



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
TUXTLA GUTIÉRREZ**

RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE TRES BIOFERTILIZANTES EN EL
CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y CONTENIDO DE
ANTOCIANINAS EN ZARZAMORA (*Rubus sp.*)”**

**PRESENTA:
LÓPEZ PÉREZ JAENIE MIBETH
ORDAZ RIVERA JOSUÉ**

**N° de control
09270388
09270400**

**ASESOR INTERNO:
DR. FEDERICO ANTONIO GUTIÉRREZ MICELI**

**REVISORES:
DRA. SANDY LUZ OVANDO CHACÓN
DRA. PATRICIA GUADALUPE SANCHEZ ITURBE**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....3

JUSTIFICACIÓN.....4

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....5

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....5

PROBLEMÁTICA A RESOLVER.....5

ALCANCES Y LIMITACIONES.....6

FUNDAMENTO TEÓRICO.....6

**PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIONES
DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....20**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....21

CONCLUSIÓN.....30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....31

INTRODUCCIÓN

La zarzamora (*Rubus sp.*) es un arbusto perteneciente a la familia de las rosáceas, cuyos frutos son apreciados por su color atractivo, aroma sabor y textura suave que presentan, por sus propiedades antioxidantes, y por ser una fuente importante de pigmentos naturales; entre los principales compuestos antioxidantes en dicho alimento se encuentran las antocianinas y compuestos fenólicos (Cerón, 2008). Los antioxidantes son un conjunto heterogéneo de sustancias formado por vitaminas, minerales, pigmentos naturales, otros compuestos vegetales y enzimas, que bloquean el efecto dañino de los radicales libres (Badui, 2006).

Con respecto a las necesidades nutricionales de las plantas de zarzamora, no se han reportado estudios que clarifiquen como las plantas podrían responder al fertilizarse tanto con macro nutrimentos como micronutrimentos, sin embargo en algunas regiones, del mundo la zarzamora crece en suelos bien drenados, con un pH en torno a 6,5 aunque toleran en cierta medida suelos ligeramente secos (Buczacki, 1994).

Las prácticas comunes utilizadas en la agricultura tales como el uso excesivo de fertilizantes, degrada los suelos, promueve la contaminación de fuentes de agua y contaminan la atmosfera, por lo que una opción es usar los abonos orgánicos (Diacono y Montemurro, *et al.*, 2010). Los abonos orgánicos se han utilizado como un sustituto parcial para alimentos nutritivos inorgánicos, particularmente nitrógeno. También se han utilizado para controlar patógenos originados en el suelo, en diversos cultivos (Rovesti y Romero 2003; Adriano-Anaya *et al.*, 2011). Uno de los abonos orgánicos más utilizados es la vermicomposta que es producida por la bio-oxidación y estabilización de los residuos, como resultado de las interacciones entre algunas especies de lombrices y microorganismos. Algunas de las ventajas de la vermicomposta son: es un material rico en todos los nutrimentos esenciales que requieren los vegetales y contienen vitaminas, enzimas y hormonas, tales como auxinas y giberelinas. Benefician el crecimiento de las plantas fomentando la aparición de brotes y hojas nuevas. Es un producto fácil de aplicar, manejar y almacenar. Mejora la estructura del suelo, la textura, la aireación y la capacidad de retención de agua y previene la erosión. La vermicomposta es rica en microorganismos benéficos tales como los solubilizadores de fosfato, degradadores de celulosa, fijadores de nitrógeno, etc. Previene pérdidas de nutrimentos e incrementa el uso eficiente de los fertilizantes químicos e incrementa la descomposición de la materia orgánica del suelo (Vennila *et al.*, 2012)

Otro de los insumos que se utilizan para el cultivo orgánico es la roca fosfórica debido a que el fósforo es uno de los macro nutrientes esenciales más importantes ya que induce la formación de un activo y potente sistema radicular. Los cultivos resultan más resistentes a las plagas y enfermedades y responden mejor a los efectos negativos del granizo, heladas, vientos, alta temperatura y otros factores estresantes para la planta (Indriyani y Karsinah, 2011). Entre las fuentes de fósforo que se disponen para la nutrición de plantas se encuentra la roca fosfórica, la cual se compone principalmente del mineral fosforita. La fosforita es un cristal amorfo formado por óxidos no metálicos

de fósforo. En su forma natural la roca fosfórica presenta poca solubilidad, sin embargo, el fósforo contenido se libera por la acción de ácidos presentes en el medio. Así mismo, la acción de la flora microbiana natural del suelo promueve la biodisponibilidad de fósforo (Arévalo *et al.*, 2003).

Las micorrizas son asociaciones entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Noda, 2009).

Con el aumento del volumen de la raíz aumenta la absorción del fósforo y otros nutrimentos, así como agua, la tolerancia a la sequía, a altas temperaturas del suelo entre otras características benéficas para las plantas, en nuestro caso utilizaremos *Glomus mosseae* se obtuvo de la colección microbiana del Cinvestav-Irapuato (México).

No se ha encontrado ningún reporte sobre la evaluación del efecto de la vermicomposta, roca fosfórica y hongo micorrízico arbuscular en el crecimiento de plántulas de zarzamora y si influye en la cantidad de antocianinas de los frutos de tal planta.

JUSTIFICACIÓN.

Debido al interés en el cultivo de Zarzamora por la identificación de metabolitos secundarios de alto valor agregado, es necesario dar a conocer a los agricultores que existen varias alternativas de cultivo distintas a lo tradicional, ya que el empleo de fertilizantes químicos se erosiona el suelo. Por lo que es necesario sustituir y promover el uso de biofertilizantes, algunos de estos pueden ser producidos por los mismos agricultores o adquirirlos a bajos costos. Las principales justificantes científicas es que no se tienen reportes del uso de vermicomposta, roca fosfórica y hongo micorrízico arbuscular, en el efecto que estos biofertilizantes pueden tener sobre el crecimiento de la planta, producción de frutos y producción de metabolitos secundarios tales como antocianinas totales.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar el efecto de dos biofertilizantes y un fertilizante usado en agricultura orgánica; sobre el crecimiento de la planta, producción de frutos y contenido de antocianinas en los frutos de zarzamora (*Rubus sp.*)

Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la roca fosfórica sobre el crecimiento de la planta, producción de frutos y contenido de antocianinas en los frutos de zarzamora (*Rubus sp.*)
- Evaluar el desarrollo de la planta, producción de frutos y contenido de antocianinas en los frutos de zarzamora (*Rubus sp.*) al utilizar vermicomposta.
- Valorar la influencia de hongos micorrízico arbusculares sobre el crecimiento de la planta, producción de frutos y contenido de antocianinas en zarzamora (*Rubus sp.*)

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El presente trabajo fue realizado en la empresa Luanda, planta de vermicomposta, ubicada en el Km 10.5 de la carretera Ocozocoautla – Villaflores, Chiapas.

Mayoritariamente en la áreas de cultivo orgánico. Aquí se trasladaron las plántulas de zarzamora, y se adicionaron los abonos orgánicos a los diferentes bloques de plantas, los cuales fueron divididos en ocho grupos de 20 plantas. También se realizó parte del trabajo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, principalmente en el área de laboratorios, donde se pesaron los abonos orgánicos.

PROBLEMÁTICA A RESOLVER

En la actualidad, los diversos factores de carácter ambiental, han motivado el interés por el desarrollo de la agricultura orgánica, reconociéndose como una alternativa económicamente eficiente, socialmente justa y ecológicamente sostenible con potencial para atenuar los impactos negativos atribuidos a la agricultura convencional.

A pesar de que existen muchas investigaciones sobre la aplicación de los biofertilizantes en diferentes vegetales, a la fecha se desconoce los efectos que tiene la aplicación de insumos orgánicos en plántulas de zarzamora (*Rubus sp.*), sobre los parámetros de crecimiento de la planta, producción de frutos, contenido de antocianinas totales y fenoles totales en frutos.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances.

A través de los resultados del proyecto, se pudo determinar los efectos de la aplicación de roca fosfórica, vermicomposta y hongo micorrízico arbuscular sobre los parámetros de crecimiento.

Limitaciones.

Una limitante primordial es que la planta produce frutos en época invernal, por lo que la producción de frutos, contenido de antocianinas totales y fenoles totales en frutos de zarzamora (*Rubus sp.*) no se pudo determinar, sin embargo el trabajo continua desarrollándose y en el periodo de producción los frutos serán recolectados e inmediatamente después se realizaran las determinaciones programadas.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El término “biofertilizantes” o “inoculantes microbianos” puede ser definido de manera general como preparaciones que contienen células vivas o latentes de cepas eficientes para fijar nitrógeno, solubilizar fosfato o microorganismos celulíticos, usadas para aplicarse en semillas, suelo o áreas de composteo con el objetivo de aumentar el número de microorganismos y acelerar los procesos microbianos para incrementar la disponibilidad de nutrientes en una forma tal que puedan ser fácilmente asimilados por las plantas. El término puede usarse para incluir a todos los materiales orgánicos (abonos) que las plantas pueden utilizar para crecer y que se encuentren disponibles para su absorción a través de los microorganismos o de las asociaciones o interacciones planta – microorganismos (Figuroa y Gutiérrez, 2009).

