

**TRABAJO PROFESIONAL**  
**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**INGENIERO BIOQUÍMICO**

**QUE PRESENTA:**  
**MANUEL DE JESÚS LÓPEZ CHEVEZ**

**CON EL TEMA:**  
**“Estudio comparativo de los tratamientos biológico y químico  
convencional en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)  
Variedad Jamapa”**

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

**MEDIANTE:**  
**OPCIÓN I**  
**(TESIS PROFESIONAL)**

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Justificación</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
3.1	Objetivo general:	4
3.2	Objetivos específicos:	4
<b>4</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>5</b>
4.1	¿Qué son las micorrizas?	5
4.2	Definición de micorriza	5
4.3	Tipos de micorrizas	6
4.4	Clasificación de las micorrizas	6
4.5	Las micorrizas vesículo arbusculares (MVA)	7
4.6	Ventajas y beneficios de las micorrizas	7
4.7	Aplicación de las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en la agricultura	7
4.8	Utilización y efectividad de las micorrizas vesículo - arbusculares	9
4.9	Preparación de suelo	9
4.10	Principios básicos de labranza	9
4.11	Estructura del suelo	10
4.12	Aireación del suelo	10
4.13	Compactación del suelo	10
4.14	Origen y composición de la materia orgánica del suelo	11
4.15	Humedad del suelo	12
4.16	Preparación de suelos de cultivo	13
	Chapoda	13
	Basureo	14
4.17	Aporte de agua al suelo	15
4.18	Factores influyentes en el riego	15
4.19	Sistemas de riego	16
4.20	Riegos por infiltración	16
4.21	Descripción del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	16

4.22	Cepa de <i>Bacillus subtilis</i> para uso agrícola.....	17
4.23	<i>Azospirillum</i> sp y su interacción con la planta. ....	17
4.24	Guano, un abono natural de gran calidad .....	17
4.25	Historia del guano como fertilizante agrícola. ....	18
5	<b>MATERIALES Y METODOS.</b> ....	20
6	<b>RESULTADOS</b> .....	27
7	<b>DISCUSIONES</b> .....	37
8	<b>CONCLUSIONES</b> .....	57
9	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen de los productos utilizados como tratamiento biológico. Tec Myc 60 (Hongos Micorrízicos Arbusculares) BT-AZ Mix ( <i>Bacillus subtilis</i> – <i>Azospirillum sp.</i> ) y Guano Max (Guano). .....	3
Figura 2 Raíz micorrizada .....	6
Figura 3 Preparación de suelo donde se cultivó frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) variedad Jamapa. ....	13
Figura 4 Utilización de tractor para remover la maleza .....	14
Figura 5 Parcela con rastrojo donde se cultivó frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	14
Figura 6 Labranza con arado del suelo donde se sembró frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	15
Figura 7 Riego por infiltración o por sucos. ....	16
Figura 8 Ubicación de la parcela donde se realizó el cultivo. ....	20
Figura 9 Aplicación del tratamiento biológico a las semillas de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	21
Figura 10 Semillas que van a ser plantadas antes de inocular con el tratamiento químico convencional. ....	21
Figura 11 Proceso de siembra de las semillas con los dos tratamientos y control. ....	22
Figura 12 Eliminación de malezas que pudieran afectar el desarrollo de las plantas de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	23
Figura 13 Determinación de clorofila con un medidor de clorofila SPAD-502 Plus fabricado por la compañía konica minolta en el año 2009. ....	24
Figura 14 Medición del número de vainas por planta .....	24

## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre la altura de planta, diámetro del tallo y el contenido de clorofila en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=60..... 27
- cuadro 2 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre la altura de las plantas, longitud de vainas y el número de vainas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=200..... 28
- cuadro 3 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre el peso de raíz, peso del follaje, número de vainas por planta y número de semillas por vaina en frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=300..... 29
- Cuadro 4 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre el análisis químico proximal de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. .... 32
- Cuadro 5 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre gastos, rendimiento del grano, y ganancias, sobre las semillas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) variedad Jamapa cultivadas en campo. .... 33
- Cuadro 6 Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre los análisis edafológicos, de suelo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa. .... 36

# 1 INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la especie de leguminosa más importante para el consumo humano. Su producción abarca diversas áreas; se afirma con propiedad que prácticamente se cultiva en todo el mundo (Voysset, 1983).

El frijol, se considera un producto estratégico en el desarrollo rural y social del país, ya que representa toda una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones tanto de carácter alimentario como para el desarrollo socioeconómico.

A lo largo de la historia, se ha convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un elemento de identificación cultural, comparable con otros productos como el maíz y el chile, que son básicos para explicar la dieta alimentaria de la población mexicana.

El cultivo de frijol se realiza prácticamente en casi todas las regiones del país y condiciones de suelo y clima. Por lo anterior, el frijol ocupa el segundo lugar en importancia dentro de la superficie sembrada total a nivel nacional, sólo después del maíz (Siap, 2009).

El estado de Chiapas es el octavo productor nacional de frijol (Siap, 2012), con 1.53 millones de toneladas producidas en el año 2011 y representa el sustento alimentario de las familias y el empleo de tres de cada cinco productores agrícolas (Cabrera et al., 2014)

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres (Nogales, 2006) formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Douds & Millner, 1999)

Su distribución además de amplia, ya que se encuentran en todos los ecosistemas y suelos, puede ser muy heterogénea en un mismo sitio en cuanto a variedad y cantidad, lo que es un requisito importante para que la planta obtenga el máximo beneficio de la asociación (Sieverding, 1986)

Esta asociación simbiótica entre el hongo y la planta, actúa como un complemento de la raíz de la planta en la toma de nutrimento (Colozzi & Cardoso, 2000) especialmente en la absorción de P (Requena et al., 2007) aumento de la tolerancia a condiciones de stress

abiótico, mejoramiento de la calidad del suelo, fijación de N<sub>2</sub> (Barea, 2005) y aumento en la diversidad y productividad de las plantas en un ecosistema determinado (Barea, 2005)

Desde el punto de vista nutricional, el crecimiento de la planta debido al aumento en la absorción de P es el principal beneficio que obtiene del HMA, por la baja disponibilidad de este elemento, característico en los suelos tropicales (Blancof & Salas, 1997). Sin embargo, si el P no es un elemento limitante en el suelo, la simbiosis puede llegar a ser reducida o hasta inhibida si se encuentran altos niveles en el suelo (Blancof & Salas, 1997) También es importante notar que el HMA permite a la planta usar de manera más eficiente los nutrimentos del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación de este por el exceso de fertilizantes químicos, si hay una reducción en la aplicación de los mismos (Cuenca et al, 2007).

La cepa de *Bacillus subtilis* funciona como biofertilizante orgánico, al producir una gran y diversa cantidad de enzimas degradadoras, lo que genera una eficiente asimilación de los sustratos del suelo por la planta, estimulando su crecimiento y el de la raíz. Además, esta cepa nueva de *B. subtilis* es eficaz a concentraciones moderadas ( $1 \times 10^7$ ), en preparaciones no concentradas. Contando con alta viabilidad en plantas, frutos y suelos (Orberá et al., 2014). El producto que se utilizó en este proyecto se llama BT AZ MIX el cual es un inoculante biológico a base de *Bacillus subtilis* y *Azospirillum* sp, que se recomienda para estimular la germinación y el ahorro de fertilizante a base de nitrógeno que se aplica al momento de la siembra. La cepa de *Azospirillum* coloniza el sistema radicular, fija el nitrógeno atmosférico y lo hace disponible para las plantas, con lo que promueve el desarrollo radicular. Por su parte, la cepa de *Bacillus subtilis* produce sustancias que estimulan la germinación e incrementan el desarrollo de las raíces y de la planta en general; forma una barrera física que protege a la planta de infecciones causadas por patógenos (Posada, 2001).

## 2 JUSTIFICACIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se encuentra entre los principales cultivos del Estado de Chiapas tanto por la superficie sembrada (126,153.94 hectáreas) como por la relevancia socioeconómica que representa \$412, 939,159 pesos en valor de la producción, de acuerdo al sistema de información agroalimentario de Consulta (SIAP, 2009).

En México, la producción de frijol se realiza mediante cultivo convencional o dicho de otra manera con tratamientos químicos, esto ha provocado que el suelo se deteriore, disminuyendo la productividad de los cultivos y aumente el número de plagas que asechan al cultivo, un aspecto relevante es afectando directamente a los nutrientes en las semillas que se utilizan para consumo humano.

Tec Myc 60 es un producto comercial que se ha utilizado con éxito en el cultivo orgánico de diversos vegetales, sin embargo las evaluaciones se han realizado tomando en consideración solamente el crecimiento de los vegetales y no se ha validado su efecto sobre la calidad nutricional de los productos obtenidos. Los productos utilizados como tratamiento biológico utilizan hongos endomicorrízicos, bacterias *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp. y guano de murciélago. La razón por la que se implementó este trabajo de tesis fue debido a que hasta el momento no existe información científica que respalde la utilización del producto Tec Mix 60 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) los productos comerciales que se utilizaron se pueden apreciar en la figura 1.



**Figura 1:** Imagen de los productos utilizados como tratamiento biológico. Tec Myc 60 (Hongos Micorrízicos Arbusculares) BT-AZ Mix (*Bacillus subtilis* – *Azospirillum* sp.) y Guano Max (Guano).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general:**

Evaluar el producto orgánico Tec Myc 60, en comparación con el tratamiento químico convencional, sobre parámetros de crecimiento de la planta, parámetros de producción de grano y el análisis químico proximal, en semillas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa. Adicionalmente se realizó un análisis de costos de producción y análisis edafológico de suelo donde se realizó el cultivo.

#### **3.2 Objetivos específicos:**

- Evaluar el producto biológico Tec Myc 60, en comparación con tratamiento químico convencional, en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa a diferentes tiempos (40, 55 y 90 días) con los parámetros, de crecimiento y cosecha (altura de planta, diámetro del tallo, peso de raíz, peso del follaje, clorofila, longitud de vaina, número de vainas por planta y número de semillas por vaina).
- Evaluar el producto orgánico Tec Myc 60, en comparación con el tratamiento químico convencional, sobre el análisis bromatológico proximal en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.
- Comparar gastos de producción y ganancias en los granos cosechados del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa, cultivados con el producto orgánico Tec Myc 60 y tratamiento químico convencional.

## **4 MARCO TEÓRICO.**

### **4.1 ¿Qué son las micorrizas?**

Se conoce con el nombre de micorriza a la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Hernández & Chailloux, 2000).

Los hongos micorrizógenos es uno de los microorganismos beneficiosos más estudiados y empleados en la actualidad. Son tantas las especies, cepas existentes, y tan diversas sus formas de actuar en la planta y en el suelo, que se puede asegurar que están presentes en casi todas las especies vegetales y los suelos agrícolas existentes en el mundo. Estos microorganismos, que por naturaleza son microorganismos del suelo, el hombre ha logrado aislarlos y reproducirlos de manera vertiginosa, convirtiéndolos en un gran aliado del productor y de personas que lo emplean para diferentes fines y propósitos naturales y ecológicos.

### **4.2 Definición de micorriza**

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo (Frank, 1885). Él estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del hongo y la carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida.

Al ser un fenómeno tan extendido el término micorrizas se ha convertido al nivel de usuarios en el nombre con el que se designan a los hongos implicados en su formación, aunque tal denominación no sea muy correcta, esas mismas rutinas coloquiales han llevado a acuñar

términos como micorrizar poner en contacto los hongos micorrízicos con plantas y provocar la micorrización para indicar el establecimiento de la simbiosis tal como se puede apreciar en la figura 2.



**Figura 2:** Raíz micorrizada

### **4.3 Tipos de micorrizas**

Las plantas terrestres en su mayoría presentan micorrizas, y lo más probable es que las restantes desciendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. En el caso de los hongos, la mayor parte de las 5000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división *Basidiomycota*, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de *Ascomycota*. La tercera división que se ha observado formando micorrizas es *Glomeromycota*, un grupo que, de hecho, sólo se conoce en asociación micorrizogena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces (Ruiz & Sieverding, 2011)

### **4.4 Clasificación de las micorrizas**

Se pueden distinguir tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: Ectomicorrizas o formadoras de manto; Ectendomicorrizas, que incluye Arbutoides y Monotropoides; y las Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo, y que a su vez se subdividen en Ericoides, Orquidoides y Arbusculares (Ojeda et al, 2014)

#### **4.5 Las micorrizas vesículo arbusculares (MVA).**

Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding, 1991) y está presente en la mayoría de las Angiospermas; siendo las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferae*, las excepciones de mayor importancia. La asociación simbiótica Micorrízica – Arbuscular se forma en muchas especies perennes leñosas, incluyendo muchas Gimnospermas aparte de las *Pináceas* (Valencia & Zúñiga, 2015) Estos hongos pertenecen al pequeño orden *Glomales* dentro de la clase *Zygomycetes* y su origen está en un rango de 353 a 452 millones de años atrás, estando presentes en familias de plantas que tienen miembros de alta importancia económica (*Poaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* y *Rosaceae*). Los vegetales asociados a los mismos se benefician por el incremento en la toma de nutrimentos como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, molibdeno, hierro y manganeso, pues el hongo funciona como una extensión del sistema radical de la planta, facilitando a través de su red de hifas una mayor absorción de éstos en el suelo (Ruiz & Sieverding, 2011). En esta asociación el componente fúngico de la simbiosis se nutre de los carbohidratos almacenados en las células mesodérmicas en formas sencillas de fructosa, glucosa y sacarosa y de los exudados radicales de las plantas.

#### **4.6 Ventajas y beneficios de las micorrizas**

Las ventajas proporcionadas por la micorrización para las plantas son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada (Muñoz, 2012).

