



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
NÚCLEO UNIVERSITARIO "RAFAEL RANGEL"  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS  
TRUJILLO - VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN AZOTOBACTER Y LA MATERIA  
ORGÁNICA EN PLANTAS DE PARCHITA (*Passiflora edulis* v.  
*flavicarpa*) EN VIVERO**

**Realizado por:  
Baptista Pedro Manuel C.I 18.377.080**

**Tutor: MSc. Ing. Jesús Matheus**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
TECNICO SUPERIOR AGRICOLA**

**Abril, 2013**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
NÚCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL”  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS  
TRUJILLO – VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN AZOTOBACTER Y LA MATERIA  
ORGÁNICA EN PLANTAS DE PARCHITA (*Passiflora edulis* v.  
*flavicarpa*) EN VIVERO**

**Realizado por:  
Baptista Pedro Manuel C.I 18.377.080**

**Tutor: MSc. Ing. Jesús Matheus**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
TECNICO SUPERIOR AGRICOLA**

**Abril, 2013**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
NÚCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL”  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS  
TRUJILLO - VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN AZOTOBACTER Y LA MATERIA  
ORGÁNICA EN PLANTAS DE PARCHITA (*Passiflora edulis* v.  
*flavicarpa*) EN VIVERO**

**AUTOR:**

**Br. BAPTISTA PEDRO**

**RESUMEN**

El ensayo se realizó en la Unidad de Producción Integral (UPI) del Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes, con el objetivo de evaluar la interacción del Azotobacter y la Materia Orgánica en el crecimiento de la parchita (*Passiflora edulis*) en vivero. Se empleó un modelo estadístico irrestrictamente al azar para evaluar el efecto de ocho tratamientos y cuatro réplicas; los tratamientos fueron: T0:(testigo); T1 (1%); T2 (20%); T3 (40 %); T4:(M.O+1%) T5: (M.O+20%); T6 (M.O+40%) T7 (Químico). A los 86 días se procedió a evaluar algunas variables fitométricas: altura y diámetro de planta, área foliar, peso seco aéreo y peso seco total. Los resultados evidenciaron una respuesta favorable a la inoculación de Azotobacter cuando se incorporó materia orgánica al suelo, encontrándose diferencias estadísticas significativas en algunas de las variables evaluadas; el tratamiento químico se comportó muy similar a aquellos con materia orgánica. El tratamiento (con materia orgánica y una dosis de inoculación de Azotobacter del 20%) siempre fue superior en todas las variables evaluadas. El índice de eficiencia de la inoculación y la eficiencia agronómica relativa mostraron similar comportamiento.

**Palabras claves:** Interacción, *Azotobacter*, materia orgánica, *Passiflora edulis*.

## DEDICATORIA

**A Dios todopoderoso, a Jesucristo mi Salvador y al Hermoso Espíritu Santo,** por ser mi ayuda, mi fortaleza, mi guía, mi consolador y estar conmigo en cada momento de mi vida.

**A mis padres,** por su constante apoyo y estar conmigo en todo momento, por sus consejos, sus valores y por hacer de mí una mejor persona a través de su ejemplo.

**A mis hermanos,** por estar a mi lado siempre y compartir nuestra niñez junta. Este logro también es de ustedes.

**A mi novia Saraiz,** por estar conmigo siempre ayudándome y motivándome para alcanzar esta meta. Te Amo!

**A mis amigas,** por su apoyo en nuestra formación profesional, por incentivar me a no desmayar en algunos momentos de dificultad.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Primeramente a Dios**, por darme el entendimiento necesario para lograr el objetivo planteado que fue graduarme.

**A mis padres**, por apoyarme en todos los momentos de mi vida y por ser para mí un ejemplo a seguir.

**A mi tutor Jesús Matheus**, muchas gracias por apoyarme y aportar sus conocimientos para mi mejor formación académica.

**A mi amigo Darwin Simancas**, por su apoyo y colaboración en esta investigación.

**A mis amigas:** Glenda, Norelis, Leidimar y Yamileydi. Por brindarme su amistad y apoyo, ya que juntos hemos aprendido a solucionar las dificultades que se nos han presentado a través de la perseverancia, que es un arma muy poderosa y eficaz cuando nos proponemos en lograr una meta en la vida.

**A la Ilustre Universidad de los Andes**, por brindarme su apoyo en cuanto al conocimiento adquirido, ya que ha sido de gran importancia para mi vida.

**Al Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI)**, por prestarme su colaboración en la obtención de los productos para la ejecución de este trabajo



## ÍNDICE GENERAL

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | iii         |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                  | iv          |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                               | v           |
| <b>INDICE GENERAL</b> .....                               | vi          |
| <b>LISTA DE CUADROS</b> .....                             | viii        |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                             | ix          |
| <b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....                           | x           |
| <br>  |             |
| <b>I. INTRODUCCION</b> .....                              | 1           |
| 1.1 Objetivo general.....                                 | 3           |
| 1.2 Objetivos específicos.....                            | 3           |
| <br>  |             |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....                            | 4           |
| 2.1 Bases teóricas.....                                   | 4           |
| 2.1.1 Microorganismos en el suelo.....                    | 4           |
| 2.1.2 La rizósfera.....                                   | 6           |
| 2.1.3 Genero Azotobacter.....                             | 7           |
| 2.1.4 Biofertilizantes.....                               | 10          |
| 2.1.5 Materia orgánica.....                               | 12          |
| <br>  |             |
| <b>III. MARCO METODOLOGICO</b> .....                      | 14          |
| 3.1 Ubicación del ensayo.....                             | 14          |
| 3.2 Descripción del ensayo de campo.....                  | 15          |
| 3.2.1 Determinación del área experimental.....            | 15          |
| 3.2.2 Análisis físico-químico del<br>suelo utilizado..... | 15          |
| 3.2.3 Cultivo indicador.....                              | 15          |
| 3.2.4 Establecimiento del ensayo.....                     | 16          |
| 3.2.5 Diseño experimental.....                            | 17          |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.6 Variables respuesta.....   | 18        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>20</b> |
| 4.1 Características del suelo extraído de la Unidad De Producción Integral (UPI).....  | 20        |
| 4.2 efecto de la interacción Azotobacter- Materia orgánica y diferentes dosis de concentración sobre las variables fitométricas..... | 21        |
| 4.2.1 Días a emergencia.....   | 21        |
| 4.2.2 Altura de la planta.....   | 22        |
| 4.2.3 Diámetro del tallo.....  | 23        |
| 4.2.4 Área foliar.....   | 24        |
| 4.2.5 Peso seco total.....   | 25        |
| 4.2.6 Peso seco aéreo.....   | 26        |
| 4.3 Índice de efectividad de la inoculación.....   | 27        |
| 4.4 Eficiencia agronómica relativa (%).....  | 28        |
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>VIII. APENDICES.....</b>  | <b>39</b> |

## LISTA DE CUADROS

| Cuadro | Contenido   | Página |
|--------|---|--------|
| 1      | Variables y métodos empleados para la caracterización del suelo. . . . .  | 15     |
| 2      | Resultados obtenidos del análisis físico químico del suelo de la UPI. . . . .   | 20     |
| 3      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable días a emergencia. . . . .   | 21     |
| 4      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable altura de la planta. . . . . | 22     |
| 5      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable diámetro del tallo. . . . .  | 23     |
| 6      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable del área foliar. . . . .     | 24     |
| 7      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable peso seco total. . . . .     | 25     |
| 8      | Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable de peso seco aéreo. . . . .  | 26     |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b> | <b>Contenido</b>                                 | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| <b>1</b>      | Posición de los tratamientos. . . . .            | 17            |
| <b>2</b>      | Índice de efectividad de la inoculación. . . . . | 27            |
| <b>3</b>      | Eficiencia agronómica relativa (%). . . . .      | 29            |

## LISTA DE APENDICES

| Apéndice | Contenido  | Página |
|----------|--|--------|
| <b>1</b> | Variables fitométricas del ensayo. . . . .                               | 39     |
|          | 1.1 Análisis de varianza para la variable de días de emergencia. . . . . | 39     |
|          | 1.2 Análisis de varianza para la variable altura de la planta. . . . .   | 40     |
|          | 1.3. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo. . . . .   | 41     |
|          | 1.4. Análisis de varianza para la variable del área foliar. . . . .      | 42     |
|          | 1.5. Análisis de varianza para la variable del peso seco total. . . . .  | 43     |
|          | 1.6. Análisis de varianza para la variable del peso seco aéreo. . . . .  | 44     |
| <b>2</b> | Índice de efectividad de la inoculación expresado en % . . . . .         | 45     |
| <b>3</b> | Eficiencia agronómica relativa expresada en expresado en %. . . . .      | 45     |

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la agricultura depende en gran medida del uso frecuente de fertilizantes químicos, los cuales proporcionan nutrientes asimilables por las plantas, con la finalidad de obtener un mayor rendimiento en la producción, pero no toman en cuenta los daños que estos fertilizantes químicos ocasionan en el ambiente, contaminando las aguas, suelos y generando así un impacto negativo en la salud de los seres vivos.