Los biofertilizantes son tecnologías limpias apropiadas dentro de los esquemas de certificación nacional e internacional, porque ofrecen soluciones a problemas de deficiencia de nutrientes en el suelo, permiten la sustitución total o parcial de fertilizantes de síntesis con restricciones para su uso en tecnologías limpias, contribuyen con la disminución de los costos de producción y son compatibles con la protección al ambiente (Gómez y Vélez, 2008).

Descripción de los objetos de estudio.

Zarzamora (*Rubus sp.*)

Características:

- Nombre común.- zarzamora
- Especie.-*Rubus sp.*
- Familia botánica.-*Rosaceae*

Existen unas 250 especies semejantes del género *Rubus* repartidas por los cinco continentes con innumerables subespecies e híbridos, ya sean naturales o inducidos.

- Composición nutrimental

La zarzamora es una fruta con escaso aporte de carbohidratos, es por eso que se describe como una fruta de bajo valor calórico. Es una excelente fuente de vitaminas, en especial de las vitaminas C y A. Estas dos vitaminas convierten a este fruto en un buen antioxidante, además de la abundancia de antocianinas y carotenoides presentes en esta fruta (Cerón, 2008).

Este tipo de frutas son de las fuentes más importantes de antocianinas en la dieta, gracias a este tipo de compuestos fenólicos, la zarzamora tiene su color característico debido a que las antocianinas son de los grupos principales de pigmentos naturales (Badui, 2006).

Contiene del 75 a 90% de su peso total en agua, mientras que solo alrededor de uno por ciento es proteína careciendo de grasa, como se muestra en cuadro 1 (Cerón, 2008).

Cuadro 1. Valor nutricional en cada 100g de zarzamora¹.

| Valor nutricional por cada 100g | |
|---|---------|
| Carbohidratos | 11.94g |
| • Azúcares | 4.42g |
| • Fibra | 6.5g |
| Grasas | 0.65g |
| Proteínas | 1.2g |
| Tiamina | 0.032mg |
| Riboflavina | 0.038mg |
| Niacina | 0.598mg |
| Ácido pantoténico | 0.329mg |
| Vitamina B6 | 0.055mg |
| Ácido fólico | 21 µg |
| Vitamina C | 26.2mg |
| Vitamina E | 0.87mg |
| Vitamina K | 7.8 µg |
| Calcio | 25 mg |
| Hierro | 0.69mg |
| Magnesio | 22mg |
| Manganeso | 0.67mg |
| Fosforo | 29mg |
| Potasio | 151mg |
| Sodio | 1mg |
| Zinc | 0.42mg |
| Fuente: Base de datos de nutrientes de USDA* | |

¹United States Department of agriculture (2001)

- Descripción botánica

Para describir las diversas variedades de zarzamoras de forma general, diremos que son arbustos vigorosos con numerosos tallos arqueados que brotan de la base de la planta, aristados y con la facultad de emitir raíces. Los tallos poseen numerosas espinas prominentes como ganchos. Son tallos bianuales que durante el primer año se desarrollan y durante el segundo florecen. Permanecen erectos solo durante su primer desarrollo para luego arquearse hasta tocar el suelo donde pueden enraizar (Morales y Box, 2005).

Las hojas son similares a las del frambueso, trifoliadas y estipuladas con peciolo más o menos espinosos. Los folíolos son oblongos y con el margen aserrado, de un verde oscuro y brillante por el haz y blanquecinos por el envés, debido a la presencia de una vellosidad. Las flores son hermafroditas y autofértiles, pentámeras con pétalos de color blanco y rosado, agrupadas en inflorescencias en racimos, panículas o solitarias. Se desarrollan en los tallos de dos años y pueden ser terminales o axilares (Morales y Box, 2005).

Las infrutescencias o zarzamoras son realmente una polidrupa de 1-2 cm de largo, que está formada por varias pequeñas drupas carnosas de color verde, que a medida que maduran pasan al rojo hasta llegar a un negro muy intenso y brillante. Cada drupilla contiene una diminuta semilla leñosa y cuando están bien maduras tienen un agradable sabor dulzón (Morales y Box, 2005).

Vermicomposta

La vermicultura es el cultivo de las lombrices, en donde la meta es incrementar continuamente el número de lombrices para obtener una cosecha sustentable. El vermicomposteo es el proceso por el cual las lombrices son usadas para convertir materiales orgánicos (generalmente desechos) en un material parecido a humus conocido como vermicomposta (Náfate, 2006). Una meta del proceso es que el material sea producido tan rápida y eficientemente como sea posible. Estos procesos son similares pero diferentes. Si lo que se desea es producir vermicomposta, es necesario tener una densidad poblacional máxima de las lombrices en todo el tiempo del proceso. Si la meta es producir lombrices, debe mantener la densidad poblacional de las lombrices en niveles bajos de tal manera que la tasa reproductiva sea optimizada (Mandujano, 2006).

La vermicomposta se considera uno de los abonos orgánicos de fácil adquisición, manejo y producción rápida. Tiene buenas características físicas, químicas, microbiológicas y nutrimentales, y su uso mejora la estructura del suelo, la aireación, retención de agua, drenaje, y aumenta el intercambio iónico y disponibilidad de fósforo. Por ello, se ha utilizado como fertilizante orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de los cultivos hortícolas y las plantas ornamentales en invernaderos (Náfate, 2006).

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices; al utilizar este biofertilizante puede reducirse el uso de fertilizantes químicos (Velasco *et al.*, 2001).

La descomposición de la materia orgánica bajo condiciones ambientales variables es una característica fundamental de los ecosistemas terrestres. En el caso del vermicomposteo, las interacciones complejas entre residuos orgánicos, microorganismos, lombrices y otros animales de la fauna del suelo provocan la bioxidación y estabilización de dichos residuos. Una gran variedad de microorganismos y organismos invertebrados del suelo proliferan e interactúan contribuyendo al “ciclo de la materia” dentro del vermicomposteo. El sistema de vermicomposteo soporta complejas cadenas alimenticias, y al mismo tiempo, modifica diferentes formas químicas de diversos elementos nutritivos contenidos en los compuestos orgánicos, los cuales son importantes para la dinámica de los elementos nutritivos (Mandujano, 2006).

La vermicomposta o lombricompostado, es un material de color oscuro, limpio, suave al tacto, con un agradable olor a mantillo de bosque y debido a su bioestabilidad no sufre de procesos de fermentación y putrefacción, contiene además, una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser fácilmente absorbidos por las raíces y asimilables por las plantas evitando la lixiviación; con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo e influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad (Náfate, 2006). Incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos. Favorece e incrementa la actividad biótica del suelo.

También se ha demostrado que provoca aumento en la biomasa, en la actividad microbiana y modifica la estructura de la comunidad bacteriana, estimulando el aumento de grupos bacterianos de acción favorable, que disminuyen el impacto de fitopatógenos. Estos efectos en la comunidad varían según la materia prima utilizada para elaborar la composta, el periodo de curado (tiempo transcurrido luego de ser cosechada la composta) y la dosis de aplicación (Robledo *et al.*, 2010).

Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos. Se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nematodos. Los ácidos húmicos y fúlvicos que contiene regeneran las características químicas del suelo y, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento, favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Posee un pH neutro. Mejora las características estructurales del terreno, desliga suelos arcillosos y agrega suelos arenosos. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Amortigua el efecto de los compuestos químicos aplicados al suelo. Aumenta la retención hídrica de los suelos (4-27%) disminuyendo el consumo de agua por los cultivos (Mandujano, 2006).

Neutraliza eventuales presencias contaminadoras (herbicidas, ésteres fosfóricos), evita, facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno, favorece e incrementa la actividad biótica del suelo y aumenta la retención hídrica de los suelos disminuyendo el consumo de agua por los cultivos (Náfate, 2006).

La vermicomposta se caracteriza por estar conformada por materiales aireación drenaje, capacidad de retención de humedad. Además presentan una gran área superficial, la cual le permite adsorber y retener fuertemente los elementos nutritivos, los cuales se encuentran en formas que son fácilmente asimilables para las plantas tales como los nitratos, el fósforo intercambiable, potasio, calcio y magnesio solubles. En consecuencia, las vermicomposta pueden tener un gran potencial en las industrias hortícolas y agrícolas como sustrato para el crecimiento de la planta (Mandujano, 2006).

- Papel de las lombrices en el vermicomposteo

Las lombrices de tierra son consumidores voraces de residuos orgánicos aun cuando sólo utilizan una pequeña porción para la síntesis de sus cuerpos, ellas excretan una gran parte de los residuos consumidos en una forma medio digerida. Puesto que los intestinos de las lombrices contienen una amplia gama de microorganismos, enzimas, hormonas, etc., éstos materiales medio digeridos se descomponen rápidamente y son transformados a una forma de vermicomposta en un período de tiempo corto (Mandujano, 2006).