#### **4.7 Aplicación de las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en la agricultura**

La labranza y todas aquellas actividades que manipulan los primeros centímetros del suelo cultivable, producen la ruptura y disgregación del micelio externo de las MVA. Debido a que

este micelio contribuye sustancialmente en la formación de la estructura del suelo, su destrucción trae consecuencias indeseables para la infiltración y demás propiedades físicas del suelo por otra parte, la aplicación de fertilizantes químicos en dosis elevadas, además de los problemas de contaminación que suele provocar, inhibe la actividad de las MVA. De hecho, su aplicación prolongada (especialmente en monocultivos) disminuye notablemente la presencia de las MVA en los sistemas agrícolas, conllevando la pérdida de la diversidad de hongos micorrízicos presentes en el suelo y la selección de especies de MVA menos mutualistas (Alarcón et al., 2013). La aplicación de fungicidas y de plaguicidas con fines fitosanitarios también tiene efectos en las MVA, los cuales no son fácilmente predecibles debido a la complejidad de interacciones que se establecen en la comunidad de organismos del suelo (Sieverding, 1991).

La mayoría de las plantas de interés agronómico como el cacao, café, coco, algodón, cebolla, ajo, yuca, papa, todos los cítricos, todas las leguminosas y grandes partes de los cereales forman MVA. Sin embargo, no todas estas especies, dependen de la misma manera de las MVA para su crecimiento. Aquellos cultivos con raíces gruesas y pocos pelos radicales, como por ejemplo el ajo, la cebolla, las leguminosas y los cítricos, tienden a ser muy dependientes de las micorrizas y la disminución en la productividad de dichos cultivos puede deberse a un manejo inadecuado de los insumos que se aplican, los cuales pueden conducir a la muerte o desaparición de los propágulos de MVA.

Por lo tanto el uso de estos microorganismos edáficos (MVA) en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrimento de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández & Chailloux, 2000). En este sentido, la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

#### **4.8 Utilización y efectividad de las micorrizas vesículo - arbusculares.**

La utilización de las micorrizas como biofertilizantes no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y puede disminuirse la dosis a aplicar desde comúnmente 50 - 80 % y en ocasiones hasta un 100 %. Se plantea que de las cantidades de fertilizantes aplicadas, sólo se aprovecha un 20 %, y el resto normalmente se filtra o se lixivia sin remedio; con la aplicación de las micorrizas, puede ser recuperado por las plantas un porcentaje mucho mayor; ya que un pelo radical, puede poner a disposición de una raicilla, los nutrimentos y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de las MVA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor (Falcón et al., 2015). El beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas vesículo-arbusculares en el crecimiento de las plantas resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable y en donde el potencial de explotación de éstas es mucho mayor que en regiones de clima templado (Fredeen et al, 1989)

#### **4.9 Preparación de suelo**

La preparación del suelo es una de las labores agrícolas de mayor importancia en la producción, puesto que persigue adecuar a las necesidades de las plantas, las características físicas del suelo que afectan la emergencia de la semilla y su desarrollo posterior. En nuestro país existen tantos métodos de labranza como tipos de suelos, clima y agricultores que poseen recursos materiales diversos, lo que impide utilizar un sólo método de labranza para conseguir una siembra adecuada. Cada situación requiere de un análisis particular, con el propósito de elegir el equipo y método de uso que más se acomode a las características del productor. Además de contar con la maquinaria para lograr una buena cama de siembra, se debe poseer la tecnología para su operación, mantenimiento y conservación.

#### **4.10 Principios básicos de labranza**

La preparación de suelos es la manipulación física que se aplica con la intención de modificar aquellas características que afectan la brotación de las semillas y posteriores etapas de crecimiento del cultivo. Estas características determinan las relaciones planta-suelo-agua-aire, que afectarán el desarrollo de las plantas.

#### **4.11 Estructura del suelo.**

Es el ordenamiento de las partículas del suelo, entendiéndose como tales, no sólo los elementos mecánicos individuales como arena, limo y arcilla, sino también los agregados que se han formado en fracciones más pequeñas por acción mecánica. La productividad de un suelo, depende en gran medida de su estructura, por lo tanto, el primer objetivo de todas las operaciones primarias de labranza es modificarla para obtener una porosidad que permita una buena circulación del gas y aire en el suelo, facilitando el crecimiento y penetración de las raíces.

#### **4.12 Aireación del suelo**

Es importante para decidir la fineza de la labranza. Los cultivos sólo pueden desarrollarse en forma vigorosa en un ambiente de buena aireación, vale decir, donde la concentración de anhídrido carbónico alrededor de sus raíces es baja y la del oxígeno es alta. Por lo tanto, las velocidades de transferencia de anhídrido carbónico desde la zona de raíces a la atmósfera, como oxígeno desde la atmósfera a la zona radicular, son propiedades del suelo de importancia fundamental para el cultivo. Al aumentar el volumen de poros con la aradura se mejoran las condiciones de movimiento de aire en el suelo, originando un descenso en el contenido de anhídrido carbónico. Sin embargo, labranzas excesivas o mal efectuadas destruyen la agregación y aumentan la densidad del suelo, reduciendo la porosidad, alterando así la infiltración del agua y la aireación de éste.

#### **4.13 Compactación del suelo.**

La compactación es un problema que ocurre en aquellos suelos cuya estructura es propensa a la destrucción por efectos de labranza y/o la acción del agua (lluvia o riego). Un cierto grado de compactación puede ser beneficioso, pero cuando éste es excesivo, puede dar como resultado efectos perjudiciales para los suelos y para el crecimiento de las plantas cultivadas. Al reducirse la porosidad de ellos dificulta el movimiento de raíces, gases y agua. La compactación del suelo es la resultante de la gravedad, lluvia y tráfico. De ellas, sólo la última puede ser regulada por el hombre y su acción es más severa cuando la materia orgánica es escasa, puesto que el humus actúa como cementante para dar estabilidad a los agregados del suelo. Como no es posible suspender el movimiento de equipos agrícolas sobre el terreno, deben emplearse métodos que tiendan a reducir la cantidad de labores que se realizan en

éstos. Los efectos de la compactación aumentan con el tráfico de la maquinaria y más aún si el suelo se encuentra suelto al momento de iniciarse las labores. También se incrementa este efecto, cuando el suelo ha sido trabajado con un contenido de humedad intermedia (suelo friable), punto en que presenta su máxima facilidad de mullimiento pero, también, su más alta susceptibilidad a la compactación. El peso de la maquinaria agrícola y la velocidad de trabajo, junto a la vibración de la unidad motriz, favorecen la compactación general del suelo, especialmente donde se han ejecutado prácticas que deterioran su estructura. Al emplearse un tractor pesado en los trabajos de labranza, cada pasada ocasiona dos huellas en franjas de medio metro cada una, aproximadamente. Con las labores posteriores a partir de la cuarta pasada, se supone, que el terreno queda totalmente cubierto de huellas. Se ha demostrado que la primera pasada de un tractor sobre un suelo recién arado, compacta diez veces más que una segunda o posterior pasada. Por lo tanto, es conveniente hacer coincidir las huellas de las pasadas posteriores para no generalizar el daño y a la vez disminuir al mínimo las labores. Es recomendable que el peso del tractor e implementos gravite lo menos posible sobre el terreno, usando neumáticos anchos con presiones bajas, sobre todo cuando se trabaja en suelos húmedos. El uso reiterado del arado de discos y/o vertederas a una misma profundidad, va compactando año a año el fondo del surco y formando una capa dura de 3 a 4 centímetros de espesor, conocida comúnmente como pie de arado. Esta compactación limita la penetración de raíces, disminuye la velocidad de movimiento del agua y aire en el perfil del suelo y ocasiona en consecuencia, problemas de drenaje y erosión. Otra situación que requiere especial tratamiento de labranza de subsuelo, se presenta en las praderas permanentes sometidas a pastoreo directo. La compactación producida por el pisoteo de los animales es aún más severa que la generada por el tráfico de maquinaria, puesto que el peso es distribuido en una menor superficie de contacto con el suelo. Esto es particularmente importante en el cultivo que en general se usa como cabecera de rotación, después de pradera. Las posibilidades de compactación son mayores en suelos de textura arcillosa y en aquellos que poseen un bajo contenido de materia orgánica.

#### **4.14 Origen y composición de la materia orgánica del suelo**

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas,

ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo.

Basándose en lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer. Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO<sub>2</sub> y de los nutrimentos contenidos en los residuos orgánicos.

#### **4.15 Humedad del suelo**

Es uno de los factores que tiene mayor incidencia en las labores de preparación de suelo, tanto en la aradura como en los rastros. La humedad como se puede apreciar en la figura 3 hace que el suelo presente mayor o menor resistencia a la penetración de los implementos, también le confiere características de plasticidad que le permiten adherirse a los implementos de labranza, dificultando su acción. En suelos muy húmedos se afecta la tracción al aumentar el patinaje y aumentar los requerimientos de potencia, debido a la gran resistencia que ofrece al desplazamiento del arado. Un suelo con poco contenido de humedad es duro. A medida que la humedad aumenta, éste se ablanda y se disgrega con facilidad. La consistencia friable representa la condición óptima de humedad para realizar la labranza del mismo. Esta condición se reconoce en la práctica al tomar suelo en la mano y conseguir que éste se disgregue fácilmente al ser presionado, sin dejar restos adheridos a ella. Un suelo muy húmedo, forma una pelota al ser amasado y ensucia la mano con la arcilla húmeda que se pega. Un suelo demasiado seco, forma terrones durísimos que son muy difíciles de disgregar. Cuando el contenido de humedad aumenta en forma excesiva, el suelo se vuelve plástico, adhesivo y muy difícil de disgregar, siendo inútil la acción de los rastros. Lo anterior guarda estrecha relación con el tipo de suelo. Suelos arenosos no presentan estos problemas, pero en la medida que aumenta el contenido de arcilla es importante considerar trabajar el suelo en

condiciones friables, por ser éste muy difícil de manejar. Los suelos arcillosos exigen gran dedicación, porque pierden rápidamente la humedad en primavera, siendo difíciles de mullir. De lo anterior se desprende que el mullimiento del suelo está íntimamente ligado al contenido de humedad de éste y, que por lo tanto, la oportunidad de realizar la labor es más importante que el número de veces. Una labor efectuada en el momento adecuado, puede tener un efecto definitivo en la obtención del grado de mullimiento deseado. Sin embargo, no se debe olvidar que el momento en que el suelo es más fácil de compactar, coincide con la condición friable de éste, por lo que es recomendable evitar el tráfico excesivo a fin de no llegar a un exceso de compactación.



**Figura 3:** Preparación de suelo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.

#### **4.16 Preparación de suelos de cultivo**

Una buena preparación del suelo provee las condiciones adecuadas para que las semillas del cultivo presenten una buena germinación, se desarrolle con un excelente vigor y obtengamos una excelente producción. Las labores que generalmente han venido realizando los productores con buenos resultados son: Chapoda, Basureo (montoneo y distribución de la basura), Labranza mínima, Aplicación de herbicidas pre-siembra.

**Chapoda:** Esta labor consiste en la limpia del terreno de toda la maleza que exista en el campo, utilizando machete o tractor como se puede apreciar en la figura 4, los productores la

realizan en marzo o a inicios del mes de abril para exponer el suelo a una máxima radiación solar con el objetivo de desinfectar el suelo de plagas, enfermedades y semillas de malezas. En este momento se realiza el control de sombra (desramado) de los árboles dentro de la parcela o a orilla de las mismas.



**Figura 4:** Utilización de tractor para remover la maleza

**Basureo:** Consiste en el manejo del rastrojo que quedo en el terreno producto de la chapoda. Los productores la realizan de tres maneras:

- Recogen el rastrojo (broza) en montones en toda la parcela y luego le pegan fuego, esta labor generalmente la realizan cuando hay mucho rastrojo y cuando observan presencia de plagas como babosas, rosquillas, gusanos cuerudos entre otros.
- Otra forma es desparramar la broza (rastrojo) en toda la parcela para que esta se descomponga y se incorpore al suelo mejorando su estructura y el contenido de materia orgánica, la cual conservan la humedad y evitan daños de enfermedades por salpique el aspecto que el terreno debe tomar se ve reflejado en la figura 5.



**Figura 5:** Parcela con rastrojo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Labranza:** El uso del arado con buey como se observa en la imagen 6 o realizar unos pases del mismo permite romper la parte compacta del suelo y darle mayor aireación para un mejor desarrollo de las raíces, algunos productores realizan la arada de sus terrenos, con tractores o con bueyes.



**Figura 6:** Labranza con arado del suelo donde se sembró frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

#### **4.17 Aporte de agua al suelo**

Al efectuar el riego se aplica una dosis de agua al suelo de un modo muy rápido y casi siempre con un exceso de agua sobre la necesaria para alcanzar la capacidad de campo. Es fundamental la eliminación de esta agua sobrante, ya que en caso contrario se iría acumulando en el suelo con la consiguiente elevación de la capa freática y los correspondientes perjuicios a los cultivos ante la falta de aireación de las raíces.

#### **4.18 Factores influyentes en el riego**

Toda transformación en regadío debe tener en cuenta una serie de factores que condicionan la operación y que son los siguientes:

- El suelo
- El agua

- El clima
- Los cultivos
- Los regantes
- La estructura de la propiedad

#### **4.19 Sistemas de riego**

La técnica del riego dispone de varios sistemas para la aplicación del agua al suelo, por lo que al redactar un proyecto se debe realizar una adecuada elección del sistema de acuerdo con los factores condicionantes descritos en el apartado anterior.