Contrariamente, la agricultura sustentable consiste en el manejo exitoso de los recursos agrícolas para satisfacer las necesidades humanas, mientras se mantiene la calidad del ambiente y se conservan los recursos naturales; dentro de este concepto, los biofertilizantes son un componente vital de los sistemas sustentables (Gonzales, 2000). Los biofertilizantes son bio-preparados que contienen microorganismos que existen naturalmente en los suelos, cumpliendo funciones específicas en los cultivos, como la fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fósforo, y la producción de hormonas promotoras del crecimiento.

Los biofertilizantes se caracterizan por la presencia de microorganismos vivos que no causan daño o enfermedad al hombre, a los animales, ni a las plantas. Pueden emplearse bacterias u hongos microscópicos, que se asocian en forma natural con las raíces de las plantas, beneficiando su crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Caballero (2006), expresa que estos microorganismos contribuyen con el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos.

Dentro del grupo de los biofertilizantes se encuentran las bacterias del género *Azotobacter*, considerado de vital importancia para los sistemas sustentables por su capacidad de fijar de nitrógeno atmosférico, ser solubilizadoras de fósforo, así como productores de sustancia promotoras del crecimiento vegetal (Avella, 2007). La fijación de nitrógeno por estas bacterias varía considerablemente en dependencia de la composición del suelo, la acidez, la temperatura y la aireación del mismo, de la presencia de nitrógeno, la naturaleza de la fuente de carbono, los microelementos y de la acción de microorganismos antagónicos en el medio.

El nitrógeno sufre gran cantidad de transformaciones microbiológicas y se encuentra en pequeñas proporciones en el suelo, y su deficiencia genera bajos rendimientos en la producción agrícola. Para mantener suficiente nitrógeno en el suelo y poder ser aprovechado por las plantas para su mejor desarrollo, generalmente, se incorporan fertilizantes nitrogenados; sin embargo, actualmente se ha fomentado el uso de microorganismos fijadores de este elemento. Es por ello la importancia de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las bacterias *Azotobacter spp*, debido a que este género dentro de la agricultura realiza un aporte significativo de nitrógeno, el cual es uno de los más importantes y necesarios para el desarrollo de las plantas.

A fin de evaluar estos bioinsumos, y especialmente el *Azotobacter spp*, se realizó esta investigación empleando como cultivo indicador la planta de parchita (*Passiflora edulis, v. flavicarpa*), que es un cultivo de importancia en el país y particularmente en la zona baja del estado Trujillo. Para ello se evaluó el efecto de la inoculación de tres dosis de *Azotobacter* y su interacción con la materia orgánica, a través de algunos parámetros de crecimiento en vivero.

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la interacción de *Azotobacter* y la materia orgánica en plantas de parchita (*Passiflora edulis*) en vivero, en la Unidad de Producción Integral (UPI), ubicado en el Núcleo Universitario Rafael Rangel.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el efecto de tres dosis de biofertilizante (***Azotobacter spp***), sobre algunas variables fitométricas de las plantas de parchita.
  
- ✓ Determinar el efecto de tres dosis de biofertilizante (***Azotobacter spp***) y su interacción con la materia orgánica, sobre algunas variables fitométricas de las plantas de parchita.
  
- ✓ Determinar los índices de efectividad de la inoculación (IEI) y la eficiencia agronómica relativa (EAR) para la variable de peso seco

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Bases teóricas**

#### **2.1.1 Microorganismos en el Suelo**

Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de nutrientes disponibles para la planta o una población microbiana que esté liberando nutrientes en forma permanente hasta alcanzar un balance que permita un buen desarrollo vegetal (Delgado, 2004).

Suquilanda (1996), expone que un suelo es fértil cuando brinda a las plantas buenas condiciones para su desarrollo. La fertilidad de un suelo depende de la manera en que se relacionan sus características físicas, químicas y biológicas. Un suelo rico en materia orgánica y microorganismos es un indicador de alta fertilidad y disponibilidad de nutrientes, pues, la fracción biótica de la materia orgánica, formada por organismos vivos, desempeña un papel fundamental en los suelos, al ser la última responsable del estado de la materia orgánica, y en general, del desarrollo y funcionalidad del ecosistema terrestre.

En el suelo existe una notable población microbiana, dentro de la que se encuentran los microorganismos beneficiosos, caracterizados por realizar funciones como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización de fósforo insoluble presente en el suelo, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, entre otras, todas ellas de suma importancia para el normal establecimiento y aumento de la productividad de especies cultivables de importancia económica.

Delgado (2004) considera al suelo como un sistema biológico que tiene y genera vida por acción de los microorganismos presentes, los cuales cumplen funciones determinantes en la transformación de los componentes orgánicos e inorgánicos en elementos nutricionales que la planta puede absorber por sus raíces, contribuyendo de manera decisiva en su fertilidad.

En efecto, en el suelo conviven una gran cantidad de microorganismos como bacterias, protozoos y algas (Ramos, 1999). Estos microorganismos desempeñan funciones que son importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, como contribuir en la descomposición de restos vegetales y animales que sirven como fuente de energía para los organismos a cambio de la liberación de nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005).

La densidad y diversidad de microorganismos son susceptibles de variar dependiendo de la especie vegetal, edad y estado nutricional de la planta, de las características fisicoquímicas del suelo, de su manejo y de las condiciones ambientales (Marschner et al., 2004; Adeboye et al., 2006.).

Los microorganismos solo son eficaces cuando actúan en presencia de las condiciones convenientes y óptimas para metabolizar los sustratos, incluyendo entre estos el agua disponible, el oxígeno, el pH y la temperatura de su medio ambiente (Higa y Parr, 1994).

Pérez, (2007) muestra que una de las vías para mejorar la fertilidad del suelo y lograr estimular la nutrición de las plantas es la biofertilización, que consiste en incrementar la población de microorganismos benéficos, partiendo de su inoculación a las plantas, semillas o al suelo, utilizando para ello procesos biotecnológicos.

### **2.1.2 La Rizósfera**

La primera definición de la rizósfera fue dada por Hiltner en 1904, y se refiere a la zona del suelo influenciada por el desarrollo de raíces, en donde proliferan de microorganismos.

Muchas de las relaciones que establecen los microorganismos del suelo pudieran beneficiar a la planta cuando ocurren en la zona próxima a sus raíces, que se caracteriza por poseer una gran cantidad de compuestos que son exudados por la planta (Kloepper, 1993). Estos exudados radicales contienen azúcares, aminoácidos, vitaminas y enzimas, además de señales que modulan la interacción microbio-planta. (Kennedy y Smith, 1995).

Los microorganismos en la rizósfera desempeñan funciones de gran importancia en relación con procesos de edafogénesis, ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, oxígeno, el azufre, el fósforo, el hierro y otros metales, fertilidad de las plantas y protección frente a patógenos, degradación de compuestos xenobióticos y producción de fitohormonas (Nogales, 2005).

Toro (2008), teoriza que la manipulación de los microorganismos de la Rizósfera constituye una interesante práctica para favorecer los aspectos relativos a la nutrición mineral de las plantas e incrementar la productividad de los cultivos, promoviendo el desarrollo sostenido de los ecosistemas. El interés sobre estos organismos cobra relevancia en los suelos ácidos tropicales, los cuales en su mayoría poseen condiciones de baja fertilidad, bajos en pH y poca disponibilidad de elementos vitales como el fósforo.

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso e importante de los microorganismos del suelo. Su número depende de las condiciones del medio y de la abundancia de alimentos. Generalmente dominan en sus funciones a los hongos, además por actuar en procesos en los cuales

ellas son las únicas responsables, tales como la fijación no simbiótica del nitrógeno en las plantas (Casanova, 2005).

La asociación entre plantas y bacterias fijadoras de nitrógeno, depende de la interacción entre ambos componentes, con el beneficio de por lo menos uno de los participantes (Dobereiner y Day, 1975).

### **2.1.3 Género *Azotobacter***

Frobisher (1969) señala que el género *Azotobacter* fue descubierto por Beijerinck en 1901 y desde entonces se ha desplegado un enorme interés en estudiar estos organismos y el papel que cumple este género en el ciclo del nitrógeno, especialmente en la fijación biológica.

El *Azotobacter* es uno de los géneros más estudiados en el ámbito mundial según Martínez y Dibut (1996), ya que son conocidos como los primeros microorganismos fijadores asociativos del nitrógeno.

