



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS  
DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS  
FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA  
PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ”**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de: Ingeniero Agrónomo

Autor:

Pallo Toaquiza Byron Luciano

Director:

Ing. Ricardo Luna Murillo

**LA MANÁ - COTOPAXI**

**OCTUBRE - 2014**

## **AUTORIA**

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación “**EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ**”, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Pallo Toaquiza Byron Luciano

C.I. 120620606-0

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: “**EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ**”, de **PALLO TOAQUIZA BYRON LUCIANO**, postulante de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Octubre 2014.

El Director

-----  
Ing. Ricardo Luna Murillo

# CARTA DE APROBACIÓN

## MIEMBROS DEL TRIBUNAL

En calidad de Miembros del Tribunal de la Tesis de Grado titulada “**EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ**”, presentado por el estudiante **Pallo Toaquiza Byron Luciano**, como requisito previo a la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados, consideramos que el trabajo mencionado reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública.

Atentamente.

**Ing. Laureano Martínez M. Sc**  
*Presidente del Tribunal*

---

**Ing. Raúl Trávez Trávez**  
*Miembro de Tribunal*

---

**Ing. Karina Marín**  
*Miembro de Tribunal*

---

## **AGRADECIMIENTO**

Por este trabajo investigativo, merece expresar un profundo agradecimiento, a aquellos personas que de alguna forma son parte de su culminación, mis agradecimientos va dirigido a mis padres, quienes me han apoyado durante de mi estudio que he realizado día tras día, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a su Unidad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Institución que me acogió y me brindó una formación profesional.

Destaco mi gratitud eterna agradecimientos a los señores, Dr. Enrique Estupiñán, Director de la Unidad, Ing. Raúl Través, Ing. Karina Marín, Ing. Ricardo Luna, Director de tesis, pues su oportuna participación facilitó la realización de este trabajo, así como a todos los docentes de esta Unidad, que supieron ser maestros al impartir sus conocimientos y experiencias

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a Dios y a mis padres. A Dios, porque ha estado conmigo en todo momento, guiándome, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida, han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en el trascurso de mis estudios. Depositando su eterna confianza, en cada reto que me ha presentado, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que he podido ir avanzando y llegar a la meta realizando mis sueños

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
CARTA DE APROBACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivo específico.....	3
Hipótesis.....	3
CAPITULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1. Generalidades.....	4
1.1.1. Bacterias del suelo.....	4
1.2. Tipos de Bacterias.....	5
1.2.1. Descomponedoras.....	5
1.2.2. Fijadores de nitrógeno.....	6
1.3. Efecto de los microorganismos en la estructura y fertilidad del suelo.....	6
1.3.1. Nitrificación.....	6
1.3.2. Fijación no simbiótica del nitrógeno.....	7
1.3.3. Fijación simbiótica del nitrógeno.....	7
1.3.4. Mecanismos y factores influyentes de la nitrificación.....	8
1.3.5. Reacción del suelo y presencia de diversos elementos.....	8
1.3.6. Aireación del suelo.....	9
1.3.7. Humedad del suelo.....	9
1.4. Interacciones entre microorganismos y plantas.....	10

1.5. Efectos de las raíces en las poblaciones de microorganismos .....	10
1.6. Rizobacterias .....	11
1.7. Microorganismos, biofertilizantes y biofertilización .....	13
1.7.1. Inoculante bacteriano .....	13
1.7.2. <i>Azotobacter spp</i> .....	14
1.7.2.1. Producción de sustancias fisiológicamente activas y aplicación práctica de <i>Azotobacter spp</i> .....	17
1.8. Efectos de la inoculación de <i>Azotobacter spp</i> .....	18
1.9. <i>Pseudomona fluorescens</i> .....	22
1.10. Kudzú tropical ( <i>Pueraria phaseoloides</i> ).....	24
1.10.1. Descripción .....	24
1.10.2. Establecimiento .....	25
1.10.3. Adaptación .....	25
1.10.4. Manejo .....	26
1.10.5. Productividad, calidad y suelo .....	26
Composición nutricional .....	27
Unidad .....	27
Cantidad .....	27
1.11. <i>Mucuna (Stizolobium aterrimum)</i> .....	28
1.12. <i>Centrosema (Centrosema acutifolium)</i> .....	30
1.12.1 Descripción .....	31
1.12.2. Adaptación .....	31
1.12.3. Establecimiento .....	31
1.12.4. Manejo .....	31
1.12.5 Producción de semilla y propagación vegetativa .....	32
2.13. Investigaciones realizadas .....	32
CAPITULO II. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION .....	40
2.1. Localización y duración de la investigación .....	40
2.2. Condiciones agro meteorológicas .....	40
2.3. Diseño metodológico .....	41
2.3.1. Tipo de investigación .....	41
2.3.2. Metodología .....	41
2.4. Factores bajo estudio.....	41
2.5. Diseño experimental.....	42