#### **4.20 Riegos por infiltración**

El uso de riego por infiltración o por surcos tal como se ve en la figura 7 consiste en aplicar el agua al terreno dejándola escurrir por unos surcos, desde los que se filtra al suelo llegando a las raíces de las plantas que se cultivan sobre caballones elevados. Este sistema de riego se debe emplear en terrenos de permeabilidad media, ya que en terrenos de permeabilidad reducida las pérdidas por escorrentía son elevadas, mientras que en terrenos muy permeables, las pérdidas por precolación alcanzan grandes valores.



**Figura 7:** Riego por infiltración o por surcos.

#### **4.21 Descripción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Es una planta herbácea anual, erecta o trepadora, de tallo pubescente o glabrescente cuando adulta. Las estipulas de las hojas tri-pinnadas son de forma lanceolada y de tamaño medio-centimétrico. Los folíolos son anchamente ovados u ovado-romboidal, los laterales, implantados oblicuamente, miden 4-15 por 2,5-10 cm y son pubescentes con base redondeada o anchamente cuneada, de bordes enteros y ápice acuminado. Las flores se disponen en racimos usualmente axilares, más cortos que las hojas. Las bractéolas, persistentes, son

habitualmente de longitud igual o algo superior al cáliz que es cupuliforme, bilabiado, de 3-4 mm, con 5 sépalo soldados y con el labio superior bidentado emarginado y el inferior tridentado. La corola, que puede ser blanca, amarilla, violácea o roja, tiene el estandarte centimétrico suborbicular y reflejo, las alas obovadas adheridas a la quilla, también centimétrica y con ápice espiralmente retorcido. Los estambres son diadelfos (9 soldados y 1 libre) mientras que el ovario es pubescente con el estilo espiralmente torcido de 360° o más y con estigma oblicuo. Dicho gineceo deriva en una legumbre lineal-oblonga de unos 10-15 por 1-1,5 cm, algo curvada e hinchada, glabra, picuda y con 4-10 semillas oblongas arriñonadas de muy diversos colores y tamaños, usualmente 1-2 por 0,5-1,5 cm.

#### **4.22 Cepa de *Bacillus subtilis* para uso agrícola.**

Esta bacteria y/o su sobrenadante tienen propiedades de inhibir el crecimiento de hongos, bacterias, insectos y nematodos, ya sea en la planta, en el fruto, en la raíz o en suelos contaminados por estos patógenos. Asimismo, esta bacteria y/o su sobrenadante tienen la propiedad de promover la germinación de la semilla, el crecimiento de la raíz y el crecimiento de las plantas, al actuar como biofertilizante orgánico, induciendo la degradación de nutrientes del suelo y su mejor asimilación por la semilla, la raíz y la planta.

#### **4.23 *Azospirillum* sp y su interacción con la planta.**

La capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas ha sido demostrada en decenas de experimentos, tanto de campo como de invernadero. Varios son los mecanismos que se han sugerido como responsables del efecto estimulador observado en las plantas inoculadas.

#### **4.24 Guano, un abono natural de gran calidad**

El guano, un abono natural creado a partir de excrementos de ciertos tipos de aves y murciélagos, constituye una alternativa ecológica a los fertilizantes químicos, e incluso una fuente de energía, puesto que puede utilizarse para producir biogás. Hasta la aparición de los abonos químicos, el guano tuvo una enorme demanda, llegando a convertirse en un gran negocio y fuente de conflictos internacionales (Galicía et al, 2014).

El gran poder fertilizante del guano se debe a sus altos niveles de nitrógeno y fósforo, dos de los elementos químicos básicos para el metabolismo de las plantas, por lo que se trata de un

abono ecológico de gran calidad para todos los tratamientos de cultivos de interior o exterior, tanto para usos domésticos como agrícolas. Dependiendo de su origen hay diversas clases, pudiendo encontrarse en estado fresco, semi-fosilizado o fosilizado.

Los restos orgánicos de ciertas especies de pájaros marinos originan el principal tipo de guano, que se va acumulando en la superficie de zonas con clima árido o de escasa humedad. Además, la falta de lluvia favorece la generación de este producto porque el excremento puede secarse lentamente y la baja humedad impide la fuga de los componentes con alto contenido en nitrógeno. Por su parte, los pájaros se alimentan exclusivamente de pescado, que hace que sus restos sean todavía más ricos en nitrógeno. Estas especiales condiciones se dan especialmente en la costa peruana, con numerosas islas sin ningún tipo de vegetación, particularmente las Chincha, un lugar ideal para especies como el cormorán, el pelicano gris o el piquero. Estas islas han sido el hogar de colonias de aves marinas por siglos, y el guano acumulado tiene muchos metros de profundidad. De hecho, en una isla mediana pueden habitar hasta un millón de animales, generando cerca de 11.000 toneladas de guano anuales. Además de Perú, países como Ecuador, Colombia, Venezuela, Chile y algunos países costeros del África meridional cuentan con empresas dedicadas a la producción y exportación de guano de ave. Por su parte, Cuba exporta también guano procedente de los murciélagos que habitan las cuevas de dicha isla.

#### **4.25 Historia del guano como fertilizante agrícola.**

La utilización del guano para abonar el campo se remonta a la antigüedad. La palabra guano proviene del quechua, uno de los idiomas indígenas del Perú y lengua de los incas, y significa "excrementos de pájaros marinos". Incluso antes de los incas, las culturas costeñas habían descubierto su utilidad por la agricultura. Sin embargo, no será hasta el siglo XIX cuando comience a emplearse de manera masiva, convirtiéndose en una materia de gran valor económico y estratégico. En 1802, el naturalista Alexander von Humboldt fue uno de los primeros en recolectar muestras de guano y enviarlas a Francia para su análisis. Años más tarde, alrededor de 1840, los agricultores europeos comenzaron a importar guano al comprobar cómo mejoraban sus cosechas, lo que llevó posteriormente a Estados Unidos a interesarse también por este producto, generándose así un importante mercado. Su localización se reducía básicamente a varias islas peruanas y del caribe y a unos pocos lugares

de la costa africana, aunque la calidad del guano procedente del Perú llevó a este país a producirlo de manera casi monopolística. No tardaron en surgir empresarios que explotaron de manera masiva los yacimientos naturales de guano, utilizando para ello trabajadores procedentes en su mayoría de China y Japón.

## 5 MATERIALES Y METODOS.

El estudio se realizó en el ejido san Agustín perteneciente a la colonia plan de Ayala en las afueras de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, (16°46'38.673" N, 93°11'44.28" O) la vista panorámica de la parcela se puede apreciar en la figura 8, durante los meses de marzo a junio de 2015. Se plantaron 11 kilogramos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa en una parcela con un área de 2500 m<sup>2</sup> esta se dividió en surcos, dichos surcos midieron 50 cm. De ancho y 50 m. de largo por lo que cupieron 30 surcos, previamente se preparó el terreno utilizando un tractor con arado de discos con la finalidad de arrancar y triturar las malezas los restos de algún cultivo y para cortar, remover y pulverizar la tierra. Para la preparación de los surcos se utilizó una yunta de bueyes, una vez preparado el terreno quedaron 30 surcos disponibles para la siembra de los 11 kg. De frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa, estos surcos se distribuyeron de la siguiente manera los primeros y últimos dos surcos se utilizaron para sembrar un kilogramo de semillas control, ya que a las demás semillas se le aplicaron dos tratamientos.



**Figura 8:** Ubicación de la parcela donde se realizó el cultivo.

El primero consistió en aplicar los productos biológicos Tec Myc 60 (Hongos micorrízicos), Guano Max (guano) Bt-Az mix (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum* sp.) la técnica de inoculación se puede observar en la figura 9 y consistió en el siguiente proceso. En un recipiente se colocaron 5 kilogramos de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa, después se colocaron los productos biológicos que ya se mencionaron antes y de manera manual se

revolvió con un pedazo de madera hasta lograr que las semillas quedaran totalmente cubiertas por la mezcla que se formó con el movimiento y se dejó reposar durante 30 minutos.



**Figura 9:** Aplicación del tratamiento biológico a las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

El segundo tratamiento consistió en colocar 5 kilogramos de semillas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) variedad Jamapa en un recipiente, mismo al que se le aplicó el tratamiento químico convencional (Semevin 350 SA) que consiste en un insecticida carbámico que actúa por contacto e ingestión, formulado en suspensión acuosa el cual se mezcló con las semillas hasta que estas quedaron totalmente cubiertas por el producto y se dejó reposar.



**Figura 10:** Semillas que van a ser plantadas antes de inocular con el tratamiento químico convencional.

El 31 de marzo se sembraron las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa la siembra se realizó de manera manual y el distanciamiento entre surcos fue de 40 cm. Se pusieron dos líneas separadas de 20 a 30 cm entre hilera, con 15 a 16 semillas por metro

lineal por hilera, la profundidad a la que se sembró la semilla fue de 10 a 15 cm, el tiempo total de sembrado fue de 6 horas y se puede apreciar en la figura 11 ya que el utensilio para hacer los agujeros donde se colocaron las semillas fue una barreta agrícola, y fue hecha por una sola persona. Al término de la siembra se establecieron riegos de auxilio hasta la germinación de las primeras semillas y establecimiento de las primeras plántulas las cuales empezaron a aparecer a partir de los primeros 5 días de siembra, a los 8 días de sembrado se realizó un riego por infiltración, para esto se empleó un canal de agua.



**Figura 11:** Proceso de siembra de las semillas con los dos tratamientos y control.

Los riegos se estuvieron haciendo con una periodicidad de 8 días, esto debido a que la temporada en que se sembró fue de sequía y no había precipitación pluvial con la que se previera de humedad a las plantas, el combate a las plagas en el cultivo químico convencional se hizo de manera de riego para este proceso se utilizó un insecticida (Foley rey) formulado a base de una mezcla organofosforado y un piretroide, el cual se esparció con una bomba manual de riego agrícola, diluyendo 50 mililitro de Foley rey concentrado en 20 litros de agua. Para la parte química convencional se utilizó 8 bombazos. Se esparció este plaguicida en un total de 3 ocasiones con la finalidad de evitar plagas comunes en la región, también se esparció un fertilizante foliar (Frijol Max) concentrado de manera manual con una bomba, para la dilución se tomó 70 mililitros de fertilizante y se diluyo con 19 litros de agua para este fertilizante que está compuesto por Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Boro, Zinc y Ácidos

Húmicos, siendo un fertilizante balanceado para mantener un adecuado equilibrio nutricional del cultivo.

Para la parte biológica no se utilizó ningún fertilizante esto debido a que el tratamiento que se le dio a la semilla fue completo. Únicamente se estuvo limpiando la maleza con azadón y barreta para evitar que otras plantas pudieran evitar el desarrollo completo de las plantas y que las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa, absorbieran los nutrimentos esenciales para su desarrollo completo.



**Figura 12:** Eliminación de malezas que pudieran afectar el desarrollo de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

### 5.1 MEDICIÓN DE VARIABLES DE CRECIMIENTO Y COSECHA

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron mediciones que sirvieron como referencia para realizar el primer cuadro y análisis estadístico para lo cual se tomaron 20 plantas al azar de las hileras centrales de los dos tratamientos y el control. Para las primeras mediciones como altura, se utilizó una cinta métrica y se tomó la medida desde el nivel del suelo hasta la yema apical, a partir de la cuarta semana después de la siembra.

La medición del tallo se hizo inmediatamente después del primer nudo con un vernier digital, y la medición de clorofila se realizó con la ayuda de un medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 que mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través

de la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm. Las lecturas fueron tomadas en tres sitios distintos de la planta en 20 plantas por tratamiento y control aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice de la hoja y a la mitad de la distancia entre el borde de la hoja y el nervio medio.



**Figura 13:** Determinación de clorofila con un medidor de clorofila SPAD-502 Plus fabricado por la compañía konica minolta en el año 2009.

Para el segundo cuadro se esperó a los 55 días de germinación y se tomaron 200 plantas al azar de las hileras centrales de los dos tratamientos y el control y con una cinta métrica se midió la altura de la planta, se tomó la medida desde el nivel del suelo hasta la yema apical, a su vez la medición de la longitud de vaina se realizó con una cinta métrica escogiéndose la vaina más larga, el conteo del número de vainas por planta se realizó de manera manual utilizando 200 plantas al azar de las hileras centrales de los dos tratamientos y el control como se puede apreciar en la figura 14.



**Figura 14:** Medición del número de vainas por planta

La determinación del peso de raíz así como el peso del follaje se realizó a 50 repeticiones por tratamiento, utilizando una balanza analítica, el conteo del número de vainas así como el de semillas por vaina se realizó de manera manual en el caso del ultimo conteo se escogió siempre la vaina más larga.

En el cuadro 4 se realizó el análisis bromatológico proximal de los dos tratamientos y el control en los laboratorios del colegio de la frontera sur (ECOSUR), bajo la supervisión de la química responsable del laboratorio institucional Q.F.B. Ma. Guadalupe Pérez Escobar, respetando las condiciones de trabajo tales como condiciones ambientales, y temperatura ambiente. Los análisis que se realizaron fueron:

- Humedad: Peso cte. de crisoles y secado de las muestras en estufa 100°C/4 horas.
- Cenizas: Peso cte. de crisoles en estufa 100°C/4 horas e incineración en mufla a 550°C/6h.
- Proteína cruda: Digestión 100min/377°C, destilación con ácido bórico al 1% y mezcla de catalizadores, titulación con solución de ácido sulfúrico 0,0498 N valorado.
- Grasa: Extracción con éter de petróleo 7h.
- Fibra cruda: Digestión ácida/alcalina en equipo Labconco y filtración en crisol gooch.
- Carbohidratos por cálculo.
- Valor energético por factores.