Las familias de lombrices comúnmente utilizadas para realizar el vermicomposteo son *Eisenia foetida* y *Lumbricus rebellus*. La crianza de estos animales requiere de un esfuerzo mínimo por parte de quienes se interesan en su manejo y reproducción, ya que, en ausencia de los riesgos que habitualmente enfrentan los organismos dentro de sus hábitats naturales, estas lombrices crecen más rápido, se mantienen más saludables, viven más tiempo, y se reproducen a una mayor velocidad siempre y cuando las lombrices se coloquen sobre los materiales requeridos para su óptimo desarrollo. La actividad de las lombrices transforma los residuos orgánicos en una fuente nutritiva para las especies vegetales (Mandujano, 2006).

Micorrizas

- La simbiosis micorrícica

La micorriza es una simbiosis mutualista que se establece entre ciertos hongos del suelo y las raíces de muchas plantas. Los organismos asociados pertenecen al reino fungí (basidiomicetos, ascomicetos, zigomicetos) y a la mayor parte de las plantas vasculares (José, 2010). Por lo que estas asociaciones micorrícicas involucran interacciones entre los hongos, la planta y los factores del suelo (figura1).

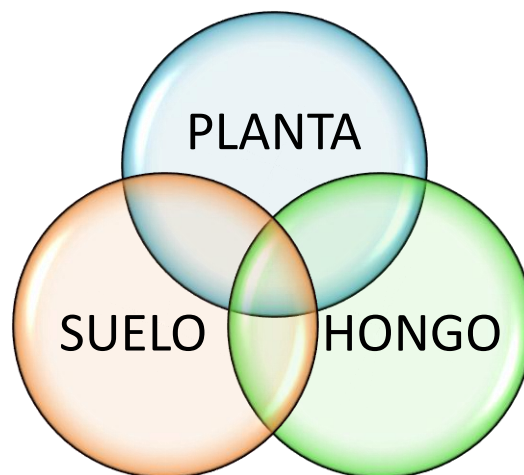


Figura 1. Interacción hongo-planta-suelo (José, 2010).

La asociación micorrícica probablemente surgió como un mecanismo de supervivencia para ambos socios en ambientes terrestres de baja fertilidad, sequía, enfermedades y temperaturas extremas donde no hubieran podido establecerse solos (José, 2010).

La importancia agronómica de la micorriza vesículo-arbuscular radica en el papel que juega en el crecimiento de las plantas de interés agrícola, frutícola, forestal y en los ecosistemas naturales (Pérez, 1998).

Hasta hace pocos años, el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) se encontraba restringido a aquellos cultivos que necesitan de una fase inicial de establecimiento y crecimiento antes de quedar definitivamente establecidos en el campo, tales como los semilleros de hortalizas, los viveros en frutales y la fase de adaptación en vitroplantas. En esos casos, los volúmenes de inóculos eran aceptables; sin embargo, no se recomendaban para los cultivos de siembra directa aun cuando los efectos eran positivos. Se puede considerar que una de las principales causas que limitan la obtención de micorrizas por los productores, puede estar dada por su forma de reproducción, ya que el fertilizante biológico se obtiene a partir de la inoculación previa de una determinada cepa de HMA a plantas hospederas (ya sea en el momento de la siembra o por recubrimiento de sus semillas), que incluyen por lo general las especies de *Sorghum vulgare* y *Brachiaria decumbens*, entre otras, y su posterior desarrollo en el sistema radical. El inoculante está listo cuando se cumple el ciclo reproductivo de dichas plantas y es extraído conjuntamente con el sustrato, el cual incluye todos los propágulos infectivos del hongo micorrizógeno (esporas, raicillas infectadas y fragmentos de hifas). No obstante, este puede ser extraído en cualquier otro momento, en dependencia de la cantidad de propágulos existentes en el sustrato (Noda, 2009).

- Principales tipos de micorrizas

Aproximadamente unas 5 000 especies de hongos (principalmente *Basidiomycetes*) están asociadas a los árboles forestales en las regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas. Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de

los árboles frutales y de casi la totalidad de las demás plantas verdes, están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos. Estos hongos, aunque presentes en casi todo el Planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y pertenecen a seis géneros y alrededor de un centenar de especies (Noda, 2009).

Las micorrizas se han agrupado tradicionalmente, sobre la base de la anatomía de las raíces que colonizan; en:

- a) Ectomicorrizas: Se caracterizan por la penetración intracelular del micelio fúngico en la corteza radicular, que forma la “red de Harting” y el “manto” que se desenvuelve alrededor de los segmentos de raíces colonizados, provocando cambios anatómicos evidentes que producen el crecimiento dicotómico de estas raíces (Pérez, 1998).
- b) Ectendomicorrizas: Son generalmente ectomicorrizas con penetración intracelular. Existen diferencias anatómicas en función de la planta hospedera, de manera que se diferencian los subgrupos de las pinaceae y de las Ericales (géneros *Arbutus* y *monótopas*, *micorrizas arbutoides*) (Pérez, 1998).
- c) Endomicorrizas: Se caracterizan por la inter e intracelular pero sin formación del manto ni modificaciones morfológicas evidentes en las raíces. Cumplan con estas condiciones los tipos de micorrizas ericoides, orquidoides y las vesículo arbusculares, siendo las micorrizas vesículo arbusculares las de más amplia distribución, tanto geográfica como florística (Pérez, 1998).

Los dos tipos más comunes y más conocidos son las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedero. Plantean que en las ectomicorrizas el micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células; en el caso de las endomicorrizas el micelio invade la raíz, inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Se señala que este tipo de micorrizas es muy frecuente y están extendidas en todo el Planeta. Se distribuyen además, en la mayoría de los árboles de las zonas tropicales y algunos árboles de bosques templados (Noda, 2009).

Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas vesículo arbusculares pertenecen a un solo grupo, las Glomales (*Zygomycetes*), con seis géneros y muchas especies distribuidas en todos los continentes; son estrictamente simbióticos y no pueden ser cultivados en cultivo puro, o sea en ausencia de su hospedero, contrariamente a los hongos ectomicorrícicos (Noda, 2009).

Los arbusculos de las endomicorrizas son estructuras altamente ramificadas, típicamente intracelulares, que se localizan en las células cercanas al cilindro vascular, y su función es la transferencia de nutrimentos desde el suelo hasta el huésped; las vesículas son protuberancias que quedan revestidas por la membrana plásmatica. Las hifas, por otra

parte, se extienden varios centímetros por fuera de la raíz, incrementando la cantidad de nutrientes absorbidos. En este sentido, las hifas no están septadas, es decir, ausentes de tabiques que separan las células y las asociaciones hongo/ hospedante no son muy específicas. Muchas gramíneas las presentan: *Andropogon*, *Bromus*, *Festuca*, *Panicum*, *Poa*, *Saccharum*, *Sorghum*, *Sporobolus*, *Stipa* y *Zea mays*. El intercambio entre el hongo y el hospedante tiene lugar en los arbuscúlos, que se llenan de gránulos de fosfatos (Noda, 2009).

La utilización de las micorrizas como biofertilizante no implica que se puede dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y que puede disminuirse la dosis a aplicar hasta en un 100% (Pérez, 1998).

Entre los factores que han estimulado el interés en la micorriza es que incrementa el grado de crecimiento de las plantas debido a una mayor absorción de fósforo y otros nutrientes, así como el agua, incrementa la salinidad y longevidad de las raíces, incrementa la tolerancia a la sequía, a altas temperaturas del suelo, a la toxicidad por metales pesados a pH extremos y al estrés al trasplante; también juega un papel importante en la nutrición mineral, principalmente mejorando la absorción del fósforo en suelos de baja fertilidad y otros nutrientes poco móviles. Además se ha mostrado que tienen un efecto en la formación de agregados semiestables en suelos sueltos, induce a la tolerancia a patógenos y favorece la adaptación de las plantas a condiciones limitantes así como al estrés ambiental (Pérez, 1998).

En el ámbito mundial, se reportan múltiples experiencias acerca de los beneficios de las micorrizas arbusculares en especies frutales, donde frecuentemente se compara el crecimiento de las plantas micorrízicas con las no micorrízicas; estas diferencias son atribuibles a una mayor absorción de nutrientes, una producción de hormonas más alta y mayores contenidos de clorofila. Estas diferencias se han observado en especies tropicales como *Mora excelsa*, *Prioria copaiifera* en el Caribe (Trinidad y Tobago, y Panamá) y en múltiples árboles tropicales de la familia *Fabaceae*. Otros autores reportan beneficios en especies como la chirimoya, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa*, *Sclerocaria birrea*, *Balanites aegyptica*, *Adansonia digitata*, *Codyla pinnata*, *Saba senegalensis*, *Landolfia heudelotti*, *Dialium guineensis*, *Anacardium occidentale*, *Afshellia africana* y *Aphala senegalensis* (Noda, 2009).

