantes químicos y orgánicos solos disminuyen o aumentan la respuesta en cada uno de los órganos de las plantas en cada tratamiento, estos resultados en general demuestran lo que algunos de los autores han concluido (Arcilla (2002), Mateo-Sánchez *et al.* (2011), Bautista-Vargas *et al.* (2015)), pues determinan de acuerdo a sus resultados, qué cuando los fertilizantes son mezclados los rendimientos aumentan. Pero en otros casos como el de fertibuap, la aplicación de bacterias como *Azospirillum* mejoran el rendimiento de los cultivos tanto en invernadero (Paredes *et al.*, 2009) como en campo (Mascarua y Carcaño y Col. 2002; Salas-Moras, 2002; Aguilera, 2002; Aguilera, 2003, entre otros).

Para este estudio los tratamientos con solución Steiner (compuesto químico) y urea mostraron ser los fertilizantes de mayor eficiencia comparados con los otros tratamientos (químicos y orgánicos).

VIII. CONCLUSIONES

Los tratamientos con solución Steiner, peat moss y lombricomposta mostraron ser los mejores en la emergencia.

El tratamiento testigo mostro la mayor biomasa en raíz y la menor la presentaron lombricomposta y triple 17.

En los tratamientos solución Steiner y urea se registró el mayor peso seco en tallo, siendo menor en lombricomposta y triple 17.

En el registro de peso seco de hojas los mayores valores los presentaron los tratamientos de peat moss, sulfato de amonio y urea.

En lo referente a la producción de frutos el mayor registro lo presentaron los tratamientos testigo y urea y el menor lombricomposta.

Los fertilizantes por sí solos estimulan distintos órganos de las plantas y por lo tanto se sugiere se realicen pruebas aplicando compuestos de ambos tipos de fertilizante.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

Anónimo. 1994. Biological Nitrogen Fixation. Agency for International Development. Disponible en: <http://www.nap.edu/readingroom/books/bnf/chapter1.html>. Revisado diciembre 2015.

Anónimo. Fertilizantes GL S. A de C.V. (triple 17, fertilizantes GL, guía de Información temática; disponible en <http://www.fertilizantesgl.com/FERTILIZANTESGL/fichatriple17.pdf>

Arredondo F.J.L., Fertilización y fertilizantes: uso y manejo en la acuicultura. Libros de texto y manuales de práctica. Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 88 – 90.

Azcón-Bieto, J. y M.Talón. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona. 289 p.

Bautista-Vargas, E., Benavides-Mendoza, A., Ramírez, H., Cantú-Sifuentes, M. 2015. Efectividad de lodo industrial textil en la producción de Hortensia (*Hydrangea macrophylla* L.) en maceta. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 12: 2359-2370.

Carcaño-Montiel, G.M., Mascarúa-Esparza, M.A. y López-Reyes, L. 2003. Producción y comercialización de inoculantes bacterianos en México: Suelos: Un enfoque holístico para su manejo y conservación. Memoria del XXI curso-diplomado internacional de edafología. Escuela de Ingeniería Agrohídrica, plantel Teziutlán, BUAP, pp. 1-24.

Carcaño-Montiel, G.M., López-Reyes, L. y Mascarúa-Esparza, M.A. 2004. Biofertilizantes: productos biológicos para una agricultura limpia. 2º.

Encuentro de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria y agroindustrial en el estados de Puebla. Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, BUAP. pp.1-6.

Capistràn Fabricio, Aranda Eduardo, Romero J. C., Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje, Instituto de ecología, A.C., Xalapa Veracruz, México. P150

Derpsch, R., Florentín, M.A., Moriya, K. 2000. Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola. Proyecto Conservación de Suelos MAG-GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 p.

FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. 4ª. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Roma, p. 87.

García, M.C., Taboada, G.R.O., López, S.H., López, P.A., Mora, A.G. y Tlapal, B.B. 2011. Calidad de plántulas de chile “poblano” en la Sierra Nevada de Puebla, México. Rev.Fitotec.mex. 34(2): pp.115-121.

Lara Herrera A., Quintero Lizaola R., manual de producción de humus de lombriz. Colegio de posgraduados en ciencias agrícolas, Universidad autónoma de Zacatecas. Zacatecas, 2006, 44 p.

Mascúra Esparza M. A., Carcaño Montiel M. G., Rodríguez Lugo V., Palomeque Sánchez V. M. BiofertiBUAP: Transferencia de tecnología y desarrollo social. Centro de investigaciones microbiológicas ICUAP-BUAP, 16.p

Mateo-Sánchez, J.J., Bonifacio-Vázquez, R., Pérez-Ríos, R.S., Capulín-Grande, J. y Mohedano-Caballero, L. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en

aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. Ra Ximhai 7(1): pp. 195-204.

Miranda, C.S. 1991. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. En: E. Mark Engleman (Editor), Contribuciones al conocimiento de frijol (*Phaseolus*). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 83-99.

Muñoz T.J.S. 2005. Compostaje en pescador cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución los problemas medioambientales. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de Ingeniería y Administración, Ingeniería Ambiental.

Okon, Y.; y Labandera-González, C. A. (1994a). Agronomic applications of Azospirillum. Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria. Proceedings of the Third International Workshop on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. CSIRO, Adelaide, South Australia. Adelaide, Australia

Reyes E., Padilla L.E., Pérez O., y López P. 2008. Historia naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. Revista Investigación Científica, Nueva Época Vol. 4 (3): pp. 1-21

Ruíz-Figueroa J.F. 2009. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo, 2011, Chapingo Edo. de México., 237 p.

Ruiz Bello A., Compostaje, aprovechamiento de residuos orgánicos. Colegio de posgraduados montecillos, 2012, Texcoco, México. pp. 20 -29.

Salgado García S., Núñez Escobar R., 2010. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de posgraduados. Grupo mundi, 2010, México D. F. 146 p.

Tosquy Valle O. H., Vasquez Hernandez, A., Esqueada Esquivel V.A., Maldonado J. Miguel S., & Vargas Garcia A. B. (2008), Comparación agroeconómica de la fertilización con amoníaco anhidro y urea en arroz temporal. Agricultura técnica en Mexico, 34 (4), 387 -396.

Vento P. M. del P. 2000. Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad. Tesis al título de Máster en Fertilidad de Suelo. Universidad de Camagüey, Instituto de Suelos. Cuba.

www.edis.ipas.uflu.edu/hs (Visitado marzo, 2016)

Fundación Produce, Sinaloa a. c., enlace, innovación y progreso [consultado el 24 de marzo, 2016]. Disponible en www.fps.org.mx.

SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Vivero Coyoacan”, Producción Forestal, México, D.F., [Consultado el 2 de marzo, 2016]. Disponible en www.viveros.coyoacan.gob.mx.

EcuRed, Conocimiento con todos y para todos, Pagina de proyecto. [Consultado el 27 de marzo, 2016]. Disponible en: www.ecured.cu.

Tecnología de Producción de Chile Habanero, Fertilización. [Consultado el 29 marzo, 2016]. Disponible en www.eddie.chilehabanero.blogspot.mx.