Al finalizar el tiempo de cultivo se contrató a 4 personas para arrancar las plantas de frijol ya que el método de extracción de la semilla consto de dejar secar las plantas arrancadas durante 15 días expuestas al sol con la finalidad de que secaran las vainas y extraer las semillas mediante una serie de golpes proporcionados por un palo.

Para el cuadro 6 se realizó un análisis edafológico de 3 muestras de suelo por tratamiento y control, para determinar qué tan beneficioso fue el efecto del tratamiento biológico comparado con el tratamiento químico convencional y el control. Para esto se tomaron las muestras tal como sugiere el diario oficial de la federación de 20 a 30 cm. de profundidad para luego trasladar las muestras a la ciudad de San Cristóbal de las casas para su análisis en

el laboratorio institucional del colegio de la frontera sur (ECOSUR). Bajo la supervisión de químico responsable del laboratorio institucional. Respetando las condiciones de trabajo tales como condiciones ambientales, y temperatura ambiente. Los análisis que se realizaron fueron:

- Fósforo Extractable P (método de Olsen)
- Materia Orgánica M.O. (método de Walkley y Black)
- Nitrógeno Total Nt (método semi-microkjeldhal )
- pH(método potenciométrico)
- Conductividad eléctrica (método potenciométrico).

## 5.2 ANALISIS ESTADISTICO

El efecto de los tratamientos fueron determinados por el análisis de varianza con un nivel de significancia del 95% y la prueba de medias se realizó por el parámetro diferencia mínima significativa, usando el software statgraphics plus (statgraphics plus 5.1, 2001).

## 6 RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación. Los datos de la altura de las plantas fueron obtenidos a los treinta días de cultivo. Se encontró que existe una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos biológico, químico convencional y control.

**Cuadro 1:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre la altura de planta, diámetro del tallo y el contenido de clorofila en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=60.

Tratamiento	Altura de planta <sup>b</sup> —cm—	Diámetro del tallo —mm—	clorofila —unidades SPAD—
BIOLÓGICO	46 ± 1.8 a	3.9 ± 0.3 a	42 ± 2.3 a
QUÍMICO	43 ± 2.4 b	2.3 ± 0.2 b	36 ± 3.0 b
CONTROL	15 ± 2.0 c	1.8 ± 0.2 c	30 ± 2.3 c
DMS (0.05) <sup>a</sup>	1.3	0.18	1.6

<sup>a</sup> Diferencia mínima significativa con una  $p < 0.05$

<sup>b</sup> Las mediciones fueron realizadas a los 30 días después de la siembra de las semillas  
Letras iguales dentro de una misma columna indica que no hubo diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ )

El tallo de las plantas con tratamiento biológico en comparación con las plantas con tratamiento químico convencional presentó diferencia estadística significativa, de la misma forma se encontró que existe diferencia estadística significativa entre las plantas con tratamiento biológico comparadas con las plantas control.

En las plantas con tratamiento biológico hubo diferencia estadística significativa respecto a las plantas con tratamiento químico convencional, y a las plantas control.

En el cuadro 2 se presentan los resultados del análisis de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación. Los datos de altura de planta fueron obtenidos a los cincuenta y cinco días de cultivo. Se encontró que las plantas con tratamiento biológico comparadas con las plantas de tratamiento químico presentaron diferencia estadística significativa.

**Cuadro 2:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre la altura de las plantas, longitud de vainas y el número de vainas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=200.

Tratamiento	Altura de planta <sup>b</sup> —cm—	Longitud de vaina —cm—	Núm. de vainas
BIOLÓGICO	46 ± 1.8 a	12 ± 1.3 a	14.8 ± 2.23 b
QUÍMICO	44.8 ± 2.5 b	8.5 ± 2.5 b	15.3 ± 1.7 a
CONTROL	15 ± 1.6 c	6.4 ± 2.0 c	5.1 ± 2.4 c
DMS (0.05) <sup>a</sup>	0.4	0.4	0.4

<sup>a</sup> Diferencia mínima significativa con una  $p < 0.05$

<sup>b</sup> Las mediciones fueron realizadas a los 55 días después de la siembra de las semillas. Letras iguales dentro de una misma columna indica que no hubo diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ )

Se encontró diferencia estadística significativa en longitud de vaina entre las plantas tratadas con tratamiento biológico y las tratadas con químico convencional, así mismo se encontró diferencia estadística significativa entre las plantas biológicas y control.

En cuanto al número de vainas las plantas con tratamiento químico convencional presentaron mayor cantidad de vainas que las plantas tratadas con organismo biológico, encontrándose

diferencia estadística significativa Sin embargo se observó una diferencia estadística significativa entre las plantas tratadas con organismo biológico y las plantas control.

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación. Los datos del peso de raíz fueron obtenidos a los 90 días de cultivo, se encontró que las raíces de las plantas tratadas con el organismo biológico presentaban mayor peso que las raíces de las plantas tratadas con químico convencional encontrándose diferencia estadística significativa. Se encontró que entre las raíces con tratamiento biológico y las raíces de las plantas control presentaban diferencia estadística significativa.

**Cuadro 3:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre el peso de raíz, peso del follaje, número de vainas por planta y número de semillas por vaina en frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad “Jamapa” cultivadas en campo. N=300.

El peso del follaje en plantas con tratamiento biológico fue mayor comparado con el follaje de las plantas con tratamiento químico convencional se encontró diferencia estadística significativa, a su vez se encontró diferencia estadística significativa en el peso del follaje en

Tratamiento	<sup>b</sup> peso de raíz —g planta <sup>-1</sup>	Peso del follaje — g planta <sup>-1</sup>	Número de vainas	Nº semillas vaina
BIOLÓGICO	8.12±0.91 a	17.86±3.34 a	15.24±2.15 a	8.14±0.97 a
QUÍMICO	2.85±1.34 b	8.19 ±4.82 b	15.37±1.92 a	7.70±0.68 b
CONTROL	1.99±1.24 c	2.96 ±1.88 c	5.10±2.44 b	3.92±1.29 c
DMS (0.05) <sup>a</sup>	0.47	1.41	0.86	0.40

<sup>a</sup> Diferencia mínima significativa con una p<0.05

<sup>b</sup> Las mediciones fueron realizadas a los 90 días después de la siembra de las semillas. Letras iguales dentro de una misma columna indica que no hubo diferencia estadística significativa (P<0.05)

plantas con tratamiento biológico en comparación con el peso del follaje de las plantas control.

En cuanto al número de vainas por planta se observó que entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional no hubo diferencia estadística significativa. Sin embargo entre las plantas con tratamiento biológico en comparación con las plantas control se encontró diferencia estadística significativa.

Respecto al número de semillas por vaina, las plantas con tratamiento biológico comparadas con las plantas con tratamiento químico convencional tienen diferencia estadística significativa. De igual forma se encontró diferencia estadística significativa en plantas con tratamiento biológico en comparación con las plantas control.

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación. Los datos del peso de raíz fueron obtenidos a los 90 días de cultivo, Se observó una mayor presencia de humedad de las vainas de las plantas tratadas con químico convencional en comparación con las plantas con tratamiento biológico encontrándose diferencia estadística significativa. A si mismo se encontró una diferencia estadística significativa de humedad al comparar a las plantas con tratamiento biológico y las plantas control.

Los resultados del análisis demostraron que hubo mayor contenido de cenizas en los productos de las plantas con tratamiento químico convencional en comparación de las plantas con tratamiento biológico, encontrándose una diferencia estadística significativa, así mismo se encontró diferencia estadística significativa de cenizas de los productos de las plantas biológicas en comparación con los productos de las plantas control.

Las vainas de las plantas con tratamiento biológico comparadas con las vainas de las plantas con tratamiento químico convencional no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a proteína cruda. Sin embargo las vainas de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de proteína cruda en comparación con los productos de las plantas control observándose diferencia estadística significativa.

Las vainas de las plantas con tratamiento biológico comparadas con las vainas de las plantas con tratamiento químico convencional no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a fibra cruda. Sin embargo se las vainas de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de fibra cruda en comparación con los productos de las plantas control observándose diferencia estadística significativa.

Se observó que las vainas de las plantas con tratamiento biológico comparadas con las vainas de las plantas con tratamiento químico convencional no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a grasa. Sin embargo los productos de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de grasa en comparación con los productos de las plantas control observándose diferencia estadística significativa.

Se observó que los productos de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de carbohidratos en comparación con los productos de las plantas con tratamiento químico convencional observándose diferencia estadística significativa. A su vez los productos de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de carbohidratos en comparación con los productos de las plantas control observándose diferencia estadística significativa.

Los productos de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de Kcalorias en comparación con los productos de las plantas con tratamiento químico convencional observándose una diferencia estadística significativa. Por otra parte los productos de las plantas con tratamiento biológico presentaron mayor contenido de Kcalorias en comparación con los productos de las plantas control observándose diferencia estadística significativa.

**Cuadro 4:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre el análisis químico proximal de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad “Jamapa” cultivadas en campo.

Tratamiento	humedad	cenizas	Proteína cruda	Fibra cruda	Grasa	Carbohidratos	Valor energético
	g 100g <sup>-1</sup>						Kcalorias
BIOLÓGICO	5.73±0.17 a	6.27±0.02 b	20.31±0.23 a	13.08±0.12 a	2.38±0.03 a	52.23±0.23 a	311.59±0.63 a
QUÍMICO	6.17±0.29 a	7.01±0.03 a	21.27±0.26 a	12.87±0.32 a	2.22±0.11 a	50.47±0.45 b	306.89±2.90 b
CONTROL	4.79±0.80 b	4.89±0.37 c	15.38±2.62 b	11.02±0.59 b	0.75±0.46 b	44.21±0.11 c	258.43±0.13 c
DMS (0.05) <sup>a</sup>	1.0	0.44	3.05	0.79	0.55	0.59	3.43

<sup>a</sup> Diferencia mínima significativa con una p<0.05

<sup>b</sup> Las mediciones fueron realizadas a los 90 días después de la siembra de las semillas.

Letras iguales dentro de una misma columna indica que no hubo diferencia estadística significativa (P<0.05)

En el cuadro 5 se analizaron los gastos de inversión que requiere el tratamiento biológico en comparación con el tratamiento químico convencional, se observó que el primer tratamiento requiere de mayor inversión que el segundo encontrándose una diferencia por hectárea de \$400.00 pesos y de \$1800.00 pesos del control por hectárea.

El rendimiento del cultivo con tratamiento biológico fue superior al rendimiento del tratamiento químico convencional observándose una diferencia de 56 kg. Por hectárea, A si mismo se encontró una diferencia de rendimiento del cultivo con tratamiento biológico en comparación con el cultivo control de 756 kg. Por hectárea.

Se observó una diferencia de ganancia del cultivo tratado con el organismo biológico en comparación con el cultivo tratado con el tratamiento químico convencional de \$ 524.00 pesos, A si mismo se encontró una diferencia de ganancia del cultivo con tratamiento biológico en comparación con el cultivo control de \$ 10 080 pesos por hectárea.

**Cuadro 5:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre gastos, rendimiento del grano, y ganancias, sobre las semillas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) variedad Jamapa cultivadas en campo.

Tratamiento	Gastos —pesos—	Rendimiento —Kg—	Ganancia —pesos—
BIOLÓGICO	\$ 2000	768 Kg.	\$ 10 672
QUÍMICO	\$ 1600	712 Kg.	\$ 10 148
CONTROL	\$ 200	12 Kg.	\$ 592

El costo y ganancias de los tratamientos biológico y químico están proyectados por hectárea. El costo por kilogramos de granos de frijol al que se reflejan los resultados de ganancias fue de \$ 16.5

En el cuadro 6 se presentan los resultados de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre los análisis edafológicos del suelo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa. En primer lugar se observa que los resultados en fósforo disponible en el suelo donde se utilizó el tratamiento biológico se encuentra en mayor proporción a los suelos donde se utilizó el tratamiento químico convencional y donde no hubo tratamiento biológico encontrándose diferencia estadística significativa

En cuanto materia orgánica se encontró que el suelo donde se cultivó con Tec Myc 60 (Hongos Micorrízicos Arbusculares) BT-AZ Mix (*Bacillus subtilis* – *Azoospirillum* sp.) y guano, hubo diferencia estadística significativa respecto a los resultados de suelo donde se trabajó con el tratamiento químico convencional y donde se cultivó sin ningún tratamiento presentando una diferencia estadística significativa respectivamente para el tratamiento químico convencional y el suelo de las plantas control.

Para el caso siguiente se encontró que el suelo donde se cultivó con tratamiento biológico presentó mayor contenido de nitrógeno total respecto al suelo donde se aplicó tratamiento químico convencional y al suelo donde se cultivaron las plantas control, encontrándose diferencia estadística significativa.

En los resultados de los efectos en la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre los análisis de pH en el suelo, los resultados evidencian que hubo diferencia estadística entre el suelo donde se cultivaron las plantas con tratamiento biológico respecto al suelo donde se cultivaron las plantas con tratamiento químico convencional, entre el suelo donde se cultivó con el tratamiento biológico y el suelo donde no se aplicó tratamiento se encontró no hubo diferencia estadística significativa.

Para los resultados de los efectos de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre los análisis de conductividad eléctrica en el suelo se encontró que no hubo diferencia

estadística significativa entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional y también se encontró diferencia estadística significativa entre el suelo de las plantas con tratamiento biológico y el suelo donde se cultivaron las plantas sin ningún tratamiento.

**Cuadro 6:** Efecto de la aplicación del producto biológico Tec Myc 60 en comparación con la fertilización química convencional y un control sin ninguna aplicación sobre los análisis edafológicos, de suelo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.