Roca fosfórica

Después de nitrógeno, el fósforo (P) es el fertilizante mineral más influyente para el crecimiento vegetal, y es el segundo mayor producto químico agrícola del mundo (Fateh *et al.*, 2011).

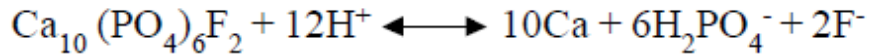
Roca fosfórica es un nombre colectivo utilizado para denominar todos los minerales que contienen fosfatos. Las rocas fosfóricas constituyen un recurso natural finito, no renovable y los depósitos geológicos de diferente origen se encuentran en todo el mundo. En la actualidad son explotados pocos yacimientos de roca fosfórica y cerca del 90 por ciento de la producción mundial es utilizada por la industria para la fabricación de fertilizantes fosfatados, mientras que el resto se emplea para la producción de alimentos para animales, detergentes y otros productos químicos.

Además es uno de los principales elementos nutritivos para las plantas y animales que restringe en mayor grado la producción agropecuaria. Este problema puede corregirse mediante la aplicación de abonos químicos fosfatados de alta solubilidad como el súper fosfato simple (SFS) o el súper fosfato triple (SFT) o con la aplicación de fuentes menos solubles, pero al mismo tiempo, más económicas, como es el caso de las rocas fosfóricas. Solucionado la deficiencia de P en el suelo, la producción de biomasa incrementará y por ende la productividad (Arévalo *et al.*, 2003).

Las rocas fosfóricas son la materia prima básica para la producción de los fertilizantes fosfatados. El compuesto fosfatado en las rocas fosfóricas es algún tipo de apatita. Según el origen del depósito de la roca fosfórica y su historia geológica, las apatitas pueden presentar propiedades físicas, químicas y cristalográficas diferentes. Con las rocas fosfóricas se hallan asociados grupos definidos de minerales accesorios de diversos orígenes y edades geológicas. Por lo tanto, es imperativo establecer procedimientos simples para la caracterización normalizada de las rocas fosfóricas, definir las normas de calidad para fines de la aplicación directa y luego clasificarlas. Las fuentes de roca fosfórica de calidad conocida pueden ser utilizadas como materiales de referencia para los fines de comparación.

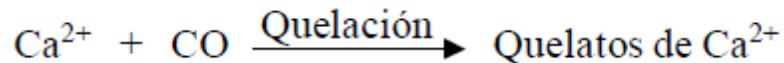
Las características mineralógicas, químicas y texturales de los minerales de fosfatos y sus concentrados determinan: i) su conveniencia para los diversos tipos de procesos de «beneficio» o enriquecimiento para mejorar la calidad de los minerales y eliminar las impurezas, ii) su adecuación a los varios tipos de procesamiento químico y, iii) su capacidad para ser utilizada como roca fosfórica para la aplicación directa. Los factores más importantes en su evaluación para la aplicación directa son: el grado o ley, la conveniencia para el beneficio y la reactividad de la apatita. Una matriz completa de caracterización basada en la integración de todos los datos obtenidos por varios métodos analíticos determina el potencial de beneficio y los mejores usos posibles de la roca fosfórica en la producción de los fertilizantes fosfatados solubles o como fertilizante de aplicación directa.

La aplicación de roca fosfórica al suelo como fuente de fósforo requiere de un ambiente apropiado que facilite el proceso de disolución de la misma, este proceso ha sido descrito, por Khasawneh y Doll (1978) de acuerdo a la siguiente ecuación:



De acuerdo a esta ecuación la disolución de la roca puede ser favorecida por la remoción de los productos de disolución, en particular los iones calcio y fosfato, o bien por la suplenencia de protones.

En este orden de ideas se ha sugerido que la aplicación de diversos materiales orgánicos, el estiércol de diversos orígenes, entre éstos, en forma conjunta a la roca fosfórica (RF) permite incrementar los niveles de fósforo liberados por ésta, con relación a eso He *et al.* (1997) muestran resultados según los cuales la solubilidad de la roca se incrementó notablemente con la aplicación de celulosa; efecto que sería posible cuando se incorpora estiércol de bovino dado sus elevados contenidos de celulosa. Una de las teorías propuestas para explicar tal efecto supone que, el calcio liberado por la roca durante su proceso de disolución puede ser quelatado por los compuestos orgánicos (CO) gracias a grupos funcionales o aniones como el citrato y el oxalato (Chien, 1979; Tan, 1986). La reacción general sería la siguiente:



Amberger y Singh (1994), señalan que en el caso de la materia orgánica (MO) estable del suelo, la fracción correspondiente a los ácidos fúlvicos es, en gran medida, responsable de los procesos de quelación. Este mecanismo, sea mediado por la MO estable o por productos orgánicos de incorporación reciente, permite “eliminar” del sistema uno de los productos de la reacción de disolución de la RF, ello conducirá a un desplazamiento de los equilibrios y en consecuencia al incremento de la disolución de la misma. La producción de este fenómeno requiere, según estimaciones hechas, periodos de dos a cuatro semanas (Chien, 1979).

Otro enfoque importante es aquel que sostiene que es la producción de ácidos orgánicos de cadena corta, durante las primeras etapas de descomposición de los CO añadidos (Christ y Davies, 1996; Baziramakenga y Simard, 1998), la responsable del incremento del proceso de disolución. En este caso se considera que los mencionados ácidos suministran los H⁺ necesarios para el ataque de fosfatos altamente insolubles tales como la RF (Fox *et al.*, 1990; Gerke *et al.*, 2000). Es evidente que existe la posibilidad de que ambos fenómenos ocurran y que el predominio de uno u otro dependerá de la combinación de suelo, clima y CO incorporados, así como de las características de la roca utilizada. Existe, no obstante otro enfoque, que de acuerdo a nuestro punto de vista no ha sido considerado, y es el hecho de que el estiércol constituye un inóculo rico en un gran número de cepas bacterianas que han sido señaladas como solubilizadoras de fósforo, tal es el caso de bacterias de los géneros *Bacillus* y *Xanthomonas* (De Freitas *et al.*, 1997; Sahn y Jana, 2000).

- El fósforo en el sistema suelo-planta

El fósforo es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza y ocurre conjuntamente con el nitrógeno y el potasio como constituyente primario de los seres vivos, vegetales y animales. El fósforo posee una serie de funciones en el metabolismo vegetal y es uno de los nutrientes esenciales requeridos para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Desempeña funciones estructurales en las macromoléculas como los ácidos nucleicos y de transferencia de la energía en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación. A diferencia de los nitratos y sulfatos, los fosfatos no son reducidos en la planta y permanecen en su forma más altamente oxidada (Marschner, 1993).

El fósforo es absorbido principalmente durante el crecimiento vegetativo y luego la mayoría del fósforo absorbido es movilizado a los frutos y semillas durante las etapas reproductivas. Las plantas con deficiencias de fósforo tienen un crecimiento retardado (reducción del crecimiento celular y de la expansión foliar así como de la fotosíntesis y de la respiración) y a menudo presentan un color verde oscuro (más alta concentración de clorofila) y rojizo (aumento de la formación de antocianinas). Se ha indicado que el nivel de abastecimiento de fósforo durante los estados reproductivos regula el fraccionamiento entre las hojas y los órganos reproductivos, siendo este efecto esencial para las leguminosas fijadoras de nitrógeno (Marschner, 1993). Los animales y los seres humanos en buena salud requieren también cantidades adecuadas de fósforo en sus alimentos para que sus procesos metabólicos sean normales (FAO, 1984, 1995a).

Este elemento nutritivo es absorbido por las plantas a partir de la solución suelo como aniones ortofosfato monovalente (H_2PO_4) y divalente (HPO_4), cada uno representando un 50 por ciento del fósforo total en la solución a un pH cercano a la neutralidad (pH 6-7). A un pH entre 4 y 6, el anión ortofosfato monovalente (H_2PO_4) representa casi el 100 por ciento del fósforo total en la solución. A un pH 8, el anión monovalente (H_2PO_4) constituye el 20 por ciento y el divalente (HPO_4) el 80 por ciento del fósforo total en la solución (Black, 1968).

La físico-química del fósforo en los suelos minerales es bastante compleja debido a la ocurrencia de una serie de reacciones simultáneas e instantáneas tales como solubilización, precipitación, adsorción (retención)/desorción y oxido-reducción.

Los compuestos solubles del fósforo presentan reactividad muy alta, solubilidad baja y movilidad reducida. La mineralización e inmovilización son procesos importantes del ciclo del fósforo en los suelos con alto contenido de materia orgánica (Black, 1968; FAO, 1984).