2.6. Unidad de estudio.....	43
2.6.1. Población universo .....	43
2.6.2. Tamaño real de la muestra .....	43
2.6.3. Criterios de selección de la muestra.....	44
2.7. Variables a evaluar .....	44
2.7.1. Biomasa forrajera (BF) .....	44
2.7.2. Longitud de la raíz (cm).....	44
2.7.3. Peso de raíz (g).....	44
2.7.4. Análisis microbiológico .....	44
2.7.5. Análisis bromatológico .....	45
2.8. Interpretación de los resultados.....	45
2.9. Manejo específico del ensayo .....	45
<b>CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>46</b>
3.1. Efecto simple.....	46
3.1.1. Altura de planta (cm) .....	46
3.1.2. Largo de raíz (cm.) y número de nódulos .....	47
3.1.3. Peso de raíz (cm.) y Biomasa forrajera (g m <sup>2</sup> ) .....	48
3.2. Efecto de interacción.....	49
3.2.1. Interacción en altura de planta por leguminosas a los 45, 60 y 75 días .....	49
3.2.3. Interacción en peso de raíz (g) y biomasa forrajera (g m <sup>2</sup> ) por leguminosas.....	51
3.3. Análisis microbiológico de Contenido Aerobios totales (UFC) de las leguminosas.....	52
3.3.1. Hongos y levadura.....	52
3.3.2. Bacterias.....	53
3.4. Análisis bromatológico .....	54
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO IV. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPITULO V. ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL KUDZÚ TROPICAL.....	24
2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE PRE-FLORACIÓN. ....	27
3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE FLORACIÓN.....	27
4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE POST-FLORACIÓN.....	27
5. PESO DE RAÍZ (g), PESO FORRAJE (g) Y LONGITUD RAÍZ (cm) EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO.....	33
6. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES EN TRES EDADES DURANTE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO.....	34
7. POBLACIONES TOTALES Y GRUPOS FUNCIONALES EN TRES EDADES DURANTE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO.....	35
8. CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y AGROECOLÓGICAS DEL CENTRO EXPERIMENTAL “LA PLAYITA”. ....	40
9. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA.....	42
10. ALTURA DE PLANTA (cm.) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL	

CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	47
11. LARGO DE RAÍZ (cm.) Y N. NÓDULOS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	48
12. PESO DE RAÍZ (g.) Y BIOMASA FORRAJERA (g m <sup>2</sup> ) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	49
13. HONGOS Y LEVADURAS EN AEROBIOS TOTALES (UFC) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	53
14. BACTERIAS AEROBIOS TOTALES (UFC) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	54
15. ANALISIS BROMATOLOGICO DE LAS LEGUMINOSAS UTILIZADAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. INTERACCIÓN DE ALTURA DE PLANTA A LOS 45 (a), 60 (b) Y 75 (c) DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	50
2. INTERACCIÓN DE LARGO DE RAÍZ (cm) (a) Y NÚMERO DE NÓDULOS (b) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	51
3. INTERACCIÓN DE PESO DE RAÍZ (g) (a) Y BIOMASA FORRAJERA (gm <sup>2</sup> ) (b) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. FOTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	64
2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (cm) A LOS 45 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	68
3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (cm) A LOS 60 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	68
4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (cm) A LOS 75 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	69
5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LARGO DE RAÍZ (cm) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	69
6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE NÓDULOS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....	70

7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE PESO DE RAÍZ (g) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....70
8. ANÁLISIS DE VARIANZA DE BIOMASA FORRAJERA (g m<sup>2</sup>) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.....71