Hernández et al. (1994), señala que la palabra *Azotobacter* proviene de la palabra francesa “asoto” que significa nitrógeno y del griego “*bacter*” que significa bacilo. Este género comprende bacterias con forma bacilar, reaccionan a la tinción del Gram como Gram negativos, que tienen una pared celular compleja que consiste de una membrana externa y una capa interna de peptidoglicano que contiene ácido murámico y mureína.

Se reproducen por fisión binaria (Espín, 2000), viven en suelos y en aguas frescas, son células ovoides y grandes de 1.5 a 2.0  $\mu\text{m}$  de diámetro. Son pleomórficas, variando su morfología desde bacilos hasta células en forma de cocos. Se les observa como células individuales, como pares o formando agregados irregulares, y algunas veces formando cadenas de tamaño variable.

El *Azotobacter* no produce endosporas sino que forma quistes de paredes gruesas, como parte de su ciclo vital. Estos quistes son resistentes a la desecación, a ciertos productos químicos deletéreos y a factores ambientales adversos. En condiciones ambientales favorables, los quistes germinan y crecen en las células vegetativas (Crum, 2004).

Su movilidad se debe a flagelos peritricos (Espín, 2000), son aerobios, pero pueden crecer en concentraciones de oxígeno bajas. Además algunas cepas producen pigmentos solubles en agua en medios específicos, (Saribay, 2003).

Delgado *et al*, (2003) y Crum (2004), señalan que la bacteria *Azotobacter* se encuentra en suelos alcalinos a neutros, en ambientes acuáticos y en la rizósfera de las plantas. El *Azotobacter chroococcum* es la especie más común presente en el suelo, además sintetiza tiamina (vitamina B-1), ácido nicotínico, ácido pantoténico y otras vitaminas capaces de estimular la germinación de las semillas, el crecimiento y desarrollo de algunas especies vegetales; siempre que sea adecuada la concentración de bacterias en la zona de la rizósfera de las plantas.

Estas bacterias son fijadoras no simbióticas de nitrógeno. En vida libre fijan al menos 10 mg de N<sub>2</sub> por gramo de carbohidrato (glucosa) consumido (Holt *et al*, 1994). Requieren molibdeno para fijar nitrógeno que puede ser parcialmente reemplazado por vanadio. Utilizan nitrato y sales de amonio y ciertos aminoácidos como fuentes de nitrógeno. Espín, 2000; Gaitán y García, (1998), indican que adicionalmente necesita fuente de magnesio, potasio, calcio, hierro y fósforo para realizar la fijación de nitrógeno. De acuerdo con Jiménez *et al*, (2011), la capacidad fijadora de estas bacterias es del orden de 0,5 a 1 Kg ha<sup>-1</sup> año. La conversión biológica del gas nitrógeno a amonio es catalizado por el complejo

metalo-enzimático nitrogenasa, que es codificado por los genes *nifH* y *nifDK*.

El complejo enzimático conocido como nitrogenasa, está formado por dos proteínas: una proteína que contiene hierro (proteína-Fe), que es un dímero de alrededor de 68.000 Da, el gen responsable de la síntesis de esta proteína es *nifH* y otra que contiene molibdeno y hierro (proteína Mo-Fe), esta proteína es un tetrámero de alrededor de 220.000 Da, formado por dos tipos de subunidades  $\alpha_2 \beta_2$ , de masa molecular semejante, y producto de los genes *nifDK*. (Telisa *et al*, 1999). La nitrogenasa que contiene molibdeno es la más ampliamente distribuida (Espin, 2000 y Cann, 2007).

El efecto de diferentes fuentes de carbono sobre la fijación de  $N_2$  por esta especie depende de la estructura de las sustancias orgánicas y de las reservas de energía química utilizable que contiene, siendo también importantes los procesos de oxidación de la materia orgánica durante la respiración (Martínez y Dibut, 1996); estos mismos autores, señalan que la propagación de estas bacterias del género *Azotobacter*, está relacionada estrechamente con la presencia en el medio de suficientes cantidades de fósforo (P) y potasio (K), siendo mayor el efecto del P, cuya escasez o ausencia puede hasta inhibir el desarrollo del cultivo. El fósforo, estimula el metabolismo del carbono, la manipulación y la fijación de nitrógeno (Sabra *et al.*, 1999).

Las cantidades necesarias de K son menores, cuando existen altas concentraciones de este en el suelo se inhibe el desarrollo de las bacterias fijadoras, dependiendo del grado de toxicidad de la fracción aniónica de sal. Las especies del género *Azotobacter* son miembros importantes de ciertos tipos de suelo, de la rizósfera de algunas gramíneas y en la filosfera de algunas plantas acuáticas donde podrían contribuir sustancialmente a la ganancia de nitrógeno a través del

mecanismo de fijación biológica del nitrógeno molecular (Martínez y Dibut, 1996).

Las especies del género *Azotobacter* pueden influir positivamente en el crecimiento de las plantas porque tienen la capacidad de sintetizar fitohormonas en la Rizósfera (Rubenchik 1960; Barea y Brown, 1974); efectos similares pueden lograrse cuando se inoculan en semillas y raíces jóvenes de otras plantas (Azcón et al, 1975).

Según Rodelas (2001), dentro del grupo de los fijadores de vida libre, el género *Azotobacter* presenta la capacidad de fijar  $N_2$  atmosférico cuando en el suelo existen suficientes cantidades de materia orgánica, debido que en suelos poco fértiles con escaso contenido de materia orgánica no se obtiene efecto agronómico positivo.

Verma et al. (2008), señalan que la incorporación de materia orgánica y biofertilizantes son algunas de las prácticas que se han aplicado en la preparación de sustratos empleados en los viveros. La materia orgánica actúa como una fuente esencial de nutrientes para las plantas y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mokwunye et al. 1996).

#### **2.1.4 Biofertilizantes**

Existen productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo aunque en poblaciones bajas y al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento llamados biofertilizantes (Martínez y Dibut 1986).

Dibut (2000), define los biofertilizantes como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potencializadoras de diversos nutrientes, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

El biofertilizante está caracterizado como un producto de consumo final duradero, ya que su vida útil no se extingue a medida que se utiliza en los cultivos agrícolas. Las bacterias contenidas en el inoculante se establecen y se multiplican en el suelo para formar poblaciones suficientemente elevadas, capaces de producir una concentración de sustancias fisiológicamente activas que sean aprovechadas por las plantas, y recíprocamente la bacteria en el suelo se alimenta de las sustancias nutritivas que le suministra la planta a través de las secreciones radicales (Gaitán y García, 1998).

Fernández (1997), señala que el objetivo de la aplicación de los biofertilizantes es contribuir a mejorar la calidad y la productividad de los cultivos, mediante la eliminación total o parcial de los fertilizantes químicos, e introducir los mismos unidos a los abonos orgánicos como tecnología para producir una agricultura ecológica y sustentable.

Según el Centro de Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas de España IAB (2001), indica que el uso de inoculantes a partir de *Azotobacter* spp acorta el período de semillero y el ciclo total del cultivo, permitiendo la obtención de plantas vigorosas, que pueden trasplantarse en menor tiempo. Además, aceleran la floración y fructificación,

aumentando el número de flores y frutos e incrementando los rendimientos de las cosechas.

Otra ventaja del uso de biofertilizantes a partir de *Azotobacter* spp es su facilidad en la forma de aplicación y la capacidad que tienen estas bacterias para permanecer vivas por varios años, reproduciéndose en el suelo y potenciando la regeneración de los mismos de manera gradual. Son totalmente inofensivas para el ser humano y el ambiente, y aptas para su uso en la agricultura ecológica y la producción integrada (Gaitán y García, 1998; IAB, 2001).

### **2.1.5 Materia Orgánica**

Los materiales orgánicos vivos o muertos, ejercen una profunda influencia en casi todas las facetas de la naturaleza del suelo. Los restos de plantas superiores, junto con los que provienen de la vida animal, proporcionan el material originario de la materia orgánica del suelo (Thompson y Troeh, 2002).

Cairo y Fundora (1994), deducen que la materia orgánica comprende aquellos compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo, todos los restos de plantas y animales, así como los productos orgánicos de la transformación de esos residuos, conocidos como humus. La composición y propiedades de la materia orgánica del suelo como componente de este, está influenciada por los procesos naturales de formación de suelos, que son controlados por la interacción de los factores formadores (Morales, 2003).

La aplicación de la materia orgánica en el suelo, produce efectos beneficiosos en cuanto a las mejoras observadas con respecto a las características químicas, físicas y biológicas del mismo. La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo,

contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para los cultivos (Vicente, 2003). Cabe destacar que la incorporación de materia orgánica y biofertilizantes son algunas de las prácticas que se han llevado a cabo en la preparación de sustratos empleados en los viveros (Verma et al. 2008). La materia orgánica actúa como una fuente esencial de nutrientes para las plantas y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mokwunye et al. 1996).