Cuando se aplica al suelo un fertilizante fosfatado soluble en agua, este reacciona rápidamente con los compuestos del suelo. Los productos resultantes son compuestos de fósforo menos solubles y el fósforo que es adsorbido sobre las partículas coloidales del suelo (FAO, 1984). Una pequeña concentración de fósforo en la solución del suelo es por lo general adecuada para el desarrollo normal de las plantas. Por ejemplo, Fox y Kamprath (1970) y Barber (1995) han sugerido que una concentración de 0.2 ppm de fósforo es suficiente para un crecimiento óptimo. Sin embargo, para que las plantas absorban las cantidades de fósforo necesarias para producir buenos rendimientos, la concentración de fósforo en la solución suelo que está en contacto con las raíces debe ser renovada continuamente durante todo el ciclo de crecimiento.

El ciclo del nitrógeno.

El nitrógeno es el nutriente mineral más demandado por las plantas de los cuatro más comunes en la composición de la tierra. El nitrógeno es uno de los susceptibles a las transformaciones microbianas. Este elemento es la unidad estructural clave de la molécula de la proteína la cual se basa toda la vida y por consiguiente es un componente indispensable del protoplasma de plantas, animales y microorganismos.

El nitrógeno sufre un número de transformaciones que involucran a compuestos orgánicos, inorgánicos y volátiles. Estas transformaciones ocurren simultáneamente pero a menudo los pasos individuales efectúan objetivos opuestos. Las reacciones pueden verse en términos de un ciclo el cual es manejado a discreción por la microflora. Una pequeña parte del gran reservorio de N_2 en la atmósfera es convertido en compuestos orgánicos por algunos microorganismos de vida libre o por una asociación planta-microorganismo que torna el elemento directamente aprovechable por la planta. El nitrógeno presente en proteínas, ácidos nucleicos, etc. de los tejidos vegetales se usa por los animales. Cuando los animales y las plantas son sujetos a la degradación microbiológica, el nitrógeno orgánico es liberado como amonio, que a su vez es utilizado por la vegetación o es oxidado a nitrato.

Este último ion puede perderse por lixiviación, servir como nutriente o puede ser reducido a amonio o a N_2 gaseoso, que escapa a la atmósfera, Estas transformaciones del nitrógeno en su conjunto son los que en la naturaleza completan el ciclo de este elemento, el cual también en términos generales es el más limitante en el suelo y el que más manifiestan las plantas, síntomas de deficiencias. Por lo que en el mercado es el que en más compuestos químicos se vende.

Mineralización del nitrógeno

La conversión de nitrógeno orgánico al estado inorgánico se conoce como mineralización del nitrógeno. En la mineralización se producen amonio y nitrato y desaparece el nitrógeno orgánico distinto. Estos productos lo delimitan dos procesos microbiológicos distintos, amonificación; en donde el amonio se forma a partir de compuestos orgánicos y nitrificación; término que se utiliza para referirse a la oxidación del amonio a nitritos y posteriormente nitratos.

El amonio (NH_4^+) al formarse hay subproductos sujetos a volatilización y como NH_4^+ a fijación por arcillas y a la materia orgánica del suelo.

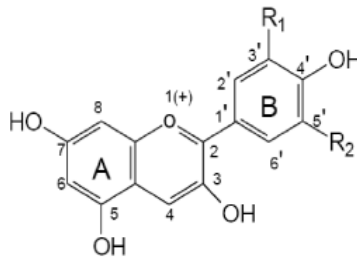
El nitrógeno orgánico (proteínas, polipéptidos, aminoácidos, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos) cuando es biodegradado libera amonio el cual entonces es oxidado. En condiciones naturales, la degradación de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas es el resultado del metabolismo de una multitud de cepas microbianas, cada una de las cuales tiene alguna función en la ruta metabólica de la degradación. Una diversidad de microorganismos libera amonio de los componentes nitrogenados orgánicos. Casi todas las bacterias, hongos y actinomicetos participan en la descomposición de abonos orgánicos, pero la tasa de descomposición y los compuestos aquí utilizados varía con las especies y los géneros.

Antocianinas

Las antocianinas (del griego: *Anthos*, flor y *Kyanos*, azul). Estos son compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. Estos son compuestos fenólicos solubles en agua (Cerón, 2008). Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C (Garzón, 2008).

Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura y sustituyentes de las antocianinas (Garzón, 2008).



| Aglicona | Sustitución | | λ máx. (nm) |
|----------------------|------------------|------|--------------------|
| | R1 | R2 | |
| | Espectro visible | | |
| Pelargonidina | H | H | 494 (naranja) |
| Cianidina | OH | H | 506 (naranja-rojo) |
| Delfinidina | OH | OH | 508 (azul-rojo) |
| Peonidina | OCH3 | H | 506 (naranja-rojo) |
| Petunidina | OCH3 | OH | 508 (azul-rojo) |
| Malvinidina | OCH3 | OCH3 | 510 (azul-rojo) |

Los colores rosa, rojo, azul y violeta de las flores, frutas y verduras se deben a la presencia de estos pigmentos. Las antocianinas que más frecuentemente se encuentran son la pelargonidina, cianidina, peonidina, delfinidina, malvidina y petunidina, las diferencias entre ellas están dadas por la cantidad de grupos hidroxilos y metilos que la componen así como las posiciones que ocupan (Vizcaíno y Ríos, 2007).

El color de las antocianinas también depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008).

También encontraron que un incremento del grado de metoxilación favorece la estabilidad, sin embargo el aumento de la hidroxilación disminuye la estabilidad de las antocianinas (Vizcaíno y Ríos, 2007).

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa (Garzón, 2008).

En estudios realizados varios autores han informado que las antocianinas diglucosidadas son más estables a la decoloración por efecto de la luz y el calor que las monoglucosidadas (Vizcaíno y Ríos, 2007).

Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, caféico,

ferúlico, sinápico, gálico, o p-hidroxibenzóico. Además se demostró que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glicosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura (Garzón, 2008).

PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIONES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Las 160 plantas de zarzamora se obtuvieron de una explantación de zarzamora ubicada en la autopista a Coatzacoalcos Km. 184, perteneciente al municipio de Berriozábal, Chiapas entre los paralelos 16°43' y 17°20' de latitud norte y los meridianos 93°12' y 93°26' de longitud oeste, con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI 2013).

De manera aleatoria se designaron 8 tratamientos; tomando al azar y el orden quedo de la manera siguiente:

1. Hongo micorrízico arbuscular (HMA)
2. Roca fosfórica (RF)
3. Vermicomposta (V)
4. HMA + RF + V
5. HMA + RF
6. HMA + V
7. V + RF
8. Testigo

Estos tratamientos se anotaron en papelitos se colocaron en una tómbola y se designó el orden de los 4 bloques al azar. Cada bloque tiene 40 plantas y la aplicación de los tratamientos fue de la siguiente manera.

Bloque 1: 4, 8, 6, 1, 7, 2, 3, 5

Bloque 2: 5, 4, 1, 7, 2, 6, 3, 8

Bloque 3: 6, 5, 4, 7, 8, 1, 3, 2

Bloque 4: 1, 7, 4, 8, 2, 5, 3, 6

Las cantidades de fertilizantes orgánicos se pesaron en balanza analítica en el laboratorio de Biología Molecular del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas Se pesaron 80 bolsas con 1 g de roca fosfórica, 80 bolsas con 10 g de vermicomposta, y 80 bolsas con 1 g de hongo micorrízico arbuscular

La roca fosfórica fue obtenida de una compañía con el nombre de Calizas Industrializadas de Hidalgo S. A. de C.V., México. Con una densidad de 1700g/cc, soluble en agua, utilizado por su alto contenido en fósforo. La vermicomposta fue obtenida en la empresa Luanda, planta de vermicomposta, ubicada en Km 10.5 carretera Ocozocoautla – Villaflores, Chiapas. Con las características del compost de lombriz con un pH de 8.25, una conductividad eléctrica 1,44 dS m⁻¹, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 98.6 kg⁻¹ cmol, fósforo total 341,4 mg kg⁻¹, fósforo

extraíble 472 mg kg^{-1} , la materia orgánica 20,17% y el nitrógeno total 132 mg kg^{-1} . La densidad aparente fue $0,69 \text{ g mL}^{-1}$, la concentración de ácido húmico 4,34% y la concentración de ácido fúlvico 3,99% del contenido total de C de la vermicomposta. El humus de proporción de ácidos fúlvicos fue de 1,08 (León-Anzueto, 2011).

Glomus mosseae fue obtenido de la colección microbiana del Cinvestav-Irapuato (México) (León-Anzueto, 2011).

La inoculación de los biofertilizantes se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Luanda, planta de vermicomposta, ubicada en Km 10.5 carretera Ocozocoautla – Villaflores, Chiapas. En el área de cultivos, se hicieron 160 agujeros de 50 cm de profundidad y se fueron colocando los tratamientos en el orden correspondiente según el bloque que correspondía; se trasplanto la plántula y se cubrió con tierra.