Tratamiento	Fosforo disponible Mg/kg <sup>-1</sup>	Materia Orgánica %	Nitrógeno total %	pH	Conductividad elect. d S m <sup>-1</sup>
BIOLÓGICO	81.9 ± 0.26 a	12.3 ± 0.04 a	0.9 ± 0.00 a	5.9 ± 0.06 a	1.3 ± 0.00 a
QUÍMICO	79.7 ± 0.00 b	11.7 ± 0.00 b	0.7 ± 0.00 b	5.4 ± 0.1 b	0.9 ± 0.02 a
CONTROL	79.7 ± 0.00 b	11.7 ± 0.00 b	0.7 ± 0.00 b	5.5 ± 0.12 b	1.2 ± 0.01 b
DMS (0.05) <sup>a</sup>	0.30	0.05	0.001	0.19	0.03

<sup>a</sup> Diferencia mínima significativa con una p<0.05

Letras iguales dentro de una misma columna indica que no hubo diferencia estadística significativa (P<0.05)

## 7 DISCUSIONES

De los resultados observados en el cuadro 1 se observa que existió diferencia estadística significativa en la altura de las plantas con tratamiento biológico en comparación con las plantas con tratamiento químico convencional y de las plantas sin ningún tratamiento, esto podría ser porque las plantas con tratamiento biológico están captando mayor concentración de nutrientes y esto se ve reflejado en la altura de las plantas.

Desde el punto de vista nutricional, el crecimiento de la planta debido al aumento en la absorción de P que es el principal beneficio que obtiene de los hongos micorrízicos arbusculares, por la baja disponibilidad de este elemento, característico en los suelos tropicales. (Blancof & Salas, 1997) además de que aumenta la tolerancia de condiciones de stress por agua. (Ley et al, 2015) por otra parte la bacteria *Bacillus subtilis* tiene propiedades de inhibir el crecimiento de hongos, bacterias e insectos, además de actuar como biofertilizante orgánico, induciendo la degradación de nutriente del suelo y su mejor asimilación por la semilla, la raíz y la planta.

A sí mismo la bacteria *Azoospirillum* sp. produce fitohormonas, como el ácido indolacético y las citoquininas, capaces de acelerar y potenciar el crecimiento de las plantas además producen enzimas que solubilizan los fosfatos y los hacen más accesibles a la planta, así como factores que facilitan la absorción de oligoelementos. (Cassan et al., 2000)

De igual forma se utilizó guano el abono más equilibrado que la naturaleza puede ofrecer. Su uso es beneficioso debido a su alto contenido en materia orgánica, en micro y macro elementos, Nitrógeno, Fósforo y Potasio elementos fundamentales en el desarrollo de las plantas.

Se observó que el diámetro del tallo de las plantas con tratamiento biológico presento una diferencia estadística significativa en comparación con el tratamiento químico convencional y el control esto podría deberse a la captación de nutriente que se ve reflejado en el diámetro del tallo.

La variación de los diámetros entre los tratamientos puede deberse principalmente a que la tierra está erosionada. Un suelo compactado dificulta el desarrollo de las raíces de las plantas, en cambio si se le da a la planta un suelo suelto este puede extender más sus raíces permitiendo formar un tallo más grueso en este sentido las condiciones de suelo fueron las mismas para los diferentes tratamientos sin embargo la acción de las micorrizas en la planta podría significar la diferencia esto debido a que los hongos micorrízicos forman arbuscúlos, vesículas e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan. (Douds & Millner, 1999).

En cuanto a las unidades de clorofila en las mediciones realizadas a los treinta días de cultivo se observó que presento mayor contenido de clorofila las plantas con tratamiento biológico que las plantas con tratamiento químico convencional y que las control. Es importante mencionar este dato porque la clorofila es la molécula que absorbe la luz solar en una planta y da lugar a la fotosíntesis.

Desde el punto de vista nutricional el nitrógeno es, junto al fósforo, elementos primarios de las plantas. Se pueden encontrar en los aminoácidos; por tanto, forma parte la clorofila.

Este aumento en el contenido de clorofila puede deberse a que existió mayor contenido de fosforo y nitrógeno disponible a las plantas con tratamiento biológico debido a que en otras investigaciones se ha reportado que los contenidos de clorofila a y b fueron influenciados por la aplicación de Nitrógeno y Fosforo en hojas de (*Berberidopsis corallina*).

En un estudio del manejo de fosforo en pasturas cita que la adición de P en pasturas de leguminosas ha mostrado incrementos en la producción de forraje de hasta 8000 kg/ha/año. La eficiencia de utilización de P aplicado disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. (Quintero et al., 1995) Esto puede explicar el por qué las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa con tratamiento químico se vieron afectadas en cuanto a clorofila debido a que un exceso de fosforo también puede inhibir la acción de las micorrizas nativas del suelo.

Respecto a la relación que existe entre el nitrógeno disponible en las plantas existe una referencia que afirma la relación entre este y la clorofila el articulo habla de estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en la planta de tomate, donde explica en sus resultados

que existe una alta correlación entre unidades SPAD, “concentración de clorofila extractable” en la hoja y el porcentaje de nitrógeno en la misma.(Rodríguez et al., 1998) en otro artículo se encuentra que existe una estrecha asociación entre el contenido de nitrógeno (N) y clorofila en hojas de maíz. En consecuencia, el estado nutricional del cultivo puede ser evaluado a través de la medición del contenido de clorofila de la hoja.

En el cuadro 2 se reportaron los datos obtenidos a los 55 días de cultivo de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa es importante mencionar este dato porque los datos de altura de planta se midieron nuevamente obteniéndose resultados que podrían confirmar lo postulado anteriormente sobre la captación de nutrimentos y resistencia a factores como estrés por agua en las plantas con tratamiento biológico, respecto a las plantas con tratamiento químico convencional y las plantas sin ningún tratamiento.

La siembra se realizó a mediados de abril época del año donde se encuentra que la lluvia es muy escasa o casi no hace presencia, lo que pudo inducir a que las plantas no tuvieran tanta humedad y se encontraran a una mayor presencia de estrés por agua, caso contrario a lo que sucedió a los 55 días de cultivo donde se tuvo mayor presencia de humedad.

Frahm et al.( 2003) afirman que el 60% de la producción mundial de frijol se obtiene bajo condiciones de déficit de hídrico, lo que ha llevado a considerar a la sequía como el segundo factor limitante para su rendimiento, después de las enfermedades, además que los resultados reportados por diferentes autores coinciden en plantear que el frijol es un cultivo susceptible tanto al exceso de humedad como a su déficit durante su ciclo de desarrollo (Boicet, 2010).

La productividad y el crecimiento de las plantas (de una gran diversidad de cultivos agronómicos) están restringidos intermitentemente por diversos factores ambientales tanto bióticos como abióticos. De todos estos factores, la disponibilidad de agua es el más limitante en la producción agrícola a nivel mundial, ya que más del 30% del planeta son áreas de baja precipitación, es decir con menos de 200 a 400 mm de precipitación por año (Mamani & François., 2014).

Observando los resultados obtenidos en las dos mediciones realizadas en diferentes etapas de las plantas se tiene que en la primera medición realizada a los 30 días de cultivo hubo una diferencia estadística significativa de 3 centímetros en la altura de las plantas resultado que vario en la segunda medición realizada a los 55 días de cultivo donde la diferencia en su mayoría fue de 1.2 cm. estos resultados podrían deberse a que en estas fechas de cultivo a las plantas con tratamiento químico convencional se les aplico un fertilizante foliar, tal como se ve reflejado en los estudios realizados por (Eibner, 1986) donde menciona que la fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo.

En este sentido es importante mencionar que la hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersion (Tisdale & Werner, 1988) teniendo en cuenta esto podría explicar el por qué la diferencia entre la altura de las plantas en las diferentes fechas de medición fueron tan distintas.

El hecho de que las plantas fertilizadas con el tratamiento biológico siguieron presentando mayor altura podría deberse a que un nutrimento también puede penetrar a través del tallo, si éste no presenta una suberización o lignificación muy fuerte (Brito et al., 2013); tal es el caso de las ramas jóvenes o el tallo de las plantas en las primeras etapas de desarrollo, por su parte las micorrizas ayudaron a las plantas a la aclimatación de las plantas con tratamiento biológico evitando que se viera afectado el crecimiento celular, y así el crecimiento de las hojas, lo que evito un descenso en la fotosíntesis y con esto se viera afectado el crecimiento de las plantas. (Negrin et al., 2013)

El segundo resultado que se ve reflejado en el cuadro numero dos indica la longitud de vaina dato estrechamente ligado con la capacidad anti estrés propiciada por los hongos endomicorrízicos a las plantas con tratamiento biológico, pues en un estudio se menciona que uno de los factores que afectan a la longitud de la vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

es precisamente la longitud del tallo y el desarrollo foliar (Guevara, 2013) que son afectados directamente cuando la planta se encuentra bajo condiciones de estrés.

El tercer resultado observado en el cuadro 2 es el que nos indica el número de vainas por planta, es decir el rendimiento de frutos por planta y se observa una diferencia estadística significativa en el número de vainas por planta, de las plantas con tratamiento químico convencional respecto a las plantas con tratamiento biológico esto podría deberse principalmente a que los nutrientes captados por las plantas con tratamiento biológico provenían de una fuente natural, caso contrario a lo que sucedió con las plantas con tratamiento químico donde se le aplicó de manera externa una serie de elementos básicos para la formación de frutos tales como, nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros.

En este contexto cabe mencionar que la aplicación de los nutrientes a las plantas con tratamiento químico se realizó de manera foliar, fisiológicamente la hoja es la principal fábrica de fotosintatos. De aquí la gran importancia de poner al alcance de la fábrica los nutrientes necesarios que se incorporan de inmediato a los metabolitos, al ser aplicados por aspersión en el follaje (Trinidad, 2013). En otra investigación realizada por (Osuna, 1988) la fertilización foliar, entonces, debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutricionales o corregir deficiencias de aquellos nutrientes que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo.

En un ensayo de fertilización edáfica y foliar sobre el desarrollo y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), (Giskin, 1984) reportó un incremento en número de vainas de 43 % al completar la dosis con 15, 20 y 25 % de fertilización foliar, Esto quiere decir que la eficiencia de aprovechamiento de un nutriente se eleva al ser aplicado foliarmente así lo demostró (Chonay, 1981).

Tisdale & Werner (1988) mencionan que la fertilización foliar debe utilizarse no sólo en aquellos casos en los que la disponibilidad nutricional en el suelo es un problema, sino también en casos donde se necesita subsanar problemas de deficiencias en los cultivos, sobre todo porque mediante esta técnica los nutrientes se asimilan en forma más rápida, y aquí

reside la explicación del por qué en las plantas con tratamiento químico se pueden apreciar hasta ese momento mayor número de vainas por planta con respecto a las plantas con tratamiento biológico, dado que los nutrientes de las plantas biológicas fueron captados directamente de la tierra. Por otra parte, Becerril & Rodríguez (1989) indicaron que la aplicación de nitrógeno aumentó la tasa de fotosíntesis, lo que permitió la acumulación de carbohidratos y un aumento en la diferenciación floral, lo que permitió tener mayor rendimiento. Cuando la concentración foliar de nitrógeno es baja, la asimilación neta de CO<sub>2</sub> se incrementa al adicionar nitrógeno (Evans, 1989).

Los resultados reportados en el cuadro número tres muestran en primer lugar los datos de peso de raíz, en las mediciones se puede apreciar que existió una gran diferencia en cuanto a los pesos de las raíces entre las plantas biológicas y las plantas con tratamiento químico así como las plantas que se utilizaron como testigo, este dato tiene mucha importancia porque aquí se puede comprobar por qué las plantas biológicas mostraron casi siempre ventaja sobre el tratamiento químico y las plantas testigo, este resultado podría demostrar que la mayor cantidad de peso se debió a que existió mayor cantidad de biomasa, ventaja que las micorrizas le proporcionaron a las plantas ya que (Martin et al, 2012) cita que el establecimiento de la simbiosis entre el hongo y la planta lleva a una secuencia de etapas de reconocimiento causando cambios tanto morfológicos como fisiológicos en los dos organismos que interactúan.

Además la arquitectura de la raíz de las plantas con tratamiento biológico presento diferencia estadística significativa distinta al de las plantas con tratamiento químico convencional y al de las plantas testigo, esto podría deberse a los tratamientos que se utilizaron, por ejemplo, las plantas con tratamiento biológico llevaron los hongos micorrízicos arbusculares esto podría significar que el crecimiento de los arbusculos así como el crecimiento de nuevas esporas le proporcionó mayor índice de peso a las raíces, también es importante mencionar que la disponibilidad de fosforo y nitrógeno de manera natural tiene mucha importancia debido a que López (2014) afirma en su investigación realizada con *Arabidopsis thaliana*, que cuando no hay fósforo hay una tremenda actividad en la formación de raíces laterales y cada una de esas raíces forma pelos radiculares muy largos, a diferencia de una planta bien

nutrida, en otras palabras la arquitectura de la raíz dependerá de cuánto fósforo haya en el medio de crecimiento (López, 2014).

En el caso de las plantas con tratamiento químico únicamente se le puso un insecticida carbámico lo cual no le brindo el fosforo para el desarrollo ideal de la raíz debido a que la aplicación de fosforo de manera foliar se dio a los 30 días de cultivo, caso contrario a las plantas con tratamiento biológico en las que los hongos micorrízicos arbusculares propiciaron la absorción de fosforo del medio de manera natural a partir de la simbiosis entre el hongo y la planta (Appoloni et al, 2006).