### III. MARCO METODOLOGICO

#### 3.1 Ubicación del Ensayo

El experimento se desarrolló entre los meses de Julio y Septiembre del año 2012 en la Unidad de Producción Integral (UPI), ubicada en la Villa Universitaria, Núcleo “Rafael Rangel”, entre las coordenadas 09°25'00” y 09°26'00” latitud norte, y 70°28'00” y 70°29'00” longitud oeste.

#### Límites del NURR:

**Norte:** Camino Real, La Cuesta y La Peñita.

**Sur:** Con el Río Castán.

**Este:** Sector La Peñita.

**Oeste:** Sucesión Valderrama, Sector Mete Miedo, Sector San José, Aurelio Mendoza, Sucesión Peña, Sucesión Daboin, Sector Mucuche, Sector Ferrucio Batistoni, Sector El Bucaral, Circunscripción Militar, Sector La Concepción (Guerra 2009).

#### Caracterización Ambiental

Según datos aportados por el Ministerio del Poder Popular del Ambiente y de los Recursos Naturales citado por (Guerra 2009), la zona presenta los siguientes datos climáticos:

- ✓ **Temperatura:** Media anual es de 25 °C.
- ✓ **Precipitación:** Media anual es de 1386 mm.
- ✓ **Humedad:** los meses húmedos son de Mayo – Octubre, seguido de una estación seca de Noviembre – Abril.
- ✓ **Altitud:** La altitud promedio del predio denominado VILLA UNIVERSITARIA es de 417 - 556 m.s.n.m.

- ✓ **Zona de vida:** El predio denominado VILLA UNIVERSITARIA se encuentra dentro de la Zona de Vida de un Bosque Seco Tropical (bs-T).

### 3.2 Descripción del ensayo de campo

#### 3.2.1 Determinación del Área Experimental

Para el establecimiento del ensayo se dispuso y acondicionó un área, tomando en cuenta los factores ambientales a semi controlar como la incidencia de los rayos solares de forma directa, el impacto directo de las gotas de lluvia, así como el monitoreo constante y la accesibilidad de los recursos, como agua.

#### 3.2.2 Análisis Físico-Químico del Suelo Utilizado

El Laboratorio de Servicio de Análisis de Suelos NURR-ULA (Trujillo), realizó el análisis físico químico del suelo de la UPI, con el que se trabajó.

**Cuadro 1:** Variables y métodos para la caracterización del suelo.

| Variables               | Método                    |
|-------------------------|---------------------------|
| Textura                 | Bouyucos                  |
| pH                      | Electrométrico Chapman 81 |
| Conductividad Eléctrica | Conductímetro             |
| Materia Orgánica        | Wolkley y Black           |
| % de Nitrógeno          | A partir de la M.O        |
| Fosforo                 | Olsen                     |
| Potasio                 | Bray-1                    |
| Calcio y Magnesio       | Acetato de Amonio         |

**Fuente:** Lozada y Rivas (2010).

#### 3.2.3 Cultivo Indicador

Se empleó como cultivo indicador para evaluar el efecto de los tratamientos, la parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa*), que ha sido

introducida y cultivada en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales del planeta y posee gran importancia comercial.

### **3.2.4 Establecimiento del Ensayo**

Específicamente el ensayo se localizó en la Unidad de Producción Integral (UPI) en el Núcleo Universitario Rafael Rangel; una vez determinado el lugar se procedió a llenar 32 bolsas de 2 kg, con el suelo extraído de la UPI, desinfectándolo con *Trychoderma* sp. para la prevención de patógenos en las plantas, sembrando 2 semillas de parchita por bolsa con una profundidad de 2 cm cada una.

Cabe destacar que las semillas antes de ser colocadas en las bolsas, un día antes de sembrarlas, se dejaron sumergidas en agua durante toda una noche para lavarlas y facilitar su germinación, luego el día de la siembra fueron inoculadas durante 30 minutos con una solución de *Azotobacter*, excluyendo las semillas que serían empleadas en el tratamiento que sirvió de testigo absoluto (T0) y las del tratamiento químico (T7); los tratamientos fueron:

- ✓ Tratamiento 1 (T1): dosis 1%, de *Azotobacter*
- ✓ Tratamiento 2 (T2): dosis 20% de *Azotobacter*
- ✓ Tratamiento 3 (T3): dosis 40%, de *Azotobacter*

Para los tratamientos T4, T5 y T6 se les aplicó las mismas dosis de *Azotobacter*), solo que para estos tratamientos se empleó una mezcla de suelo-materia orgánica (3%) para evaluar la interacción entre el *Azotobacter* spp. y la materia orgánica.

Una vez germinadas las semillas se efectuó un raleo para dejar la plántula más vigorosa en cada bolsa. El momento de la emergencia se consideró cuando aparecieron las hojas cotiledonales sobre la superficie

del sustrato y estas estuvieron perpendiculares al hipocotilo erecto (Meza *et al.* 2007). Así mismo, se aplicó un riego diario sobre las bolsas y control de malezas manual cuando fue necesario.

En cuanto a la fertilización química, la primera fertilización se efectuó a los 30 días después de la siembra aplicando a los tratamientos T1 al T7, 3 gr de 10-20-20 y al T7, además, se le aplicó 0,75´gr de Urea por no estar este inoculado con Azotobacter. Luego a los 35 días después de la primera fertilización se realizó una segunda aplicación con las mismas dosis que la primera fertilización química. Es importante destacar que a los tratamientos que fueron inoculados sólo se les incorporó la mitad del nitrógeno, puesto se estima que Azotobacter puede aportar hasta un 75 % del nitrógeno requerido por el cultivo (INSAI, 2010).

### 3.2.5 Diseño Experimental

El diseño estadístico empleado fue completamente al azar y constó de 8 tratamientos y 4 réplicas para un total de 32 unidades experimentales.

**Figura 1.** Distribución de los tratamientos

|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T7R2 | T4R4 | T2R2 | T7R3 | T3R4 | T7R4 | T6R1 | T6R2 |
| T0R1 | T2R3 | T6R4 | T3R1 | T5R2 | T6R2 | T5R3 | T7R1 |
| T3R2 | T1R4 | T5R1 | T0R3 | T4R1 | T0R4 | T2R4 | T3R3 |
| T6R3 | T5R4 | T4R3 | T1R1 | T2R1 | T1R3 | T1R2 | T4R2 |

**Fuente:** Propia

### 3.2.6 Variables Respuesta:

Los parámetros medidos a los 86 días después de la siembra fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), área foliar (cm<sup>2</sup>), biomasa aérea (gr) y de raíces (cm<sup>3</sup>), además se determinó el número de días para la emisión del primer zarcillo.

- ✓ Para determinar la altura de cada planta se midió la longitud comprendida entre el cuello de la planta y el ápice del tallo.
- ✓ El diámetro del tallo se midió con un vernier a dos centímetros de altura desde el cuello de la planta.
- ✓ Para el área foliar se usó el método gravimétrico.
- ✓ Para determinar el peso seco de tallos y hojas se cortó la parte aérea de cada planta y se envolvieron con papel periódico, igual se hizo con las raíces lavándolas minuciosamente a través de un colador para eliminar cualquier resto de sustrato. Todas estas muestras fueron debidamente identificadas y colocadas en la estufa a una temperatura de 75 °C durante 24 horas.

Se debe destacar que para la evaluación de estos parámetros se tomó como base el trabajo elaborado por Hidalgo *et al.* (2008), donde realizaron una investigación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa*) en vivero, en el cual se estudiaron los parámetros antes mencionados.

### Índice de la efectividad de la inoculación.

Mide de forma porcentual, la efectividad de los tratamientos inoculados con respecto al tratamiento testigo, dándole a este su valor de 0% (Escobar et al 2011).

### **Eficiencia agronómica relativa.**

Al igual que el anterior, este busca de manera relativa comprobar la eficiencia de los tratamientos inoculados, considerando la diferencia del tratamiento químico (con un valor del 100%) con relación al tratamiento testigo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Características del suelo extraído de la Unidad de Producción Integral.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos del análisis físico químico del suelo de la UPI a través del laboratorio de servicios de análisis de suelos ULA-NURR.