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
Latacunga – Ecuador

---



**TEMA:** EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC –LA MANÁ

**Autor:** Pallo Toaquiza Byron Luciano

## **RESUMEN**

El empleo de rizobacterias como promotoras de crecimiento vegetal en tres leguminosas forrajeras en el Campo Experimental La Playita campus UTC – La Maná”, propuso los objetivos: inocular las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal; *Azotobacter chroococum* y *Pseudomona fluorecens* en las leguminosas en estudio, identificar las poblaciones de bacterias y hongos existentes en las leguminosas por cada inoculante bacteriano aplicado, en dos edades de cosecha 45, 60 y 75 días, realizar análisis bromatológicos. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial con tres leguminosas, dos inoculantes, dos sitio, tres repeticiones y dos plantas como unidad experimental, la siembra de las leguminosas se realizó en funda y suelos, el inoculante se aplicó en el momento de la siembra y a los 30 días, se controlaron las malezas y se procedió con las mediciones experimentales. La mayor altura se registró en la leguminosa centrosema (60,80 cm.), largo de raíz (34,83 cm), peso de raíz (4,13 g.) y biomasa forrajera (43.33 g <sup>m2</sup>) para la mucuna. El número de nódulos con kudzu (29,85), los inoculantes presentaron similares resultados, las leguminosas presentaron un mejor desarrollo en el suelo ya que el sistema radicular se desarrolla de forma natural. El mayor nivel de proteína lo presentó el kudzú con 21,70%. Se recomienda utilizar las leguminosas para el mejoramiento de los suelos y como alternativa de alimentación animal.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
ACADEMIC UNIT OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES  
**La Maná – Ecuador**

---



**THEME:** USE OF RHIZOBACTERIA AS PLANT GROWTH PROMOTING ON THREE LEGUMINOUS FORAGE PLANTS AT THE EXPERIMENTAL FIELD LA PLAYITA CTU CAMPUS - LA MANÁ

**Author:** Pallo Toaquiza Byron Luciano

## **ABSTRACT**

The use of rhizobacteria as stimulators of plant growth in three leguminous forage in the Experimental Field La Playita CTU campus - La Maná, proposed the following objectives: to inoculate the rhizobacteria plant growth promoting, *Azotobacter chroococum* and *Pseudomonas fluorescens* in the study of leguminous; to identify populations of bacteria and fungi that exist in leguminous for each bacterial inoculant applied in two ages of harvest 45, 60 and 75 days; and to perform bromatological analysis. At complete random design was applied (CRD) in factorial accordance with three leguminous, two inoculators, two sites, three repetitions, and two plants as experimental unit; the planting of leguminous was realized in bags and soil. The inoculant was applied at the time of planting and 30 days later, weed was controlled and it was proceeded with the experimental measurements. The best height was recorded in the leguminous centrosema (60,80 cm.), long root (34,83 cm), root weight (4,13 g.) and forage biomass (43,33 g m<sup>2</sup>) to mucuna. The number of nodules with kudzu (29,85). Inoculants showed similar results, leguminous presented a better development in the soil because the root system is developed in a natural way. The highest level of protein was presented by kudzu with 21,70%. It is recommended to use leguminous in order to improve soil and as an alternative for feeding animals.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

La Maná - Ecuador

### *CERTIFICACIÓN*

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor egresado: Pallo Toaquiza Byron Luciano cuyo título versa ***“EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC - LA MANÁ”***; lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

La Maná, octubre del 2014

Atentamente,

---

Lic. Fernando Toaquiza  
DOCENTE UTC – CCI  
050222967 -7

## INTRODUCCIÓN

**Calispa y Muñoz, (2000)**, en el Ecuador, la eliminación de los bosques para la implantación de monocultivos, para la exportación y la agroindustria ha significado una drástica reducción de la biodiversidad. Solo en los últimos 40 años el 50% de los bosques han sido destruidos; en la Sierra el bosque Interandino prácticamente ya no existe y en la Costa queda apenas un 10% de bosque primario.

El trópico representa una alternativa para la producción de alimentos de origen animal; este tiene como base alimentaria a los pastos, los cuales pueden representar una alta producción de biomasa, pero en forma estacional además, es conocido que en las áreas tropicales se desarrolla el 60% de los bovinos de la región.

La mayoría de las actividades humanas impactan el ambiente; la agricultura y la ganadería no son las excepciones. La ganadería, con gran frecuencia, es censurada por los efectos adversos medioambientales; sin embargo, recíprocamente, rara vez se da un énfasis al papel positivo de los animales en la conservación del medio ambiente.

Utilizando el anterior criterio, este trabajo centra su estudio y análisis, en esos dos aspectos, *la disponibilidad teórica y el consumo real*, en este caso para un solo grupo de alimentos, muy importante en la alimentación de grandes grupos en el mundo, como son “las leguminosas”.

Los cultivos de cobertura son importantes en la conservación de los suelos. El fríjol terciopelo, *Stizolobium aterrimum*, (*Mucuna*) es sin duda uno de los cultivos de cobertura más conocidos y populares para las zonas tropicales; es una vigorosa leguminosa trepadora anual, proveniente del sur de China y el este de la India. Esta planta tiene la capacidad de fijar N atmosférico (152-157 kg/ha<sup>-1</sup>, García, *et al.* 1999 y Calegari 1992) mediante una relación simbiótica con microorganismos del suelo (rizobios), convirtiéndose esta planta en una fuente eficiente de nitrógeno; por otra parte, acumula más de 10 t de biomasa aérea por hectárea sobre la base de la materia seca (MS), y es una fuente de proteínas y minerales lo que la hace útil en la alimentación animal Buckles *et al.*(2000).