Un mes después se realizó la primera lectura de crecimiento del tallo, así como su diámetro, estas lecturas se realizaron durante 5 meses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se presentan los resultados de la altura y del diámetro de las plantas de zarzamora biofertilizadas con diferentes abonos. Con respecto a la altura de las plantas, se observa que con el tratamiento las plantas crecieron con mayor altura, sin embargo estadísticamente no tuvieron diferencia con las plantas cultivadas con los tratamientos 1, 2, 3, 5, 6, y 8, indicados con las letras ab como se muestra en el cuadro 3; con el único que hubo diferencia estadística significativa fue con el tratamiento 7 (letra b, ver cuadro 3). El tratamiento 4 indicado con la letra a, tuvo vermicomposta, roca fosfórica y el HMA y el tratamiento 7 tuvo vermicomposta y roca fosfórica, entonces el resultado de que las plantas crecieran con mayor altura se puede explicar por la adición del HMA. El HMA indujo que las plantas crezcan con mayor altura debido a que promueve la transferencia de nutrimentos desde el suelo hasta el huésped (Noda, 2009), además de que el HMA hace más eficiente y que puede disminuirse la dosis aplicada hasta en 100% en fertilizantes e incrementa el grado de crecimiento de las plantas debido a una mayor absorción de fosforo, agua y otros nutrimentos poco móviles (Pérez, 1998).

En lo referente al diámetro del tallo (Cuadro 3), se observa que el con el tratamiento las plantas aumentan su diámetro, sin embargo estadísticamente no tuvieron diferencias las plantas cultivadas con los tratamientos 4, 6 y 8 indicados con las letras ab en el cuadro 3 con el único que hubo diferencia estadística significativa fue con el tratamiento 5 indicado con la letra a y 7 indicado con la letra b en el cuadro 3. El tratamiento 1 que tuvo el HMA, el 2 roca fosfórica, el 3 vermicomposta, el tratamiento 5 tuvo HMA y roca fosfórica y el 7 vermicomposta y roca fosfórica, por lo cual se observó que en el crecimiento del tallo se debió principalmente por el HMA con la interacción de la roca fosfórica, debido a que presentó mayor crecimiento en los tratamientos mencionados, lo cual fue posible gracias a que el HMA incrementa el grado de crecimiento de las plantas debido a una mayor absorción de fosforo (Pérez, 1998), la cual fue suministrada por la roca fosfórica y este fertilizante mineral al ser el segundo más influyente para el crecimiento vegetal (Fateh *et al.*, 2011), permitió influir de mayor manera sobre el crecimiento, aún más que la vermicomposta con la roca que juntos proveen de mayores características nutrimentales, permiten una mejor estructura de suelo, aireación, drenaje, retención de agua e intercambio iónico y disponibilidad de fósforo (Náfate, 2006).

Cuadro 3. Datos de altura y diámetro del tallo de la planta de zarzamora después del primer mes de crecimiento.

| Tratamiento | Altura (cm) | Diámetro del tallo (cm) |
|---------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1. HMA | 27.9 ± 6.3 ab | 0.42 ± 0.09 b |
| 2. RF | 27.4 ± 10.2 ab | 0.42 ± 0.09 b |
| 3. VERMICOMPOSTA | 25.2 ± 8.9 ab | 0.41 ± 0.08 b |
| 4. HMA + RF + VERMI | 30.2 ± 8.6 a | 0.46 ± 0.12 ab |
| 5. HMA + RF | 29.0 ± 6.6 ab | 0.51 ± 0.14 a |
| 6. HMA + VERMI | 29.0 ± 9.5 ab | 0.46 ± 0.11 ab |
| 7. VERMI + RF | 24.2 ± 9.9 b | 0.44 ± 0.09 b |
| 8. TESTIGO | 27.0 ± 7.9 ab | 0.46 ± 0.10 ab |
| DMS (0.05) | 5.4 | 0.06 |

El cuadro 4 ANOVA descompone la varianza de altura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.09803, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 4. ANOVA para altura por tratamiento aplicado después del primer mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 569.315 | 7 | 81.3308 | 1.10 | 0.3673 |
| Intra grupos | 11258.6 | 15 2 | 74.07 | | |
| Total (Corr.) | 11827.9 | 15 9 | | | |

El cuadro 5 ANOVA descompone la varianza de diámetro de tallo en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.99669, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de diámetro de tallo entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 5. ANOVA para diámetro de tallo por tratamiento aplicado después del primer mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.150687 | 7 | 0.0215268 | 2.00 | 0.0590 |
| Intra grupos | 1.63875 | 15 2 | 0.0107812 | | |
| Total (Corr.) | 1.78944 | 15 9 | | | |

Segundo mes

La altura de las plantas (Cuadro 6) se vio favorecido con la presencia de los tratamientos orgánicos, puesto que se observó una mayor altura. Estadísticamente hablando la aplicación de los tratamientos 1, 3, 5 y 8 no mostraron diferencia estadística significativa. En caso contrario al tratamiento 7 (V-RF), indicado con la letra a; en contraste con los tratamientos 2 (RF), 4 (HMA - RF - V) y 6 (HMA - V), estos tratamientos indicados con la letra b en el cuadro 6; esto lo podemos atribuir a la presencia del Hongo micorrízico, ya que el intercambio entre el hongo y el hospedante tiene lugar en los arbusculos, que se llenan de gránulos de fosfatos. La simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y especialmente el fósforo (Noda, 2009); el cual

es el segundo biofertilizante que presentó estadística mínima significativa, ya que hay una mejora en el transporte y la absorción del agua en el vegetal, así como la resistencia de la planta a la sequía.

La variable de respuesta diámetro del tallo (Cuadro 6) durante el segundo mes, presentó un claro aumento.

El tratamiento 5 cuyo contenido es hongo micorrízico arbuscular y roca fosfórica presento estadística mínima significativa; el tratamiento 5 (HMA, RF) indicado con la letra b; en contraste con el tratamiento 1 (HMA) y el 3 (V), estos dos tratamientos indicados con la letra a, en el cuadro 6; lo que lleva a que el resultado del aumento del tallo es la adición del hongo micorrízico arbuscular ya que la formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de las plantas en condición de estrés hídrico (Montero *et al*, 2010), y el aumento del diámetro del tallo está relacionado de manera directa con el aumento de la raíz proporcionado por el HMA.

Cuadro 6. Datos de altura de la planta y diámetro del tallo de la planta zarzamora; segundo mes.

| | Altura | Diámetro del tallo |
|--------------------|---------------|---------------------------|
| Tratamiento | (cm) | (cm) |
| 1. HMA | 29.4 ± 6.8 ab | 0.45 ± 0.11 a |
| 2. RF | 30.6 ± 10.3 b | 0.48 ± 0.09 ab |
| 3. VERMICOMPOSTA | 27.4 ± 6.4 ab | 0.45 ± 0.09 a |
| 4.HMA + RF + V | 32.0 ± 8.4 b | 0.47 ± 0.13 ab |
| 5. HMA + RF | 28.6 ± 7.2 ab | 0.54 ± 0.17 b |
| 6. HMA+V | 31.5 ± 10.7 b | 0.50 ± 0.13 ab |
| 7. VERMI + RF | 24.4 ± 6.9 a | 0.47 ± 0.16 ab |
| 8. TESTIGO | 28.5 ± 7.9 ab | 0.46 ± 0.08 ab |
| DMS (0.05) | 5.1 | 0.08 |

El cuadro 7. ANOVA descompone la varianza de altura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.77276, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 7. ANOVA para altura por tratamiento aplicado después del segundo mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 835.676 | 7 | 119.382 | 1.77 | 0.0967 |
| Intra grupos | 10168.7 | 15 | 67.3425 | | |
| Total (Corr.) | 11004.4 | 15 | | | |
| | | 8 | | | |

El cuadro 8. ANOVA descompone la varianza de diámetro de tallo en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en

este caso es igual a 1.08585, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de diámetro de tallo entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 8. ANOVA para diámetro de tallo por tratamiento aplicado después del segundo mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.119961 | 7 | 0.0171373 | 1.09 | 0.3751 |
| Intra grupos | 2.38313 | 15 | 0.0157823 | | |
| Total (Corr.) | 2.50309 | 15 | | | |
| | | 8 | | | |

Tercer mes

Durante el tercer mes (Cuadro 9) el crecimiento de las plantas fue aumentando puesto que la fertilización orgánica favoreció su crecimiento de manera proporcional, pero entre los tratamientos durante este mes, ninguno presentó diferencia mínima significativa.