**Cuadro 2.** Resultados obtenidos del análisis físico-químico del suelo (UPI)

| Variables                       | Resultado |
|---------------------------------|-----------|
| Profundidad de la muestra (cm)  | 0 – 20    |
| % a                             | 36        |
| % L                             | 54        |
| % A                             | 10        |
| Clase Textural                  | F. L      |
| pH 1:2,5 en agua                | 6,3       |
| C.E 1:2,5 (dS m <sup>-1</sup> ) | 0,07      |
| % M.O                           | 2,10      |
| % C. org.                       | 1,10      |
| % N                             | 0,10      |
| P (mg kg <sup>-1</sup> )        | 8         |
| K (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )   | 0,23      |
| Ca (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )  | 7         |
| Mg (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )  | 9,40      |

Fuente: Laboratorio de Servicios de Análisis de Suelos ULA-NURR

La Unidad de Producción Integral (UPI), en el Núcleo Universitario Rafael Rangel, presenta un suelo con una fertilidad media en su variables químicas, debido a que tiene una reacción neutra, sin problemas de salinidad y con niveles bajos de los nutrientes (nitrógeno y fósforo), tienen un contenido medio de potasio y una alta concentración de calcio y magnesio; en sus variables biológicas presenta un contenido medio de materia orgánica y desde el punto de vista físico tiene algunas limitaciones.

### 4.2 Efecto de la interacción *Azotobacter* - Materia Orgánica y diferentes dosis de concentración sobre las variables fitométricas.

Para determinar el efecto de la Interacción *Azotobacter*-Materia Orgánica y sus diferentes dosis se realizó un análisis de varianza y la comparación de media mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P \leq 0,05$ ), para todas las variables evaluadas, empleando el software InfoStat. Los resultados obtenidos se muestran en los siguientes cuadros:

#### 4.2.1 Variable días a emergencia.

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de la varianza para esta variable.

**Cuadro 3.** Efecto de la interacción *Azotobacter*-Materia Orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable de días a emergencia.

| Tratamientos   | Días a Emergencia |
|----------------|-------------------|
| T0 (Testigo)   | 13,50 a           |
| T1 (1%)        | 12,00 a           |
| T2 (20%)       | 13,75 a           |
| T3 (40%)       | 13,25 a           |
| T4 (M.O + 1%)  | 13,50 a           |
| T5 (M.O + 20%) | 13,50 a           |
| T6 (M.O + 40%) | 13,00 a           |
| T7 (Químico)   | 13,75 a           |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan. (Apéndice 1.1)

En los resultados obtenidos en la variable días de emergencia, se puede percibir que la mejor respuesta se consiguió con el T1 (1%), pero este valor no defirió estadísticamente del resto de los tratamientos evaluados. Estos resultados indican que no hubo un efecto de los tratamientos empleados sobre la velocidad de germinación de las semillas de parchita.

Meza et al (2007), en su trabajo de investigación titulado “Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita”, al realizar la observación, reportaron de 12 a 13 días para el inicio de la emergencia, cuando se empleó un sustrato a base de aserrín de coco y arena lavada de río. Para este

trabajo el número de días a emergencia estuvo en un rango muy parecido al encontrado por este autor antes mencionado.

#### 4.2.2 Variable altura de la planta

**Cuadro 4.** Efecto de la interacción Azotobacter-Materia Orgánica y diferentes dosis de concentración de *Azotobacter* en la variable altura de la planta.

| Tratamientos   | Altura de la planta (cm) |
|----------------|--------------------------|
| T0 (Testigo)   | 25,00 f                  |
| T1 (1%)        | 38,50 e                  |
| T2 (20%)       | 50,25 cd                 |
| T3 (40%)       | 49,58 d                  |
| T4 (M.O + 1%)  | 56,63 bcd                |
| T5 (M.O + 20%) | 76,58 a                  |
| T6 (M.O + 40%) | 61,63 bc                 |
| T7 (Químico)   | 65,33 b                  |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan. (Apéndice 1.2)

En el cuadro 4 se observa que la mayor altura de la planta se obtuvo con aplicación de *Azotobacter* al 20% + materia orgánica (T5), siendo este tratamiento diferente a los demás desde el punto de vista estadístico ( $P \leq 0,0001$ ), seguidamente se ubica el tratamiento químico (7) que afecto en menor medida que el T5, pero fue mejor que los tratamientos T1 (1%), al T2 (20%), al T3 (40%), al T4 (M.O + 1%) y T6 (M.O + 40%), que dieron una menor respuesta, quedando en última instancia el testigo absoluto (T0).

Es importante destacar que la mejor respuesta obtenida en la variable altura de la planta no estuvo vinculada a la mayor dosis pero sí se observa la mayor altura en aquellos tratamientos en los cuales se inoculó con *Azotobacter*.

Alvarado *et al* (2004), señalan que diversos autores han destacado la capacidad del biofertilizante *Azotobacter* como fijador de nitrógeno en vida libre y de sintetizar hormonas como auxinas, giberelinas, citoquininas y vitaminas. Por esta razón los resultados obtenidos se ven influenciados porque al sumergir las semillas en la solución de *Azotobacter*, este toma acción sobre el embrión de

manera rápida, acelera los procesos bioquímicos que sustentan el desarrollo morfológico de la planta. Por otra parte estas bacterias presentan la capacidad de producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, que al actuar sobre el sistema radical promoviendo un mayor desarrollo vegetativo.

#### 4.2.3 Variable diámetro del tallo.

Siguiendo con el análisis de los resultados obtenidos en el presente ensayo, en el cuadro 5 se muestra el efecto que ejercieron los tratamientos evaluados sobre la variable diámetro del tallo.

**Cuadro 5.** Efecto de la interacción *Azotobacter*-Materia Orgánica y diferentes dosis de concentración de *Azotobacter* en la variable diámetro del tallo.

| Tratamientos   | Diámetro del Tallo (mm) |
|----------------|-------------------------|
| T0 (Testigo)   | 2,7 b                   |
| T1 (1%)        | 3,7 a                   |
| T2 (20%)       | 3,7 a                   |
| T3 (40%)       | 3,8 a                   |
| T4 (M.O + 1%)  | 3,9 a                   |
| T5 (M.O + 20%) | 4,2 a                   |
| T6 (M.O + 40%) | 4,2 a                   |
| T7 (Químico)   | 3,8 a                   |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan. (Apendice 1.3)

Se puede apreciar que los tratamientos T5 (M.O + 20%) y T6 (M.O + 40%) ejercieron el mayor efecto en el desarrollo del diámetro del tallo de las plantas de parchita (*Passiflora edulis flavicarpa*); estadísticamente esta respuesta no fue significativa entre los tratamientos inoculados con y sin materia orgánica; sólo se diferenciaron del tratamiento testigo (T0).

Los valores de diámetro de tallo, en general, coinciden con lo referido y encontrado por Hidalgo *et al* (2008) en su trabajo de investigación en vivero evaluando esta variable en diferentes sustratos, quien tuvo para este parámetro valores entre 2,20 y 4,98 mm. Este mismo autor también señala la importancia que

un tallo tenga un grosor no pequeño, porque resulta ventajoso a la hora de practicar el transplante de esta especie frutal en el campo, ya que por lo largo de la guía para ese momento, un mayor diámetro de la misma garantiza mayor rusticidad de la planta para soportar el manejo durante el transporte y transplante.

#### 4.2.4 Variable área foliar.

**Cuadro 6.** Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en las variables del Área Foliar.

| Tratamientos   | Área Foliar (cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------------|
| T0 (Testigo)   | 431,77 d                       |
| T1 (1%)        | 456,77 cd                      |
| T2 (20%)       | 564,69 abc                     |
| T3 (40%)       | 506,98 bcd                     |
| T4 (M.O + 1%)  | 581,88 ab                      |
| T5 (M.O + 20%) | 661,14 a                       |
| T6 (M.O + 40%) | 591,98 ab                      |
| T7 (Químico)   | 630,41 ab                      |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan. (Apendice 1.4)

En la variable área foliar el mayor valor obtenido se encuentra en el T5 (M.O + 20%), siendo estadísticamente ( $P \leq 0,005$ ) diferente a los demás, posteriormente se ubican los tratamientos T7 (químico) y T6 (M.O + 40%), estos materiales afectaron en menor grado que el tratamiento cinco, pero fueron superiores a los tratamientos T4 (M.O + 1%), T2 (20%), T3 (40%) y T1 (1%) que ejercieron un bajo aporte al desarrollo vegetativo de las plantas de parchita, y en último lugar se ubica el testigo absoluto que generó el menor efecto.

Igual que en las variables anteriores se evidencia el efecto de la interacción de Azotobacter con la materia orgánica aplicada la respuesta a la inoculación en una dosis del 20%. Cabe destacar que estos resultados son importantes debido a que el área foliar total de las plantas influye en la capacidad de las hojas para interceptar la radiación fotosintéticamente activa, la cual es utilizada como fuente de energía para la elaboración de compuestos Alimenticios y formación de tejidos.