En base a la problemática antes descrita se formuló el presente estudio para identificar el comportamiento agronómico de tres leguminosas

Actualmente la tendencia de la nueva generación de consumir productos naturales está aumentando, permitiendo nuevos proyectos que se planteen ¿Cuál es el efecto del empleo de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tres leguminosas kudzu (*Pueraria phaseoloides*), centrosema (*Centrosema acutifolium*), mucuna (*Mucuna pruriens*) en el campo experimental La Playita UTC – La Mana?

En el Ecuador se habla de una agricultura sostenible basada en una producción sustentable, una de las estrategias para lograr una productividad agrícola sustentable es modificar las técnicas tradicionales, diseñando cultivos alternativos con procedimientos agroecológicos.

Los ganaderos para tener una mejor nutrición en sus animales han incrementado el uso de pastos mejorados lo que constituyen en el trópico la principal y más económica fuente para la alimentación de los rumiantes, por lo que es sumamente importante conocer estas variables en forrajes que pueden formar parte de la ración y que permiten exteriorizar el potencial máximo de producción de los animales.

## Objetivos

### *Objetivo general*

- Determinar el empleo de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tres leguminosas forrajeras.

### *Objetivo específico*

- Inocular las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal: *Azotobacter chroococum* y *Pseudomonas fluorescens* en las leguminosas en estudio.
- Identificar las poblaciones de bacterias y hongos existentes en las leguminosas por cada inoculante bacteriano aplicado en las edades de cosecha.
- Realizar análisis bromatológicos para determinar el valor nutricional; por inoculante bacteriano aplicado y estado de madurez; de las leguminosas.

## Hipótesis

- La leguminosa Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), mostrará la mayor población microbiana.
- El valor nutritivo de la leguminosa Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), inoculada con *Azotobacter chroococum* será superior en las dos edades de cosecha.

# CAPITULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Generalidades

#### *1.1.1. Bacterias del suelo*

La fertilidad del suelo depende en gran parte de la actividad bacteriana. Centenares de especies de bacterias se encuentran en la naturaleza y la magnitud de la población bacteriana del suelo depende de condiciones ambientales tales como el grado de humedad favorable, la concentración de hidrógenos, la temperatura, el alimento disponible y la aireación. Las bacterias del suelo son absolutamente esenciales para todos los procesos vitales, ya que sin los procesos de putrefacción y desintegración no habría descomposición de la material vegetal y animal con la consecuente liberación de sustancias químicas simples como nitrato sódico, fosfato de calcio, cloruro sódico, etc. Las plantas verdes en desarrollo pueden utilizar estos productos de la descomposición y sintetizarlos en el proceso de la fabricación de alimento fotosintético. **Haynes, (2005).**

La constante extracción de sustancias nitrogenadas del suelo por las plantas, llevaría al agotamiento del nitrógeno si no fuera porque hay microorganismos que de manera continua están restituyéndolo. Las bacterias fijadoras del nitrógeno convierten el nitrógeno atmosférico en compuestos utilizables por las plantas y las bacterias nitrificantes convierten el amoniaco en nitratos utilizables.

Los nitratos son utilizados por las plantas para sintetizar proteínas que vuelven al suelo como proteínas vegetales, proteínas animales o como urea. Las bacterias de la putrefacción y las que atacan la urea actúan sobre estos compuestos y liberan el nitrógeno como amoníaco, el cual es entonces atacado por las bacterias nitrificantes. **Haynes, (2005)**

Las bacterias fijadoras del nitrógeno se encuentran usualmente en las raíces. Las bacterias simbióticas fijadoras del nitrógeno no fijan el nitrógeno en los medios de cultivo, pero cuando se desarrollan en simbiosis con una planta, en un suelo neutro o próximo a la neutralidad, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y ponerlo a la disposición de la planta huésped. Las especies de *Azobacter* operan en suelos ligeramente alcalinos y debe de haber vestigios de molibdeno para su actividad fijadora.

La inoculación con *Rhizobium* tiene éxito cuando se utilizan métodos adecuados. Sin embargo, los organismos no persisten indefinidamente y por lo general desaparecen o disminuyen mucho en tres años en los suelos sin leguminosas.

El suelo se enriquece por cultivo y el arado de leguminosas para enterrarlas, por la gran cantidad de nitrógeno combinado que se encuentra en los nódulos de las raíces, así como en la valiosa materia orgánica de toda planta.