Cuadro 9. Datos de altura de la planta y diámetro del tallo de la planta zarzamora, tercer mes.

| | Altura | Diámetro del tallo |
|--------------------|---------------|---------------------------|
| Tratamiento | (cm) | (cm) |
| 1. HMA | 35.8 ± 10.5 a | 0.51 ± 0.14 a |
| 2. RF | 36.1 ± 9.5 a | 0.57 ± 0.12 a |
| 3. VERMICOMPOSTA | 32.3 ± 8.5 a | 0.51 ± 0.15 a |
| 4.HMA + RF + VERMI | 35.6 ± 8.1 a | 0.52 ± 0.14 a |
| 5. HMA + RF | 32.9 ± 11.2 a | 0.58 ± 0.19 a |
| 6. HMA+VERMI | 36.4 ± 11.1 a | 0.55 ± 0.14 a |
| 7. VERMI + RF | 30.6 ± 10.2 a | 0.51 ± 0.16 a |
| 8. TESTIGO | 34.1 ± 11.8 a | 0.52 ± 0.1 a |
| DMS (0.05) | 6.4 | 0.09 |

El cuadro 10 ANOVA descompone la varianza de altura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.836629, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 10. ANOVA para altura por tratamiento después del tercer mes

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 607.0 | 7 | 86.7143 | 0.84 | 0.5586 |
| Intra grupos | 15547.1 | 150 | 103.647 | | |
| Total (Corr.) | 16154.1 | 157 | | | |

El cuadro 11. ANOVA descompone la varianza de diámetro de tallo en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.692898, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de diámetro de tallo entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 11. ANOVA para diámetro de tallo por tratamiento después del tercer mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.102075 | 7 | 0.0145821 | 0.69 | 0.6780 |
| Intra grupos | 3.15676 | 150 | 0.0210451 | | |
| Total (Corr.) | 3.25883 | 157 | | | |

Cuarto mes.

La variable de respuesta altura (Cuadro 12), mostró un efecto positivo ya que las plantas mostraron un crecimiento satisfactorio. El efecto de los tratamientos 1, 3, 4, 6, 7, 8 indicados con las letras ab en el cuadro 12, no mostraron diferencia estadística. Al contrario de estos, el tratamiento 2 roca fosfórica, indicado con la letra b y el 5 hongo micorrízico arbuscular, indicado con la letra a, en el cuadro 12; mostraron diferencia mínima significativa, volvemos a observar claramente que la simbiosis formada entre la planta y el hongo *Glomus mosseae*, le proporcionó a la planta la capacidad de absorber nutrientes. Claramente, se tuvo en cuenta que los suelos donde fueron trasplantados los objetos de estudio son orgánicos, por lo tanto en estos suelos hay presencia de una gran cantidad de bacterias solubilizadoras de fosforo y nitrógeno, ya es un suelo lleno de nutrientes lo que aporta de manera directa a la nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por su parte el El fósforo posee una serie de funciones en el metabolismo vegetal y es uno de los nutrientes esenciales requeridos para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Sus principales funciones estructurales en las macromoléculas como los ácidos nucleicos y de transferencia de la energía en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación (Marschner, 1993).

En cuanto al diámetro (Cuadro 12). Estadísticamente hablando se observó que la diferencia estadística significativa se presentó entre el tratamiento 2 Roca fosfórica indicado con la letra b, en contraste con el tratamiento 4 (HMA - RF - V), 6 (HMA-RF) y 7 (RF-V) estos tres tratamientos indicados con la letra a en el cuadro 12. Se aprecia que la presencia del fertilizante orgánico roca fosfórica, es indispensable en compañía de la vermicomposta, ya que por su bioestabilidad no sufre de procesos de fermentación y putrefacción, contiene además, una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser fácilmente absorbidos por las raíces (Náfate, 2006), y en colaboración directa el hongo a su hospedero, promueve e incrementa el grado de crecimiento de las plantas debido a una mayor absorción de fósforo y otros nutrimentos, así como el agua, incrementa la salinidad y longevidad de las raíces, incrementa la tolerancia a la sequía, a altas temperaturas del suelo, a la toxicidad por metales pesados a pH extremos y al estrés al trasplante (Pérez, 1998).

Cuadro 12. Datos de altura de la planta y diámetro del tallo de la planta zarzamora, cuarto mes.

| Tratamiento | Altura (cm) | Diámetro del tallo (cm) |
|--------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1. HMA | 68.7 ± 17.9 ab | 1.06 ± 0.36 ab |
| 2. RF | 70.4 ± 16.7 b | 1.10 ± 0.27 b |
| 3. VERMICOMPOSTA | 62.6 ± 12.7 ab | 1.00 ± 0.24 ab |
| 4.HMA + RF + VERMI | 65.0 ± 14.5 ab | 0.92 ± 0.25 a |
| 5. HMA + RF | 59.9 ± 13.6 a | 1.03 ± 0.24 ab |
| 6. HMA+VERMI | 63.6 ± 12.9 ab | 0.91 ± 0.23 a |
| 7. VERMI + RF | 64.7 ± 18.7 ab | 0.9 ± 0.18 a |
| 8. TESTIGO | 68.5 ± 11.6 ab | 0.95 ± 0.27 ab |
| DMS (0.05) | 9.4 | 0.16 |

El cuadro 13 ANOVA descompone la varianza de altura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.0993, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 13. ANOVA para altura por tratamiento después del cuarto mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 1730.62 | 7 | 247.231 | 1.10 | 0.3665 |
| Intra grupos | 33734.8 | 150 | 224.899 | | |
| Total (Corr.) | 35465.4 | 157 | | | |

El cuadro 14 ANOVA descompone la varianza de diámetro de tallo en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La

razón-F, que en este caso es igual a 1.72272, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de diámetro de tallo entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 14. ANOVA para diámetro de tallo por tratamiento después del cuarto mes.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.810528 | 7 | 0.11579 | 1.72 | 0.1077 |
| Intra grupos | 10.082 | 150 | 0.0672135 | | |
| Total (Corr.) | 10.8925 | 157 | | | |

Quinto mes

El análisis estadístico para la altura de la planta (Cuadro 15) nos muestra la diferencia estadística significativa en cuanto al tratamiento 2 (RF) con la letra b mostrado en el cuadro 15, en contraste con el tratamiento 3(V), 4 (HMA- RF-V) y 6 (HMA) estos tratamientos indicados con a en el cuadro 15.

Debido a que la vermicomposta proporciona directamente a la planta los tres elementos básicos nitrógeno, fósforo y potasio los cuales actúan directamente en la fotosíntesis gran parte del resultado obtenido tiene que ver con el nitrógeno ya que la mayoría de los compuestos presentes en la células vegetales contiene nitrógeno tales como aminoácidos, clorofila, componentes de fosfolípidos, donde el nitrógeno entra en un proceso complejo denominado fijación biológica del nitrógeno para poder ser asimilado por la planta.

El fósforo participa en los procesos más importantes del transporte y almacenamiento de energía, también en el control y regulación de diversos procesos de respuesta de las plantas a estímulos medioambientales. El fósforo es uno de los macro nutrientes esenciales más importantes ya que induce a la formación y favorecimiento de floración al haber más flores hay más células fotosintéticas con cloroplastos que captan más energía lumínica para transformarla en energía química como la clorofila. Gracias al HMA estos nutrientes son fácilmente asimilables por la planta de zarzamora.

En cuanto al análisis estadístico para el diámetro del tallo (Cuadro 15) no muestra ninguna estadística mínima significativa. Pero en cuanto a su desarrollo y crecimiento si se mostró cambio en cuanto al cuarto mes.

Cuadro 15. Datos de altura de la planta y diámetro del tallo de la planta zarzamora, quinto mes.

| Tratamiento | Altura (cm) | Diámetro del tallo (cm) |
|--------------------|----------------|-------------------------|
| 1. HMA | 96.7 ± 18.1 ab | 1.34 ± 0.37 a |
| 2. RF | 105.5 ± 17.3 b | 1.44 ± 0.35 a |
| 3. VERMICOMPOSTA | 91.4 ± 11.7 a | 1.38 ± 0.35 a |
| 4.HMA + RF + VERMI | 93.7 ± 16.5 a | 1.37 ± 0.34 a |
| 5. HMA + RF | 98.2 ± 18.8 ab | 1.34 ± 0.28 a |
| 6. HMA+VERMI | 94.1 ± 11.5 a | 1.26 ± 0.20 a |
| 7. VERMI + RF | 95.5 ± 20.4 ab | 1.26 ± 0.23 a |
| 8. TESTIGO | 97.9 ± 17.5 ab | 1.32 ± 0.31 a |
| DMS (0.05) | 10.5 | 0.19 |

El cuadro 16. ANOVA descompone la varianza de altura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.26916, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 16. ANOVA para altura por tratamiento después del quinto mes

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 2499.29 | 7 | 357.042 | 1.27 | 0.2693 |
| Intra grupos | 42198.3 | 150 | 281.322 | | |
| Total (Corr.) | 44697.6 | 157 | | | |

El cuadro 17 ANOVA descompone la varianza de diámetro de tallo en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.715573, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de diámetro de tallo entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Cuadro 17. ANOVA para diámetro de tallo por tratamiento después del quinto mes.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0.481859 | 7 | 0.068837 | 0.72 | 0.6589 |
| Intra grupos | 14.4298 | 150 | 0.0961985 | | |
| Total (Corr.) | 14.9116 | 157 | | | |

CONCLUSIÓN

Durante la evaluación del efecto de los biofertilizantes aplicados, se observó durante cinco meses el efecto del desarrollo en cuanto al diámetro del tallo y la altura de la planta de zarzamora. Los tratamientos aplicados: vermicomposta [V], roca fosfórica [RF], hongo micorrízico arbuscular [HMA], V-RF; HMA-RF; HMA-V y HMA-RF-V; tuvieron diferencia significativa con respecto a la altura y diámetro del tallo de la planta variado en diferentes etapas del crecimiento, en donde los meses que presentaron diferencia significativa fueron los dos primeros, el tercero no presentó diferencia significativa en altura y diámetro de tallo; el cuarto tanto en la altura como en el diámetro del tallo y el quinto mes presentó diferencia significativa en la altura, resultado de la aportación de los tratamientos y la interacción de los mismos.