#### 4.2.5 Variable peso seco total.

**Cuadro 7.** Efecto de la interacción Azotobacter-materia orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable Peso Seco Total.

| Tratamientos   | Peso Seco Total (gr) |
|----------------|----------------------|
| T0 (Testigo)   | 1,03 d               |
| T1 (1%)        | 2,86 c               |
| T2 (20%)       | 2,98 c               |
| T3 (40%)       | 2,95 c               |
| T4 (M.O + 1%)  | 3,29 bc              |
| T5 (M.O + 20%) | 4,10 a               |
| T6 (M.O + 40%) | 3,62 b               |
| T7 (Químico)   | 3,70 ab              |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan . (Apendice 1.5)

El mayor valor obtenido en el peso seco total, se encuentra en el T5 (M.O + 20%), siendo desde el punto de vista estadístico ( $P \leq 0,005$ ) distintos al resto de los tratamientos evaluados; en un segundo rango se sitúan los tratamientos T7 (químico) y T6 (M.O + 40%), afectando en menor medida que el T5, pero ejerciendo un mejor efecto que los tratamientos T4 (M.O + 1%), T2 (20%), T3 (40%) y T1 (1%), los cuales están colocados en una posición intermedia debido a que ejercieron un bajo aporte al desarrollo vegetativo de las plantas de parchita, y en último lugar se ubica el testigo absoluto que ocasionó el menor efecto.

#### 4.2.6 Variable peso seco aéreo.

**Cuadro 8.** Efecto de la interacción Azotobacter-Materia Orgánica y diferentes dosis de concentración en la variable de Peso Seco Aéreo.

| Tratamientos | Peso Seco Aéreo (gr) |
|--------------|----------------------|
|--------------|----------------------|

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| <b>T0 (Testigo)</b>   | 0,90 c |
| <b>T1 (1%)</b>        | 2,50 b |
| <b>T2 (20%)</b>       | 2,58 b |
| <b>T3 (40%)</b>       | 2,54 b |
| <b>T4 (M.O + 1%)</b>  | 2,69 b |
| <b>T5 (M.O + 20%)</b> | 3,27 a |
| <b>T6 (M.O + 40%)</b> | 2,86 b |
| <b>T7 (Químico)</b>   | 3,50 a |

**Nota:** Tratamientos con la misma letra pertenecen al mismo grupo según la prueba de rangos de múltiples de Duncan. (Apéndice 1.6)

El mayor valor obtenido en el peso seco aéreo, se encontró en el tratamiento 5 (M.O + 20%) y T7 (Químico), siendo desde el punto de vista estadístico ( $P \leq 0,005$ ) distintos al resto de los tratamientos evaluados; luego se ubican los tratamientos T1 (1%), T2 (20%), T3 (40%) T4 (M.O + 1%) y T6 (M.O + 40%), afectando en menor medida que los tratamientos T5 y T7, pero ejerciendo un mejor efecto que en el T0 (Testigo), que fue el valor más bajo obtenido.

Se debe señalar que al evaluar en conjunto las variables consideradas, en términos generales se observa de manera constante que los valores obtenidos fueron superiores en los tratamientos en los cuales se adicionó materia orgánica al sustrato, lo que refleja el efecto positivo de la interacción de Azotobacter con la materia orgánica del suelo como lo indica Rodelas (2001), quien refiere que la capacidad de fijar  $N_2$  atmosférico depende de la existencia de suficientes cantidades de materia

orgánica, debido que en suelos poco fértiles con escaso contenido de materia orgánica no se obtiene efecto agronómico positivo.

Igualmente se observó en los resultados la mayor respuesta cuando se empleó una dosis de inoculación de 20%; similares resultados fueron obtenidos por Lozada y Rivas en el año 2010.

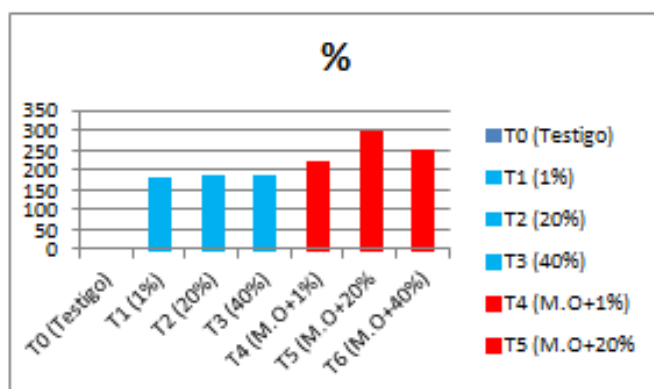
#### 4.3 Índice de efectividad de la inoculación (Escobar et al 2011):

$$IEI = \frac{\text{tratamiento con inoculación} - \text{control sin inoculación}}{\text{Control sin inoculación}} \times 100$$

Dónde:

- ✓ Tratamiento con inoculación: tratamientos inoculados con el biofertilizante (Azotobacter)
- ✓ Control sin inoculo: tratamientos sin inoculación (testigo)

Figura 2. Índice de efectividad de la inoculación (Apéndice 2)



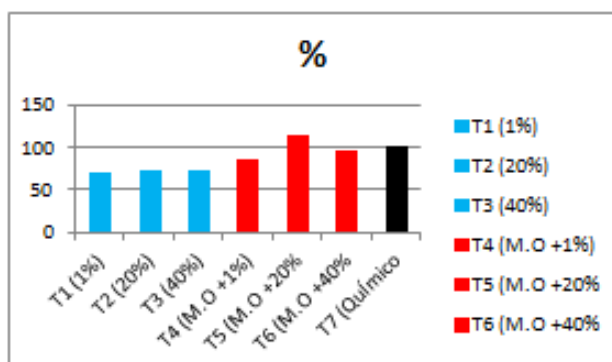
En la figura 2, el índice de efectividad de inoculación, determinado a través de la fórmula de Escobar et al (2011), muestra que la mayor eficiencia de inoculación se obtuvo con los tratamientos T5 (M.O + 20%), T6 (M.O + 40%) y T4 (M.O. + 1%), siendo bastante superiores a los tratamientos sin materia orgánica lo que ratifica lo señalado en párrafos anteriores, es decir, que la capacidad de estas bacterias para establecerse en el suelo está asociada a la presencia de materia orgánica entre otras variables del suelo.

#### 4.4 Eficiencia agronómica relativa (%)

$$EAR = \frac{\text{rend. biofertilizante} - \text{rend. testigo}}{\text{rend. fert. química} - \text{rend. testigo}} \times 100$$

- ✓ Dónde:
- ✓ Rendimiento de la fertilización química: peso seco promedio (g) obtenido en las macetas que fueron tratadas con fertilizante químico.
- ✓ Rendimiento testigo: peso seco promedio (g) obtenido en las macetas consideradas como testigo (sin ninguna fertilización).
- ✓ Rendimiento del biofertilizante: peso seco promedio (g) obtenido en las macetas que fueron tratadas con el biofertilizante según la dosis empleada

**Figura 3.** Eficiencia agronómica relativa (%) (Apéndice 3)



En la figura nº 3 se presenta la eficiencia agronómica relativa obtenida a nivel del ensayo en macetas.

Este índice compara de manera relativa la eficiencia de la inoculación con respecto al tratamiento químico que se supone tiene los requerimientos nutricionales en un nivel adecuado y por ende se esperaría una mayor respuesta de este tratamiento en la variable peso seco.

En este caso el tratamiento 5 superó al químico en un 15 % siendo éste el mejor; igualmente, los tratamientos con materia orgánica inoculados 40% y 1% respectivamente tuvieron un rendimiento relativo de 97 y 85 % respectivamente, estando levemente por debajo del tratamiento químico, pero superando abiertamente a los tratamientos sin materia orgánica.

Estos resultados ratifican el comportamiento de los tratamientos evaluados, reafirmando el efecto favorable de la materia orgánica en la respuesta a la inoculación con Azotobacter; igualmente, evidencian que la dosis del 20 % es la más recomendable según estos resultados.

## CONCLUSIONES

- ✓ En el ensayo realizado en parchita se evidenció una respuesta favorable a la inoculación de *Azotobacter* cuando se incorporó materia orgánica al suelo, encontrándose diferencias estadísticas significativas en algunas de las variables evaluadas con respecto de los tratamientos que no tuvieron materia orgánica.
- ✓ En cuanto al tratamiento químico tuvo un comportamiento bastante similar a aquellos con materia orgánica; es importante destacar que en este ensayo el tratamiento T5 (con materia orgánica y una dosis de inoculación de *Azotobacter* del 20%) siempre fue superior en todas las variables evaluadas.
- ✓ El índice de eficiencia de la inoculación y la Eficiencia agronómica relativa mostraron similar comportamiento ratificando los resultados señalados anteriormente.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Incentivar las líneas de investigación que promuevan el uso de bioinsumos como una alternativa para el manejo de la fertilidad de los suelos en el marco de los sistemas integrados de nutrición vegetal.
- ✓ Promover y orientar a los productores sobre las ventajas ecológicas del uso del Azotobacter, así como en el manejo en cuanto a las dosis, formas y cuidados para su aplicación.
- ✓ Recomendar la incorporación de materia orgánica en los suelos que así lo requieran, según análisis de suelos, a fin de favorecer la efectividad del establecimiento de Azotobacter.