Las raíces de las plantas con tratamiento biológico se vieron favorecidas en gran medida por los hongos micorrízicos arbusculares, tal como lo cita (Hodge, 2000) donde afirma que los hongos micorrízicos interaccionan con otros microorganismos de la tierra y es un enlace clave entre suelo y raíz, estudios recientes demuestran que los hongos micorrízicos arbusculares son simbiosiontes obligados a crecer solo en raíces de las plantas hospederas, es decir no se desarrollan en el medio de crecimiento (Bago et al, 1998). Estas investigaciones contribuyen a entender el por qué las raíces de las plantas biológicas fueron de mayor peso. (Alemán, 2006) en su trabajo de investigación “efecto de niveles de composta y hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)” Afirma que el efecto del hongo sobre el peso de la raíz y el peso total de la planta fueron más altos significativamente respecto a las plantas testigo.

Es importante mencionar que las micorrizas estimulan el crecimiento de los brotes, altura, peso, producción de flores y el crecimiento de la raíz ya que asimilan y reciben en mayor cantidad los nutrimentos, especialmente el P, presentes en el suelo aunque estos sean escasos (Villalba, 2001). En su trabajo (Linderman, 1992) afirma que cuando se forma la micorriza vesículo–arbuscular (MVA), se dan algunos cambios en la morfología de la raíz, pero la fisiología de la raíz experimenta cambios en mayor magnitud, así como la fisiología de toda la planta. Por ejemplo, cuando la planta llega a ser micorrizada, ocurren cambios en concentraciones de compuestos que regulan el crecimiento como auxinas, citoquininas y giberelinas.

Por otro lado, la presencia de la micorriza en la raíz provoca cambios fisiológicos, que conducen a la modificación de la cantidad y calidad de los exudados radicales, lo cual promueve un ambiente particular al que se le ha denominado micorrizósfera, cuyas características permiten el establecimiento de una microbiota específica (Varela & Estrada, 1999).

En su investigación “Efecto de Mycoral® en las etapas de pre-vivero y vivero con dos niveles de fertilización en palma africana (*Elaeis guineensis*) en Atlántida, Honduras”. Realizado por (Cruz, 2007) encontró que las plantas inoculadas con Mycoral® tuvieron mayor peso seco de raíz y aéreo que las que no fueron inoculadas. Cabe mencionar que Mycoral® está compuesto por un sustrato de suelo enriquecido por varias especies de micorrizas en forma de esporas, hifas y raicillas.

El resultado del peso de raíz en mayor proporción en las plantas con tratamiento biológico además de las micorrizas también pudo ser influenciado por las bacterias con las que se trabajó. (Faggioli et al., 2008) en su trabajo denominado “Fertilizantes biológicos en maíz, ensayo de inoculación con cepas *Azoospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*” reporta que hubo incremento en biomasa de raíces con inoculación de cepas en maíz.

Otros resultados reportados por Marín et al. (2014) donde trabajaron con micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón, reportaron que en cuanto peso húmedo y seco de las raíces los tratamientos con inoculación de micorrizas superaron en general al tratamiento con aplicación de fertilizante (T5) y al control absoluto (T6), destacándose el tratamiento T4 (combinación de géneros de MVA) donde se registraron mayores valores.

Así mismo (Khalil et al., 2001) en su investigación reporta que para el factor micorriza, sólo hubo significancia estadística en la variable peso seco de raíz en su trabajo con gladiolas.

El siguiente resultado expresado en el cuadro número tres es el de peso del follaje de las plantas con los diferentes tratamientos, este dato es muy importante debido a que nos muestra la capacidad que tiene la planta para transformar la energía luminosa en energía química.

Este resultado podría deberse a que la captación de nutrimentos en las plantas fueron totalmente distintos en primer lugar porque las plantas con tratamiento biológico tuvieron todos los beneficios de los HMA. Cosa que no sucedió con las plantas con tratamiento químico ni mucho menos con las plantas control básicamente se podría explicar que las plantas con tratamiento biológico tuvieron mayor índice de nutrimentos en las primeras etapas de cultivo, además que a diferencia de las plantas control las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para las plantas con tratamiento biológico fueron inoculadas con *Bacillus subtilis* que forma una barrera física que protege a la raíz y a la planta de infecciones causadas por patógenos.

Al respecto (Gordillo et al., 2009) señalan que el *Bacillus* sp. IBA33 produce metabolitos activos antifúngico hasta las 72 h de cultivo; después hay sustancias inactivas aún en su fase estacionaria de crecimiento. En *Bacillus* ATCC6633 los metabolitos son activos hasta las 120 h con un pico de actividad a las 96 h; después de 120 h la bacteria inició su etapa de esporulación, orientando su metabolismo energético a tal fin y no sintetiza metabolitos antifúngico activos.

El hecho que se haya encontrado mayor índice de peso foliar en las plantas con tratamiento biológico sugiere que estas plantas pudieron haber tenido mayor índice de volumen foliar o también mayor número de hojas por planta, esta hipótesis concuerda con (Pereira 2001) donde observo que existe mayor área foliar en las plantas micorrizadas respecto al tratamiento control.

Este resultado de igual manera concuerda con los resultados obtenidos por Mariscal et al. (1995) en su estudio de efecto de las micorrizas en almácigos de café, donde encontraron que los hongos micorrízicos arbusculares ayudados por un nemátocida presentaron mayor diferencia estadística significativa en el peso foliar a diferencia de los tratamientos donde no se aplicaron micorrizas. Villalba (2001) afirma que la planta micorrizada incrementa su tasa fotosintética entre 8 y 21% producto de un incremento en el área foliar.

En su investigación Casierra et al. (2013) titulada influencia de la sombra y de las micorrizas sobre el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) encontraron que las plantas inoculadas con micorrizas presentaron 186% más área foliar que las plantas control.

Son muchos los resultados que confirman el beneficio de los hongos micorrízicos arbusculares referente al peso foliar citare a Díaz et al. (2008) en su estudio con sorgo reporta que los hongos micorrízicos arbusculares aumentaron la altura de la planta así como la biomasa del área foliar y radical.

Barrera et al. (2009) reportan que los resultados obtenidos muestran un mayor desarrollo en plantas donde se aplicó la mezcla Micorriza + Materia Orgánica + Roca Fosfórica (15% en altura y desarrollo foliar).

Los resultados expresados en el cuadro tres, específicamente cuando se habla de las vainas por plantas se puede observar que las plantas con tratamiento biológico no mostraron diferencia estadística significativa respecto a las plantas con tratamiento químico convencional, pero si existió una clara diferencia entre las plantas con tratamiento biológico y las plantas control, y esto podría explicarse por qué las plantas con tratamiento biológico si tuvieron una buena captación de nutrimentos, además de que las plantas con tratamiento biológico se encontraron protegidas de factores externos que pudieran haber dañado a las plantas y a si afectar la cantidad de frutos producidos por las plantas (Lodge, 2000).

En cuanto a cantidad y calidad de los frutos producidos en plantas con tratamiento biológico es decir específicamente micorrizas Goverde et al. (2000), Afirman que los beneficios de la simbiosis en el hospedero se observan en supervivencia y productividad, los resultados expresados respecto al número de vainas por planta no muestran diferencia estadística significativa pero (Charles & Martin, 2015) encontraron que altos niveles de colonización de los hongos micorrízicos no significa aumento de los rendimientos pero si una mayor captación de nutrimentos necesarios en las plantas.

En estudios realizados por Corbera & Nápoles (2010) encontraron que las plantas tratadas con un bioestimulador además de hongos micorrízicos arbusculares mostraron un ligero

incremento con sus controles donde no se aplicó bioestimulador pero si de sus controles donde no se aplicó nada. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Martin et al. (2010) en su trabajo con *Canavalia ensiformis* donde reportan que las plantas tratadas con micorrizas y tratamiento químico convencional no presentaron diferencia estadística significativa en biomasa de los productos cosechados pero si de las plantas testigo, en las cuales la diferencia estadística significativa fue de gran proporción.

Los resultados obtenidos en la presente investigación a su vez con cuerda con el trabajo titulado evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de *Anthurium andreanum* en etapa de vivero. Corbera et al. (2008) reportan que las plantas inoculadas con HMA. Produjeron la misma cantidad de flores que las plantas con otros tratamientos biológicos pero mostraron diferencia estadística significativa en plantas sin ninguna clase de tratamiento.

Rivera et al. (2009) en su trabajo de investigación efecto de la *Canavalia ensiformis* y micorrizas arbusculares en el cultivo del maíz reportan que no hubo diferencia estadística significativa respecto al número de mazorcas producidas entre el tratamiento biológico y el tratamiento control (químico convencional) pero si encontraron diferencia en cuanto al número de granos por mazorca cosa que se analizara más adelante en el siguiente resultado, que es el número de semillas por vaina.

El ultimo resultado expresado en el cuadro número tres nos reporta la cantidad de granos por vaina y se encuentra diferencia estadística significativa en cuanto a las plantas con tratamiento biológico respecto a las plantas con tratamiento químico convencional y las plantas control, esto podría deberse en primer lugar a que las plantas con tratamiento químico convencional contaban con el beneficio de los hongos micorrízicos arbusculares a resistir estrés por agua. Boudet et al. (2015) reportan que en los componentes del rendimiento relacionados con la producción de granos (granos por plantas, granos por legumbres, peso, promedio de los granos totales por plantas y peso de 100 granos) fue evidente una disminución de los mismos por el efecto de las condiciones de sequía.

Por otra parte el hecho que se hayan tenido resultados entre los dos tratamientos casi similares podría deberse a que el estrés por agua fue casi nulo, lo que no significa que no haya habido estrés por agua, y esto se corrobora con el estudio realizado por Rodríguez et al. (2013) debido a las lluvias y escurrimientos, los materiales en los diferentes ejidos se desarrollaron bajo condiciones favorables de disponibilidad de agua en el suelo, por lo cual no estuvieron sometidos a condición de fuerte estrés hídrico.

Otros factores responsables de los resultados obtenidos en el número de granos por vaina pueden deberse a la forma de captación de nutrimentos específicamente nitrógeno y fosforo los cuales fueron obtenidos de manera distinta en los dos tipos de tratamiento y control (Barrios & Ortega 1972). En las plantas con el tratamiento biológico el nitrógeno fue obtenido por medio de bacterias fijadoras de nitrógeno y el fosforo por medio de los hongos micorrízicos arbusculares, a diferencia de las plantas con tratamiento químico convencional donde el fosforo y el nitrógeno fueron proporcionados a las plantas por medio de fertilización foliar. Al respecto, Ramírez (1994) afirma como resultado de su investigación la diferencia entre las plantas tratadas con fosforo y nitrógeno de forma externa no mostraron diferencia estadística significativa de sus plantas testigo en un suelo totalmente fértil con disponibilidad de estos nutrimentos.

Sin embargo las plantas con tratamiento biológico demostraron tener mayor producción de biomasa en cuanto a rendimiento de grano, y esto podría deberse a que las plantas con tratamiento biológico se encontraron con mayor captación de fosforo del medio desde el inicio del cultivo. Estos resultados concuerdan con Vázquez & Bautista (1993) donde afirman que el contenido de P inicial ( $14 \text{ mg kg}^{-1}$  de suelo) fue de medio-alto.

Los resultados reportados y el hecho que se halla cosechado en las plantas control sugieren que el estrés por agua fue muy poco, esto debido a que según comentarios de algunas personas que se dedican al cultivo en parcelas vecinas a donde se llevó a cabo el cultivo, las plantas que se siembran sin ninguna clase de tratamiento en otras parcelas donde no se tiene escurrimiento como sucede en la que se realizó el cultivo generalmente no se tiene cosecha, es por mucho el más importante estrés ambiental que afecta a la agricultura debido a lo cual

se han realizado muchos esfuerzos para mejorar la productividad de los cultivos bajo condiciones de limitación de agua (Cattivelli et al, 2008).

El cuadro 4 presenta los resultados de los análisis bromatológicos de los granos y en esta encontramos en primer lugar el análisis de humedad, se puede observar que entre las plantas con tratamiento biológico y las plantas con tratamiento químico convencional no hubo diferencia estadística significativa sin embargo teniendo en cuenta que el contenido de humedad se relaciona con la edad de la semilla y el manejo postcosecha, así como con los métodos y condiciones de procesamiento (Salunke et al., 1985). Estos resultados podrían verse reflejados porque cuando se realizaron los estudios bromatológicos no existió diferencia en edad de las semillas y por qué fueron cosechadas en la misma fecha y el manejo postcosecha fue el mismo.

Sin embargo en los granos con tratamiento biológico y los productos de las plantas control si mostraron diferencia estadística significativa y esto podría ser por que las micorrizas le brindan a las plantas mayor resistencia a estrés por agua, y en las plantas control no sucedió eso, y podría explicar la diferencia en cuanto a contenido de humedad en los dos tipos de semillas (Polon et al., 2015).

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento (Pérez, 2008), los resultados de cenizas que se reportaron en el cuadro 4 muestra que hubo diferencia estadística significativa en los granos de las plantas con tratamiento químico convencional respecto a los granos de las plantas con tratamiento biológico y esto podría explicarse porque la captación de nutrimentos fue distinta, y el hecho de aplicar fertilizante químico pudo ser lo que causo que los granos reportaran mayor contenido de materia inorgánica.

Para el caso de la proteína cruda se encontró que entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional no se encontró diferencia estadística significativa y esto podría explicarse porque los dos tratamientos tuvieron una buena captación de nutrimentos ya sea por medio de las micorrizas así como por medio de las fertilizaciones foliares. Lisa (2002) reporta que algunos estudios han relacionado la infección MVA con el aumento en la fijación de nitrógeno por *Rhizobium*. En el caso de plantas de frijol, al comparar las plantas

micorrizadas con las no micorrizadas en presencia de *Rhizobium*, se encontraron un incremento de crecimiento, nodulación, tasas de fijación de nitrógeno, leghemoglobina, fósforo y del contenido total de proteína (Safir, 1990). A su vez lo anterior podría explicar porque las plantas sin ninguna clase de tratamiento produjeron leguminosas con menor índice de proteína cruda.