El efecto de los tratamientos empleados para la evaluación del desarrollo de mayor altura y diámetro del tallo presentaron tendencias positivas y en algunos baja en comparación con el testigo que no fue suministrado ningún tratamiento.

En el caso de la roca fosfórica mostro resultados satisfactorios, al ser en la mayoría de tratamientos, el que tuvo mejor desarrollo en cuanto a altura de la planta y diámetro de tallo en comparación con el testigo en los primeros meses y ser el mejor de todos en los últimos dos , por lo que fue el mejor tratamiento.

En cuanto al efecto de la vermicomposta se observó que afecto la altura y el diámetro del tallo menos que los otros tratamientos empleados y en algunos casos su crecimiento fue menor que las plantas testigo, que no fueron suministradas de algún tratamiento, por ello fue el tratamiento menos efectivo.

En caso del hongo micorrízico arbuscular presento los mejores resultados en la altura y en el diámetro del tallo en los primeros dos meses, aunque en los meses siguientes presentaron mejores resultados otros tratamientos, se puede afirmar que el hongo micorrízico presenta los mejores resultados a corto plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriano-Anaya ML, Gutiérrez-Miceli FA, Dendooven L, Salvador-Figueroa M. (2011). Biofertilization of banana (*Musa spp.* L.) with free-living N₂ fixing bacteria and their effect on mycorrhization and the nematode *Radopholus similis*. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 3: 1-6.

Amberger A.; B. Sing. (1994). Effect of humic acid substances on solubilization of rock phosphate incubated with wheat straw. In: *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*. N. Senesi and T.M. Miano (Eds). Pág. 463-466

Arévalo, L. A., Alegre, J. C., & Fasabi, R. (2003). Efecto del fósforo sobre el establecimiento del *Centrosema macrocarpum* Benth. *Ecología aplicada*, 2(1): 93-97.

Badui Dergal S. (2006). *Química de los alimentos*. Editorial Person Educación, México.

Barber, S.A. (1995). *Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach*. Nueva York, Estados Unidos de América, John Wiley y Sons.

Baziramakenga, R., Simard, R.R. (1998). Low molecular weight aliphatic acid content of composted manure. *Journal of Environmental Quality*. 27: 557-561.

Black, C.A. (1968). *Soil-plant relationships*. Nueva York, Estados Unidos de América, John Wiley y Sons.

Buczacki Stefan (1994). *Frutas de Jardín*. Tursen Hermann Blume Ediciones, Madrid. Pág. 50.

Cerón Bonilla, M. 2008. *Extracción, caracterización y estabilidad de antocianinas y otros compuestos antioxidantes obtenidos a partir de zarzamora*. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.

Chien, S.H. (1979). Dissolution of phosphate rock in acid soil as influenced by nitrogen and potassium fertilizers. *Soil Sci*. 127: 371-376.

Christ, M.J., M.B. Davies. (1996). Temperature and moisture effects on the production of dissolved organic carbon in a spodosol. *Soil Biology and Biochemistry*. 28: 1191-1199.

De Freitas, J.R.; Banerjee; M.R. Germida, J.J. (1997). Phosphate solubilizing rhizobacterias enhance the growth and yield but not phosphorus uptake by canola (*Brassica napus* L.). *Biology and Fertility of Soils*. 24: 358-364.

Diacono, M., Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 30: 401-422.

FAO (1984). Fertilizer and plant nutrition guide. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* N° 9. Rome.

FAO (1995). Integrated plant nutrition systems, by R. Dudal y R.N. Roy, eds. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* N° 12. Rome.

Fateh, E., Rengel, Z., Chaichi, M., y Sepehr, E. (2011). Differential capacity of wheat, lupin and subterranean clover to acquire P from different sources. *Australian Journal of Crop Science*. 5(7): 899-903.

Figuroa, M. S., y Gutiérrez, F. M. (2009). Experiencias con biofertilizantes en cultivos de importancia en el estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: UNACH. Pag. 14 - 26.

Fox, T.R., Comerford N.B., McFee, W.W. (1990). Phosphorous and aluminium from a spodic horizon mediated by organic acids. *Soil Science Society American Journal*. 54:1763-1767.

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Acta Biológica Colombiana*. 13 (3): 28 - 30.

Gerke, J.; L. Beissner; W. Römer (2000). The quantitative effect of chemical phosphate mobilization by carboxilate anions on P uptake by a single root. I. The basic concept

and determination of soil parameters. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 163: 207-212.

Gómez, M. R., y Vélez, Á. T. (2008). Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de la mora. Colombia: Produmedios. Pág. 11 - 13.

He, Z.L.; Baligar; V.C. Martens, D.C. Ritchey, K.D. (1997). Effect of phosphate rock, lime and cellulose on soil microbial biomass in acidic forest soil and its significance in carbon cycling. *Biology and Fertility of Soils*. 24: 329-334,

Indriyani, P., Karsinah, N.L. (2011). The effect of rootstocks on soursop (*Annona muricata* L.) grafting. 6: 6140-6145.

José-Silvano L. L. (2010). Capacidad Competitiva de hongos micorrizicos. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Memoria de residencia profesional, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Pág. 12 - 13.

Kamprath, E.J. (1970). Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society American Proceedings*. 34: 252–254.

Khasawneh, F.E, Doll, E.C. (1978). The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy*. 30:159-206,

León-Anzueto, E; M. Abud-Archila; L. Dendooven; L.M.C. Ventura-Canseco; F.A. Gutiérrez-Miceli. (2011). Effect of vermicompost, worm-bed leachate and arbuscular mycorrhizal fungi on lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) growth and composition of its essential oil. *Electronic Journal of Biotechnology*.

Mandujano, D. G. (2006). Producción de vermicomposta y ácido húmico usando suero de leche estiércol de vaca y rastrojo de maíz. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Tesis Profesional, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Pág. 5 - 8.

Marschner, H. (1993). Mineral nutrition of higher plants. Londres, Academic Press Ltd., Harcourt Brace y Co. Publishers.

Montero L., Duarte Carmen, Cun R., Cabrera J.A. y González P. J. (2010). Efectividad de biofertilizantes micorrizicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L. var. Verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos tropicales*. 31(3): 11-14

Morales, M. C., y Box, J. M. (2005). *Prontuario de agricultura*. Madrid, España: Mundi – Prensa. Pág. 822-824

Náfate M. C. C. (2006). Vermicompostas de Excretas de borrego como suplemento del suelo para mejorar el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate (*licopersicon esculentum*) variedad Rio Grande. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Tesis Profesional, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Pág. 17 – 21

Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*. 32 (2): 105 -118.

Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1990

Pérez L. Y. del C. (1998). Evaluación de cepas de hongos Micorrízicos va en Maíz, botil y chilacayote a nivel invernadero. Tuxtla Gutiérrez, Proyecto de Investigación: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Pág. 4-10.

Robledo, O.; Grosso, E.; Zoppolo R.; Lercari D.; Etchebehere C. (2010). Producción de tomate y dinámica microbiología del suelo de invernáculo al aplicar vermicompostas. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 14 (1): 35-51.

Rovesti, L., Romero, M.R. (2003). *Lombricultura y agricultura sustentable: agricultura orgánica*. Elaboración y aplicación de abonos orgánicos. México, DF, MX.

Sahn, S.N., Jana, B.B. (2000) Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. *Ecological Engineering*. 15: 27-39,

Singleton, Vernon L., Orthofer, Rudolf, Lamuela-Raventós R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299: 152-178.

Tan, K. (1986). Degradation of soil minerals by organic acid. In: Interaction of soil minerals with natural organic and microbes *SSSA Spec*. 17:1-17.

Velasco, J. V., Cerrato, R. F., y Suárez, J. J. (2001). Vermicomposta, Micorriza Arbuscular y *Azospirillum Brasilense* en Tomate de Cáscara. *Terra Latinoamérica*. 19 (3): 241 - 248.

Vennila, C., Jayanthi, C., Sankaran, V.M. (2012). Vermicompost on crop production. A review. *Agriculture Reviews*. 33: 265-270.

Vizcaino, R. L., y Rios, A. G. (2007). Perfil cromatográfico de las antocianinas presentes en algunos frutos Colombianos. *Scientia Et Technica*. 13(33): 275 - 276.