## V. BIBLIOGRAFÍA

Adeboye M., Iwvafor E. y Aqbenin (2006). ***The effects. of crop. Rartion And nitrogen fertilization en soil chemical ande microbial properties in a guinea savanna alfisol of Nigeria.*** Plante soil.

Alvarado K., Blanco A., Rodríguez L., González R. y Abreu N. (2004). Influencia de la concentración y forma de aplicación del azotobacter sobre la germinación de nueces de cocotero (Cocos nucifera). Centro de Desarrollo de la Montaña.

Avella D. (2007). **Caracterización Molecular de Cepas Nativas Colombianas de *Azotobacter spp.* Mediante el Análisis de Restricción del DNA Ribosomal 16S.** Trabajo de Grado Presentado como Requisito Parcial Para Optar el Título de Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Microbiología Industrial. Bogotá, Colombia.

Azcón, R. y Barea J. (1975): ***Síntesis of auxins, gibberellins and cytokinins by Azotobacter vinelandii and Azotobacter beijerinckii related to effects produced on tomato plants.***

[Barea, J. y Brown M. 1974. \*Effect on plant growth produced by Azotobacter paspali related to synthesis of plant growth regulating substances.\* J. Applied Bacteriol.](#)

[Caballero M. \(2006\). \*Microbiología Agrícola e Interacciones Microbianas con plantas.\* Rev. Latinoamericana de Microbiología.](#)

Cairo C. y Fundora O. (1994). ***Edafología.*** Ed Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.

Cann A. (2007). Azotobacter.  
<http://www.microbiologybytes.com/video/azotobacter.html>.

Casanova E. (2005). **Introducción a la Ciencia del Suelo**. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición, Caracas, Venezuela.

Centro de Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas. IAB, (2001). **Biofertilizantes**. Valencia, España. Extraído el 17 de octubre de 2012 desde <http://www.iabiotec.com/respuestas.htm>

Constantino M., Espín L. Gómez R. y Pat M. (2010). **Efecto de la Inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices* en el Crecimiento y Nutrición de Plántulas de Papaya en Fase de Vivero**. Instituto de Biotecnología. Número 2001, Col. Chamilpa C.P. 62210.

Crum A. (2004). **Azotobacter, soil microbiology**.  
Extraído, 20 de abril de 2012  
[http://filebox.vt.edu/users/chagedor/biol\\_microbes/AZOTO.html](http://filebox.vt.edu/users/chagedor/biol_microbes/AZOTO.html).

Delgado M. (2004). **Los Microorganismos del Suelo en la Nutrición Vegetal** Extraído, 20 de abril de 2012  
<http://www.oriusbiotecnologia.com/site/index.php?2>

Delgado Y., Andreu C., Cupull R. y Cepull M. (2003). **Efecto de Dos Biopreparados y Micorriza en la Estimulación de la Germinación, el Control de *Rhizoctonia solani* y el Desarrollo de Posturas de *Coffea arábica* L.** Investigación realizada por la Estación de Investigaciones de Café Jibacoa., el Instituto Superior de Ciencias

Médicas y la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Dibut B. (2000). **Biofertilizantes como insumos en Agricultura Sostenible**. Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

Dobereiner J. y Day J. (1975). ***Nitrogen fixation in rhizosphere of grasses in: nitrogen fixation by Free-living microorganisms.*** Cambridge Univ-Press, Cambridge

Escobar C., Horna Y., Carreño C. y Mendoza G. (2011). ***Caracterización de cepas de Azotobacter spp y su efecto en el desarrollo de Lycopersicon esculentum Mill “Tomate” en Lambayegue.*** Revista Scientia Agropecuaria 2(2011) 39 - 49. Perú.

Espín G. (2000). **Biología de *Azotobacter vinelandii***. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Extraído, 26 de noviembre de 2012 desde [http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO\\_09/Capitulo09.pdf](http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO_09/Capitulo09.pdf)

Fernández (1997). **The effect of commercial arbuscular *mycorrhizal fungi (AMF)* inoculants on rice (*oryza sativa*) in different types of soils.** Cultivos Tropicales.

Frobisher M. (1969). **Microbiología**. Ed. Ciencia y Técnica, La Habana, Cuba.

Gaitán I. y García E. (1998). **Prueba a Nivel de Campo y Escalado a Planta Piloto del Proceso de Producción de Biofertilizante**. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

González M. (2000). **Efecto de un Inoculante Microbiano a partir de cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* sobre el rendimiento en secuencias de cultivos hortícolas.** Tesis presentada en opción al grado de Master en Fertilidad del Suelo, en la Universidad de Camagüey, Instituto de Suelos. Extraído, 25 de abril de 2012 desde <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/archives/HASH01ec.../doc.pd...>

Guerra P. (2009). **Diseño de una Planta de Tratamiento para las Aguas Servidas Provenientes de los Laboratorio de Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de los Andes.** Trabajo de grado presentado para optar al Título de ingeniería Agrícola ante la Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela.

Hernández M., Pereira M. y Tang M. (1994). **Utilización de Microorganismos Biofertilizantes en los Cultivos Tropicales.** Pastos y Forrajes.

Hidalgo P., Sindoni M. y Marín C. (2008). **Evaluación de Sustratos a Base de Vermicompost y Enmiendas Organicas Liquidas en la Propagación de Parchita (*Passiflora edulis v. flavicarpa*) en vivero.** Investigación realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). El Tigre, estado Anzoátegui, Venezuela.

Higa, M. y Parr L. (1994). **Beneficial and affective microorganisms for a sustainable agriculture and environment.** Extraído, 15 octubre de 2012 desde <http://www.agriton.nl/higa.html>.

Hiltner L. (1904). *Über neue erfahrungen und problema auf dem gebiet der bodenban ktrologie unter besonderer burucksichti gung der grundunung und brache.* Vol 98

Holt J., Krieg N., Sneath P., Statey J. y Stanley W. (1994). **Bergey's Manual of determinative bacteriology**. 9na Edición.

Jiménez D., Montaña J. y Martínez M. (2011). **Characterization of free Nitrogen fixing bacteria of the genus *Azotobacter* in organic vegetable-grown Colombian Soils**. Brazilian Journal of Microbiology.

Kennedy A. y Smith L. (1995). ***Soil microbial diversity and the sustainability of agricultura***. Plant and soil.

Kloepper J. (1993). ***Plant growth promoting rhizobacterias as biological contro agents, en Dekker M, Soil microbial ecology applications in agriculturd and environmental management***. New York. Usa

Lozada L. y Rivas C. (2010). **Evaluación del efecto de la inoculación con *Azotobacter spp.* En plantas de ají dulce (*Capsicum frutescens*)**. Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de Técnico Superior Agrícola ante la Universidad de los Andes en el Núcleo Universitario Rafael Rangel. Trujillo, Venezuela.

Martínez V. y Dibut B. (1996). **Los Biofertilizantes como pilares Básicos de la Agricultura Sostenible**. En Curso-Taller Gestión Medio Ambiental de Desarrollo Rural.

Marschner P., Crowley D. y Hong C. (2004). ***Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil tupe***. Plan Soil.

Meza N., Arizaleta M. y Bautista D. (2007). ***Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Pasiflora edulis f. flavicarpa*)***.

- Mokwunye A., De Jager A. y Smaling E. (1996). **Restoring and Maintaining the Productivity of West African Soil: Key to sustainable Development.** (eds.) In: Miscellaneous Fertilizer Studies N°. 14.
- Morales M. (2003). **La Materia Orgánica y el Estado de Fertilidad de los Suelos Pardos con Carbonatos Bajo Diferentes Sistemas de Manejo.** Tesis presentada en opción a II Título Académico de Master en Agricultura Sostenible, en la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuba.
- Nogales B. (2005). **Microbiología del suelo en la era de la biología molecular.** descubriendo la punta del iceberg. Ecosistemas.
- Pérez C. (2007). **Producción de Biofertilizante a Partir de Azotobacter choococcum.** Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.
- Ramos B. (1999). **Estudio de la Capacidad de Dos Cepas Bacterianas del Genero Bacillus para Promover el Crecimiento Vegetal.** Proyecto de Titulación Previo a la Obtención del Título en Doctor en Biología, Universidad San Pablo CEU. Madrid, España.
- Rodelas M. 2001. **Interacción Rhizobium-Azospirillum y Rhizobium-Azotobacter.** Efecto sobre la nodulación y fijación simbiótica del nitrógeno en Vicia faba.
- Rubenchick L. 1960. **Azotobacter and its use in agriculture. 1960.** Translated from Russian Published for The National Science Foundation, Washington D. C. US Dept. of commerce, Washington 25, D. C.