El resultado que se expresa seguido de la proteína cruda es el de fibra cruda que mostro diferencia estadística significativa al igual que con los granos cosechados de las plantas control, Ulloa et al. (2011) afirma en su investigación que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 13-19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble al respecto se podría decir que los dos tratamientos tanto el biológico como el químico coincidieron con los resultados expresados por el autor antes mencionado.

El resultado que sigue es el de grasa, se encontró que entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional no hubo diferencia estadística significativa y esto podría explicarse por qué los nutrimentos que determinan este resultado fueron captados de manera eficaz los resultados obtenidos concuerdan con los estándares publicados por la (FAO, 2014) Dentro de los macronutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5 a 6.2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglicéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los mono y poliinsaturados. En las plantas sin tratamiento se podría deducir que dado a la falta de nutrimentos, los granos cosechados carecieron de los lípidos.

Los carbohidratos presentes en los granos cosechados mostraron que entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional si se encontró diferencia estadística significativa y podría explicarse esto porque el uso de micorrizas versículo arbusculares mejoro en gran proporción el área foliar y así las plantas tratadas con los organismos biológicos al contar con una mejor captación de nutrimentos y protegida de patógenos obtuvieron los carbohidratos y vitaminas que por sí mismas no pueden sintetizar, ya que las plantas lo logran a través de la fotosíntesis y otras reacciones internas.

Esta deducción concuerda con Silva et al.(2010) cuando menciona que un mayor contenido de área foliar mejora el contenido de carbohidratos presentes en las leguminosas resultado de un mejor proceso de fotosíntesis y reacciones químicas. Los resultados obtenidos en carbohidratos de los granos de las plantas con tratamiento químico convencional concuerdan con los estándares de la (FAO, 2014) donde expresa que 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón, las razones antes mencionadas también explican la diferencia entre el tratamiento biológico y químico respecto a las plantas sin tratamiento.

Los carbohidratos tienen amplia relación con el aporte energético de los alimentos hacia el consumidor al respecto la FAO (2014) establece que el almidón representa la principal fracción de energía en este tipo de alimentos, a pesar de que durante su cocinado, una parte de la misma queda indisponible dado que se transforma en el denominado almidón resistente a la digestión (Modernell et al., 2008). La diferencia estadística que se encontró entre los tratamientos biológico, químico convencional y control podría ser explicada por el uso de micorrizas esto se ve al comparar los resultados obtenidos con los resultados publicados por Klasa (2013), quién aplicó la micorriza dedicada para la mimbrera, conseguimos incrementar el valor energético por un mínimo de 40%.

Espinosa (2015) menciona que un factor que facilita la absorción del fósforo es la presencia de micorrizas, hongos del suelo que se asocian a las raíces además de que el fósforo forma parte de moléculas de carácter energético como puede ser el ATP o el NADPH. En este último caso forma un enlace éster fosfórico con grupos hidroxilos y en el otro, en el ATP, forma enlaces tipo anhídrido de ácido ricos en energía realiza una función clave en la fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético.

Los resultados que reportaron el valor energético de los granos cosechados demuestran que los granos cosechados de las plantas control presentaron un nivel energético menor que los tratamientos biológico y químico convencional lo que pudo inducir a obtener estos resultados pudo ser el que las plantas no hayan desarrollado el área foliar de una manera óptima debido a la falta de nutrimento y a ataques a la planta por patógenos, la carencia de fósforo en las raíces pudo inducir a que no se produjera un área foliar adecuada que a su vez repercute

directamente en el contenido de carbohidratos azúcares y proteína de las semillas afectando así su aportación de contenido energético.

En el cuadro 5 encontramos la diferencia de gastos tanto para las plantas con tratamiento biológico y químico convencional como para las plantas control, y se puede apreciar que los gastos de inversión por hectárea en las plantas con tratamiento biológico es mayor que el del tratamiento químico convencional y de las plantas control, sin embargo las ganancias que se obtienen de utilizar un tratamiento con micorrizas y bacterias (*Azospirillum sp* y *Bacillus subtilis*) y guano monetariamente son casi similares que las ganancias reportadas por el tratamiento químico convencional, Noda (2009) mencionan que los fertilizantes químicos son una fuente de contaminación del suelo y las aguas subterráneas si no se utilizan de forma balanceada; es por ello que desde hace algunas décadas se trabaja con la intención de buscar alternativas más ecológicas de fertilización en las plantas, con el objetivo de preservar el ambiente.

Popoff (2008) menciona que el uso de los biofertilizantes es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. Se plantea que una tecnología que está vinculada con este concepto es la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), tales como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> y/o solubilizadores de fósforo, los cuales producen efectos aditivos, de particular importancia en la productividad de los cultivos y en su mejor calidad fitosanitaria, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

A largo plazo el contenido de materia orgánica en el suelo será mayor y la dependencia a fertilizantes químicos será casi nula, los rendimientos tanto de biomasa como de calidad nutricional son mejores se podría deducir que el tratamiento biológico es más recomendable que el tratamiento químico convencional y el control y esto se deduce por que el hacer uso de los hongo micorrízicos arbusculares mejoran la calidad del suelo (Grümber et al., 2012).

De los resultados expresados en el cuadro 6 específicamente cuando se habla de fosforo disponible en el suelo donde se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa se puede apreciar que existe una diferencia estadística significativa entre el tratamiento biológico y en el tratamiento químico convencional así como en el suelo de las

plantas control. Esto podría deberse en primer lugar porque unos de los principales efectos que ejercen los hongos micorrízicos arbusculares es hacer el fósforo más disponible para las plantas.

Bernaza & Acosta (2006) en su investigación afirman que los efectos benéficos de las micorrizas en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas especialmente en cuanto a fósforo disponible por estar éstos (suelo – planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, podemos declarar que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo que incrementan mucho su potencial agro productivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales.

Los resultados obtenidos en los análisis de fósforo disponible de esta investigación concuerdan con Young (1990) quienes observaron interacciones positivas para la planta, entre bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos MVA, sin embargo no se sabe si el aumento en el crecimiento es debido a incrementos de la disponibilidad de fósforo solubilizado por las bacterias o es por otros mecanismos.

Abreu et al. (2014) mencionan que al absorber el fósforo de la solución del suelo por las raíces, parte del fósforo adsorbido a la fase sólida del suelo es liberado a la solución del suelo, para mantener un equilibrio químico. Esto podría explicar por qué al realizar el análisis de fósforo disponible se encuentra diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos y el control.

Otro dato importante que se debe tener en cuenta es lo que menciona Vázquez & Dávila (2008) en suelos ácidos el fósforo tiende a reaccionar con aluminio, hierro y manganeso, mientras que en suelos alcalinos, la fijación dominante es con el calcio. El rango de pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6.0-7.0. En este sentido el pH que más se acerca al rango óptimo es el que pertenece al suelo donde se cultivó con micorrizas.

El siguiente dato que se puede apreciar en el cuadro 6 es el que muestra los resultados del análisis de suelo de materia orgánica, se puede observar que entre el suelo donde se cultivó con tratamiento biológico puede encontrarse mayor cantidad del parámetro estudiado a diferencia del suelo donde se cultivó con tratamiento químico convencional y el suelo donde no se aplicó ninguna clase de tratamiento y esto podría explicarse por qué la presencia de los

hongos micorrízicos arbusculares así como los de las bacterias con las que se inocularon las semillas brindaron al suelo mayor presencia de actividad biológica. Caso contrario a lo que sucedió con las plantas control y las plantas con tratamiento químico convencional.

Esta idea es apoyada por lo que reportan Hernández & Cuevas (1999) que las micorrizas son regeneradoras de suelos degradados, ya que al facilitar el mejoramiento de la estructura de éste, se incrementa sus posibilidades de retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica.

Durand et al. (2013) mencionan que la presencia de Micorrizas en los suelos, moviliza una gran cantidad de nutrimentos que antes no estaban a disposición de las plantas, por lo que incrementa la fertilidad de éstos. En la medida que los suelos sean menos fértiles se necesitarán más estructuras fúngicas para lograr una mayor eficiencia micorrízica.

También González et al. (2005) citan que otro de los efectos más interesantes de las Micorrizas en el suelo, es su papel en relación con el ecosistema en el que se desarrollan; así interaccionan con diversos microorganismos del suelo, estableciendo provechosas cooperaciones con unos y compitiendo con otros generalmente de tipo patógeno, e incluso interactuando con la micro fauna de la rizósfera (Nematodos, Afidios, Ácaros, entre otros).

Mathews & Barry (2014) reportan que el guano es el abono más equilibrado que la naturaleza puede ofrecer. Su uso es beneficioso debido a su alto contenido en materia orgánica, en micro y macro elementos (NPK), Nitrógeno, Fósforo y Potasio elementos fundamentales en el desarrollo de las plantas. Ideal para floricultura y huertos intensivos. El abono que se utilizó en el suelo de las plantas con tratamiento biológico fue el guano entonces este factor también influyo a la hora de obtener los resultados de materia orgánica disponible.

Estrella et al. (2014) mencionan que el guano de murciélago es portador de una gran micro flora compuesta de hongos, actinomiceto y bacterias, que no afectan al hombre y juegan un papel muy importante en el suelo y la nutrición de las plantas.

Al respecto Martínez et al. (2013) mencionan que el guano de murciélago incrementa el intercambio catiónico del suelo aumentando la disponibilidad de los nutrimentos que las plantas necesitan.

Galicia et al. (2014) reportan que el guano de murciélago es un excelente mejorador de los suelos y sustratos porque activa los procesos microbiológicos del suelo, mejorando su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. También actúa como regulador de la temperatura del suelo, y suministra productos de descomposición orgánica que incrementan el crecimiento de las plantas.

En el cuadro 6 se puede apreciar que existió una mayor concentración de nitrógeno total, en comparación con las plantas control y las plantas con tratamiento químico convencional esto podría explicarse por qué las semillas se inocularon con bacterias fijadoras de nitrógeno y en el tratamiento químico convencional no se realizó inoculación si no que se fertilizó de manera foliar a las plantas y esto pudo haber afectado el resultado de nitrógeno total del suelo.

Al respecto Rangel et al. (2014) mencionan que el nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire. En este sentido concuerda con lo que se plantea anteriormente donde se menciona que son las bacterias que se inocularon las que beneficiaron al suelo con tratamiento biológico. Además de que también se vio beneficiado por el guano ya que como menciona Cárdenas et al. (2010) el guano representa una fuente de lento y uniforme suministro de Nitrógeno orgánico y otros compuestos, ejerciendo con ello una favorable influencia sobre el contenido proteico de las plantas y el suelo donde se cultiva.

Sprent & Sprent (1990) mencionan que la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, consistente en la reducción de  $N_2$  a  $NH_4^+$  por la enzima nitrogenasa, es, después de la fotosíntesis, la ruta metabólica más importante para el mantenimiento de la vida en la Biosfera y esta fijación se puede dar mediante microorganismos fijadores de nitrógeno tales como las bacterias pertenecientes a la familia Frankiaceae, al grupo Rhizobiaceae y a los géneros *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Clostridium*.

En el cuadro 6 se presentan los resultados del pH el cual se ve afectado principalmente por la adición de cal antes del cultivo cuando la tierra era preparada, cabe mencionar que esto se realizó como una medida anti fúngica acostumbrada por los cultivadores vecinos a la parcela donde se realizó el experimento pero la cal pudo influir también en el pH del suelo de los dos tratamientos y control. Sin embargo se puede apreciar que entre el suelo donde se cultivaron

las plantas con tratamiento biológico así como el suelo donde no hubo tratamiento y donde se llevó a cabo el otro tratamiento existió diferencia estadística significativa. En primer lugar se puede apreciar la diferencia entre el tratamiento biológico y el tratamiento químico convencional y esto podría deberse a que el uso de químicos afecta de manera directa el suelo dañando su calidad y capacidad para producir mejores cultivos, de esta manera se puede explicar por qué el suelo donde no se aplicó ningún tratamiento a excepción de la cal tubo mayor cantidad de pH esta información se puede apreciar claramente en el cuadro 6.

Al respecto Pérez & Vertel (2010) mencionan que el pH del suelo (o del sustrato de cultivo) determina la asimilabilidad de los nutrimentos y los fertilizantes tienen una importante influencia sobre el pH. Daza (2014) menciona que la incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo depende principalmente del perfil acidificante de la composición química del fertilizante, de su carácter descalcificante o calcificante y de la capacidad tamponadora del suelo.

En el cuadro 6 se presentan los resultados de la conductividad eléctrica (CE), este parámetro es importante porque la CE nos sirve para medir la concentración total de sales en una solución, pero no indica qué sales están presentes (Polón, 2006) y podemos apreciar en este parámetro que existió diferencia estadística significativa entre el suelo de los tratamientos químico, biológico y control este resultado podría explicarse por qué las micorrizas mejoran las condiciones de suelo para que este pueda producir mejor calidad de grano, puesto que las condiciones óptimas de conductividad eléctrica que señala Rodríguez et al. (2010) es de 0.9 a 1.4 y en este sentido los tres tipos de suelo cumplen con estos parámetros por lo que se podría deducir que la presencia de micorrizas mejoro notoriamente la conductividad eléctrica del suelo.