Sabra, W., Zeng A., Sabry S., Omar S. y Deckwer W. (1999). **Effect of Phosphate and Oxygen Concentrations on Alginate Production and Stoichiometry of Metabolism of *Azotobacter vinelandii* under Microaerobic Conditions.** Londres.

Saribay G. 2003. **Growth and nitrogen fixation dynamics of *Azotobacter chroococcum* nitrogen-free and own containing madium.** Tesis de maestría en ciencias aplicadas. Departamento de ingeniería de alimentos. The middle east technical university.

Suquilanda M. (1996). **Agricultura Orgánica.** Ediciones UPS. Fundación para el desarrollo agropecuario FUNDAGRO. Ecuador.

Telisa M., Loveless J., Royden S. y Paul B. (1999). **Isolation of Nitrogen-Fixing Bacteria Containing Molybdenum-Independent Nitrogenases From Natural Environments.** Applied and Environmental Microbiology.

Thompson L., y Troeh F. (2002). **Los suelos y su fertilidad.** Cuarta Edición, Editorial Reverte, España.

Toro M. (2008). **Micorrizas Arbusculares como Biofertilizantes para el Manejo de Sistemas Agrícolas.** Instituto de Zoología Tropical. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Extraído 12 de diciembre de 2012 desde: <http://www.ciens.ucv.ve/instzool/FAMT.html>

Verma R., Dadwal V. y Thakura K. (2008). **Economics of biofertilizer application on production of planting propagules of teak in a commercial nursery.** Indian Forester.

Vicente, C. 2003. **Origen de la materia orgánica.** En sitio: <http://www.terralia.com>

## VII. APÉNDICE

### APENDICE 1

Apéndice 1.1. Análisis de varianza para la variable de Días de emergencia.

| Fte. de variación | G.L | SC    | CM   | F    | P      |
|-------------------|-----|-------|------|------|--------|
| Tratamientos      | 7   | 9,22  | 1,32 | 0,99 | 0,4642 |
| Error             | 21  | 27,91 | 1,33 |      |        |
| Total             | 31  | 40,47 |      |      |        |

$$R^2 = 0,31 \quad CV = 8,68$$

Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para los Días de Emergencia.

| Tratamientos    | Medias (cm) | Categoría |
|-----------------|-------------|-----------|
| T2: (20%)       | 13,75       | a         |
| T7: (químico)   | 13,75       | a         |
| T4: (M.O+1%)    | 13,50       | a         |
| T5: (M.O (20%)) | 13,50       | a         |
| TO: (Testigo)   | 13,50       | a         |
| T3: (40%)       | 13,25       | a         |
| T6: (M.O+ 40%)  | 13,00       | a         |
| T1: (1%)        | 12,00       | a         |

**Apéndice 1.2. Análisis de varianza para la variable Altura de la Planta.**

| <b>Fte. de variación</b> | <b>G.L</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b>      | 7          | 7234,90   | 1033,56   | 18,39    | <0,0001  |
| <b>Error</b>             | 24         | 1348,53   | 56,19     |          |          |
| <b>Total</b>             | 31         | 8583,43   |           |          |          |

$$R^2 = 0,86 \quad CV = 14,42$$

**Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para variable Altura de planta**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Categoría</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| T5: (M.O + 20%)     | 76,58              | a                |
| T7: (químico)       | 65,33              | b                |
| T6: (M.O+40%)       | 61,63              | bc               |
| T4: (M.O+1%)        | 56,63              | bcd              |
| T2: (20%)           | 50,25              | cd               |
| T3: (40%)           | 49,58              | d                |
| T1: (1%)            | 38,50              | e                |
| TO: (Testigo)       | 25,00              | f                |

**Apéndice 1.3. Análisis de varianza para la variable Diámetro del Tallo.**

| <b>Fte. de variación</b> | <b>G.L</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b>      | 7          | 0,06      | 0,01      | 3,20     | 0,0153   |
| <b>Error</b>             | 24         | 0,06      | 2,7 E-03  |          |          |
| <b>Total</b>             | 31         | 0,12      |           |          |          |

$$R^2 = 0,59$$

$$CV = 13,20$$

**Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para el Diámetro del Tallo**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Categoría</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| T6: (M.O+ 40%)      | 0,42               | a                |
| T5: (M.O+20%)       | 0,42               | a                |
| T4: (M.O+1%)        | 0,39               | a                |
| T7: (químico)       | 0,38               | a                |
| T3: (40%)           | 0,38               | a                |
| T1: (1%)            | 0,37               | a                |
| T2: (20%)           | 0,37               | a                |
| TO: (Testigo)       | 0,27               | b                |

**Apéndice 1.4. Análisis de varianza para la variable del Área Foliar**

| <b>Fte. de variación</b> | <b>G.L</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b>      | 7          | 185006,18 | 26429,45  | 4,41     | 0,0028   |
| <b>Error</b>             | 24         | 143675,86 | 5986,49   |          |          |
| <b>Total</b>             | 31         | 328682,04 |           |          |          |

$R^2 = 0,60$

$CV = 14,36$

**Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para el Área Foliar**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Categoría</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| T5: (M.O + 20%)     | 661,14             | a                |
| T7: (Químico)       | 630,41             | ab               |
| T6: (M.O +40%)      | 591,98             | ab               |
| T4: (M.O + 1%)      | 581,88             | ab               |
| T2: (20%)           | 564,69             | abc              |
| T3: (40%)           | 506,98             | bcd              |
| T1: (1%)            | 456,77             | cd               |
| TO: (Testigo)       | 431,77             | d                |

**Apéndice 1.5. Análisis de varianza para la variable del Peso Seco Total**

| <b>Fte. de variación</b> | <b>G.L</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b>      | 7          | 24,18     | 3,45      | 45,80    | <0,0001  |
| <b>Error</b>             | 24         | 1,81      | 0,08      |          |          |
| <b>Total</b>             | 31         | 25,99     |           |          |          |

$$R^2 = 0,93 \quad CV = 9,32$$

**Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para el Peso Seco Total**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Categoría</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| T5: (M.O+ 20%)      | 4,10               | a                |
| T7: (Químico)       | 3,70               | ab               |
| T6: (M.O+ 40%)      | 3,62               | b                |
| T4: (M.O +1%)       | 3,29               | bc               |
| T2: (20%)           | 2,98               | c                |
| T3: (40%)           | 2,95               | c                |
| T1: (1%)            | 2,86               | c                |
| TO: (Testigo)       | 1,03               | d                |

**Apéndice 1.6. Análisis de varianza para la variable del Peso Seco Aéreo.**

| <b>Fte. de variación</b> | <b>G.L</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b>      | 7          | 17        | 2,43      | 33,48    | <0,0001  |
| <b>Error</b>             | 24         | 1,74      | 0,07      |          |          |
| <b>Total</b>             | 31         | 18,74     |           |          |          |

$$R^2 = 0,92 \quad CV = 10,34$$

**Prueba de rango de múltiples (DUNCAN) para el Peso Seco Aéreo**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Categoría</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| T7: (químico)       | 3,50               | a                |
| T5: (M.O+ 20%)      | 3,27               | a                |
| T6: (M.O +40%)      | 2,86               | b                |
| T4: (M.O +1%)       | 2,69               | b                |
| T2: (20%)           | 2,58               | b                |
| T3: (40%)           | 2,54               | b                |
| T1: (1%)            | 2,50               | b                |
| TO: (Testigo)       | 0,90               | c                |

**Apéndice 2. Índice de efectividad de la inoculación expresado en %**

| TRATAMIENTO  | %      |
|--------------|--------|
| T5 (M.O+20%) | 298,06 |
| T6 (M.O+40%) | 251,46 |
| T4 (M.O+1%)  | 102,19 |
| T2 (20%)     | 189,32 |
| T3 (40%)     | 186,41 |
| T1 (1%)      | 177,67 |

**Apéndice 3. Eficiencia Agronómica Relativa expresado en %**

| TRATAMIENTO  | %      |
|--------------|--------|
| T5 (M.O+20%) | 114,98 |
| T6 (M.O+40%) | 97     |
| T4 (M.O+1%)  | 84,64  |
| T2 (20%)     | 73,03  |
| T3 (40%)     | 71,91  |
| T1 (1%)      | 68,54  |