## **8 CONCLUSIONES**

El tratamiento biológico realizado con Tec Myc 60 (hongos micorrízicos arbusculares) BT AZ MIX (*Bacillus subtilis* y *Azospirillum* sp) y guano, puede utilizarse como tratamiento alternativo y de mejor calidad que el tratamiento químico convencional en el cultivo del frijol.

Con respecto al rendimiento de grano las plantas con tratamiento biológico produjeron mayor cantidad comparadas con el tratamiento químico convencional y control. Esto tiene un efecto directamente en costos, además de que los resultados de los análisis edafológicos reportan mejor calidad de suelo en el área donde se cultivó con el tratamiento biológico.

## 9 BIBLIOGRAFIA

Abreu, M., Parets, E., Castellanos, L., Rosatto, L., Prado, M., & Romero, M. (2014). Fuentes de fósforo (P) más cachaza con y sin azotofos sobre el tenor de P disponible en el suelo. *Reumatol clin* 6 (10): 152-158.

Alarcón, A., Boicet, T., Godefroy, M., Bacilio-Jiménez, M., Ceiro, W., & Bazán, Y. (2013). Efecto de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Protección Vegetal* 28 (3): 153-162

Appoloni, S., Lekberg, Y., Tercek, M., Zabinski, C., & Redecker, D. (2006). Molecular Community Analysis of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Roots of Geothermal Soils in Yellowstone National Park (USA). *Microbe col.* 56 (4): 654-9

Bago, B., Azcon, A., & Piche, Y. (1998). Architecture and development dynamics of the external mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* grown under monoxenic conditions. *Mycologia* 90 (1): 52-62.

Barea, José. (2005). Microbial cooperation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. *Journal of Experimental Botany* 56 (41): 45-63.

Barrios, A., & Ortega, S. (1972). Población y rendimiento por hectárea en siembras de Jamapa negra (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego y secano. *Agronomía Tropical* 22 (4): 391-396.

Bernaza, G. & Acosta, M. (2006). Las Micorrizas: Alternativa Ecológica para una Agricultura Sostenible. *Pastos y forrajes* 32 (2): 23-46.

Boicet, T. (2010). Estrés hídrico y la distribución de características vegetativas y reproductivas en el genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). *Ecología Aplicada*, 14 (1): 65-69.

Blancof, F., & Salas, E. (1997). Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21 (1): 57-67.

Cárdenas, M., Garrido, F., Bonilla, R., & Baldani, L. (2010). Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum* sp. en pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) del Valle del Cesar. (Spanish). *Pastos Y Forrajes* 33 (3), 1-11.

Cabrera, A., Cuevas, A., Quintero, E., Quiñones, R., Díaz Castellanos, M., & Saucedo Castillo, O. (2014). Respuesta de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la infección por *Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint var. *typica* Arth. (Spanish). *Revista Centro Agrícola*, 41(1): 33-37.

Cassan, F., Sgroy, V., Perring, D., Masciarelli., & Luna V. (2000). Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. *Biol. Biochem.* 25 (3): 513-519.

Casierra, F., Peña, O., Peñaloza, J., & Roveda, G., (2013). Influencia de la sombra y de las micorrizas sobre el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16 (1), 61-70.

Cattivelli, L., Rizza F., Franz, B., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, M., & Francia, E., C. (2008). Stanca Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research* 10 (5): 1-14.

Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT). (2015). consultado 18-10-2015 en <https://ciat.cgiar.org>.

Charles, J., & Martín, A. (2015). Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (hma) y humus de lombriz en tomate (*solanum lycopersicum* l.), bajo sistema protegido. (Español). *Cultivos Tropicales*, 36 (1): 55-64.

Chonay, P. (1981). Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Chapingo, México

Cruz, E. (2007). Efecto de Mycoral® en las etapas de pre-vivero y vivero con dos niveles de fertilización en palma africana (*Elaeis guineensis*) en Atlántida, Honduras. Proyecto de graduación para obtener el título de ingeniero agrónomo, EAP, Zamorano.

Colozzi, F., & Cardoso, E. (2000). Detección hongos micorrízicos arbusculares en las raíces y crotalarias café crecido entre las filas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35 (10): 2033-2042

Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., & Urdaneta, C. (2007), Las micorrizas arbusculares como una alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Inci* 32 (1): 23-29.

Daza, M. (2014). Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maíz (*Zea mays*). (Spanish). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23 (3), 22-30.

Orberá, T., Serrat, M., & Ortega, E. (2014). Potencialidades de la cepa SR/B-16 de *Bacillus subtilis* para el control de enfermedades causadas por hongos en cultivos de interés agrícola. (Spanish). Biotecnología Aplicada, 31(1), 7-17.

Díaz, A., Jaques, C., & Peña del Rio, M. (2008). Productividad de sorgo en campo asociada con micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense*. Universidad y ciencia, 24 (3), 229-237.

Douds, D., & Millner, P. (1999). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. Agriculture, ecosystems & environment, 74 (2): 77-93.

Durand, J., Rivera, M., Fernández, A., & Goulet, J. (2013). Respuesta del tomate al uso de alternativas orgánicas y micorriza en producción protegido en Guantánamo. (Spanish). Revista Centro Agrícola, 40 (3): 15-21.

Eibner, R. (1986). Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. Developments in Plant and Soil Sciences 22 (1): 3-13

Estrella, E., Pech, J, Hernández, S., López, D., & Moreno, E. (2014). Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. Acta zoológica mexicana, 30 (1): 188-200.

Frahm, R., Kelly, J., James D., López, E., Acosta, A. (2003). Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical Comportamiento de variedades de maíz normal y con alta calidad de proteína para la región Golfo de México. Agronomía Mesoamericana 14(2): 143-150.

Falcón, E., Rodríguez, O., & Rodríguez Y. (2015). Aplicación combinada de micorriza y fitomas-e en plantas de (*Talipariti elatum*) (Sw.) Fryxell (MAJAGUA. Cultivos Tropicales, 36(4), 35-42.

Faggioli, V., Cazorla, C., Vigna A., & Berti, M. (2008). Fertilizantes biológicos en maíz, ensayo de inoculación con cepas *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*. Estación agropecuaria 13 (3): 1-4.

Frank, B. (1885). Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutsch Botanische Gesellschaft 3 (2): 128-145

Fredeen, A., Madhusudana, I., & Terry, N. (1989). Influence of phosphorus nutrition on growth and carbón partitioning in *Glycine max*. *Plant Physiol.* 89 (1): 225-230.

Galicía, M., Buenrostro, A., & García, J. (2014). Diversidad específica bacteriana en murciélagos de distintos gremios alimenticios en la sierra sur de Oaxaca, México. (Spanish). *Revista de Biología Tropical*, 62(4): 1673-1681.

Nogales, A. (2006). Estudio de la interacción entre el hongo formador de micorrizas arbusculares *Glomus intraradices Schenck* y Smith y el hongo patógeno *Armillaria mellea*. *Revista de Biología Tropical*, 38 (6): 230-236

Rodríguez, M., Pérez, R., & Sendín, P. (2010). Influencia de la frecuencia de excitación y la distancia entre enrollados durante el sensoramiento de la conductividad eléctrica del suelo mediante un campo magnético variable. (Spanish). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (4): 17-23.

González, L., Sosa, N., & Díaz, L. (2005). Efectividad de diferentes niveles de materia orgánica y biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de organopónico. *Centro Azúcar*, 32 (2), 11-15.

Gordillo, M., Navarro, L., Benítez, M., & Maldonado, M. (2009). Preliminary study and improve the production of metabolites with antifungal activity by a *Bacillus* sp strain IBA 33. *Microbiol Insight* (2): 15-24.

Guevara, E., Méndez, C., Lavín, V., González, S., Puertas A., & Fonseca J. (2013). Influencia de diferentes dosis de Fito Más-E en el frijol común. *Revista Centro Agrícola*, 40 (1), 39-44.

Hernández, M., & Cuevas, F. (1999). "Evaluación de diferentes cepas de Micorriza arbusculares en el Cultivo del Arroz". *Estación Experimental de Arroz. Cultivos tropicales* 20 (4): 258-320.

Hernández, I. & Chailloux, M. (2000). Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales* 25 (2): 5-12.

Hodge, A. (2000). Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *Microbiol. Ecology.* 32 (1): 91-96.

Linderman, R. (1992). Vesicular-arbuscular corrhizae and soil microbial interactions In: *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Wisconsin, USA. American Society of Agronomy 3 (2) : 45-64.

Ley-Rivas, J. F., Sánchez, J. A., Ricardo, N. E., & Collazo, E. (2015). Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate.. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 47-59.

Lodge, J. (2000). Ectoarbuscular mycorrhizas - which are best? *New Phytol.* 146:353-354.

Martín Alonso, G. M., Rivera Espinosa, R., Pérez Díaz, A., & Arias Pérez, L. (2012). respuesta de la *canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *glomus cubense* (cepa incam-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. (spanish). *Cultivos Tropicales*, 33(2), 20-28.

Mamani, P., & François, J. (2014). Efecto de la sequía en la morfología, crecimiento y productividad de genotipos de papa (*solanum tuberosum* L.) en Bolivia. *Revista latinoamericana de la papa*.18 (1): 12-23.

Marín, M., Mena, J., Wong, I., Morón, R., Franco, R., Rojas, M., & ... González, S. (2014). Characterization of the vegetal growth promoting capacity of *Tsukamurella paurometabola* C-924 and the main mechanisms involved. *Biotechnologia Aplicada*, 31(2), 168-171.

Martínez, C., Enríquez, Á., Arce, R., Vallejos, C., Sánchez, A., Martínez, J., & Bonifaz, A. (2013). Esporotricosis cutánea linfangítica por mordedura de murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*). (Spanish). *Dermatologia Revista Mexicana*, 57(6), 468-472.

Mathews, R., & Barry, S. (2014). Compost tea reduces egg hatch and early-stage nymphal development of *halyomorpha halys* (hemiptera: pentatomidae). *Florida entomologist*, 97(4), 1726-1732.

Modernell, G., Granito, M., Paolini, M., & Olaizola, C. (2008). Uso de la leguminosa (*Vigna sinensis*) como complemento del pollo en una fórmula infantil. (Spanish). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 292-297.

Muñoz, A. (2012). Inoculante endomicorrízicos formador de micorrizas arbusculares aplicado a plántulas de hortalizas y frutales. *Agronomía mesoamericana* 22 (1): 71-80.

Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Matanzas, Cuba. Pastos y Forrajes* 32 (2): 1.

Ojeda, L., Furrázola, E., & Hernández, C. (2014). Micorrizas arbusculares en leguminosas de la empresa pecuaria El Tablón, Cuba. (Spanish). *Pastos Y Forrajes*, 37(4), 392-398.

Polón, R. (2006). Manejo del agua en un sistema de riego ingeniero sin cascada y su efecto en la conductividad eléctrica del suelo y el rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). (Spanish). Cultivos Tropicales, 27(4), 81-83.

Posada R. (2001). Presencia de propágulos de hongos de micorriza arbuscular en muestras de hojarasca de alrededor de dos especies arbóreas en un bosque húmedo tropical. Acta Biológica Colombiana. 6 (1):25-30.

Quintero, E., Boschetti, G., & Benavidez, A., (1995). Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo. AACS. 13(2):60-65.

Rangel, A., Ramírez, M., Ortiz, C., Mendoza, M., García, E., & Rivera, G. (2014). Biofertilización de *Azospirillum* sp. y rendimiento de grano de maíz, sorgo y trigo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 46 (2): 231-238.

Requena, N., Serrano, E., Ocon, A., Breuninger, M. (2007) Plant signals and fungal perceptions during arbuscular mycorrhizal establishment. Phytochemistry 68 (1): 33-40.

Rodríguez-Castillo, L., Fernández-Rojas, E. (2013). Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.): su aporte a la Dieta costarricense. Acta Médica Costarricense, 45(3), 120-125.

Rodríguez, M., Alcantar, G., Aguilar, A., Etchevers, J., Santizo J. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra volumen 16 (1): 42-49.

Ruiz, O., Rojas, C., & Sieverding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. Espacio y Desarrollo, (23), 47-63.

Safir, G. (1990). Micorrizas arbúsculo-vesicular y la productividad agrícola. En Biología de la productividad de los cultivos. Acta Botanica Mexicana, (89), 63-78.

Sieverding, E. (1986): Influence of placement method of VA mycorrhizal inoculum on growth response of field grown cassava. Agriculture, Ecosystems & Environment 29 (4): 397-401.

Sieverding, E. (1991) Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems, GTZ, Eschborn, Germany. Plant Soil 88 (1): 213-221.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2009). Consultado 09-11-2015 En <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2012). Consultado 06-10-2015  
En <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.

Silva-Cristóbal, L., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2010). Composición química, digestibilidad de carbohidratos, y capacidad antioxidante de variedades mexicanas cocidas de frijol. *Journal of Food*, 8 (1): 7-14.

Tisdale, L., & Werner, L. (1988). Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Primera ed. español. Traducido por Jorge Balasch y C. Poña. UTEHA. México, D.F

Varela, L., & Estrada, A. (1999). El papel de los microorganismos de la rizósfera y de la micorriza en la absorción de nutrimentos minerales y agua en Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. *Revista mexicana de micología* 4 (31) 69-74.

Valencia, C., & Zúñiga, D. (2015). Análisis de la presencia natural de micorrizas en cultivos de algodón (*Gossypium barbadense* L.) inoculados con *Bacillus megaterium* Y/O *Bradyrhizobium yuanmingense*. (Spanish). *Ecología Aplicada*, 14(1), 65-69

Villalba, V. (2001). El uso de las micorrizas en la agricultura tropical sostenible. *Revista Luna Azul* 2 (42): 217-234.

Voysset, O. (1983). Variedades de fríjol en América Latina y su origen. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 79-86.