## **1.2. Tipos de Bacterias**

### ***1.2.1. Descomponedoras***

Las bacterias desempeñan un papel importante en la descomposición de muchos materiales orgánicos, sobre todo en las primeras etapas de descomposición cuando los niveles de humedad son altos. En las últimas etapas de descomposición, los hongos tienden a dominar.

*Bacillus subtilis* y *Pseudomona fluorescens* son ejemplos de bacterias descomponedoras. La adición de estas bacterias no se ha demostrado para acelerar la formación del compost o hummus en el suelo. **Arias (2007).**

### ***1.2.2. Fijadores de nitrógeno***

Las bacterias *Rhizobium* pueden realizar la inoculación en semillas de leguminosas para la fijación de nitrógeno en el suelo. Estas bacterias fijadoras de nitrógeno viven en nódulos de las raíces de leguminosas. Extraen el nitrógeno del aire y lo convierten en formas que la planta puede usar. Esta forma de fijación de nitrógeno puede añadirse a un equivalente de más de 100 Kg de nitrógeno por hectárea y por año.

*Axotobacter*, *Azospirillum*, *Agrobacterium*, *Gluconobacter*, *Flavobacterium* y *Herbaspirillum* son ejemplos de vida libre que fijan el nitrógeno asociados con leguminosas. Hasta la fecha la inoculación del suelo con estos organismos no ha demostrado ser un medio eficaz. **Arias. (2007).**

## **1.3. Efecto de los microorganismos en la estructura y fertilidad del suelo**

### ***1.3.1. Nitrificación***

En el proceso de nitrificación participan bacterias, hongos y actinomicetos. Por la actividad enzimática de los microorganismos, azúcares y otros de la materia orgánica, se forma un producto final llamado  $(\text{NH}_4^+)$ . **Arias. (2007).**

Se necesitan dos pasos distintos para que esto suceda

1. Las *Nitrosomonas* sp. oxidan el amonio en un producto intermedio, el nitrito.
2. Las *Nitrobacter* sp. transforman el nitrito en nitrato

Las bacterias nitrificantes se consideran bacterias autótrofas, o bacterias que utilizan el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono para su crecimiento. **Jiménez. (2007).**

La primera etapa se conoce como amonificación. Los iones de amonio pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas, o bien son absorbidos a las partículas de arcilla y humus, o pueden perderse por lavado con las fuertes lluvias. En la segunda etapa de la nitrificación el amonio se oxida y pasa a formar nitrito (NO<sub>2</sub>) por actividad de la bacteria *nitrosoma*. La tercera y última etapa de la nitrificación es del nitrito (NO<sub>2</sub>) a nitrato (NO<sub>3</sub>) por oxidación. La bacteria responsable de esta reacción se llama *nitrobacter*. **Arias. (2007).**

Las bacterias que participan en el proceso de nitrificación son aeróbicas (necesitan oxígeno) y por lo tanto exigen suelos aireados y bien drenados. Cuando un suelo está mal drenado, se satura con agua y ocurre que se activan otras bacterias anaeróbicas que toman el oxígeno de los nitratos y forman óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) o nitrógeno libre (N<sub>2</sub>), ambos son gases que se escapan por difusión gaseosa a la atmósfera y se pierde así el nitrógeno del suelo. **Navarro. (2008).**

### ***1.3.2. Fijación no simbiótica del nitrógeno***

Existen bacterias y algas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico incorporándolo a su propio organismo y al morir la bacteria o el alga, el nitrógeno se incorpora al suelo. Las bacterias *clostridium* y *azobacter* son representantes de esta forma no simbiótica de fijar nitrógeno. **Arias. (2007).**

### ***1.3.3. Fijación simbiótica del nitrógeno***

La bacteria llamada *Rhizobium* tiene la capacidad de vivir en las raíces de las leguminosas, y allí forma nódulos en las células corticales habitadas por las bacterias.

La bacteria captura el nitrógeno gaseoso y lo incorpora a su citoplasma, la planta proporciona carbohidratos a la bacteria. Estos carbohidratos posteriormente se oxidan y brindan energía a la bacteria. A cambio, la bacteria proporciona a la planta proteínas y aminoácidos. Esta fijación de nitrógeno es posible solo mediante el intercambio (simbiosis) de la planta y la bacteria. **Jiménez . (2007).**

#### ***1.3.4. Mecanismos y factores influyentes de la nitrificación***

Cuando las condiciones son favorables, una parte del amonio liberado en el proceso de amonificación es inmediatamente oxidado a nitrato, que es la forma principal de utilización del nitrógeno por los vegetales superiores. En suelos apropiados para el desarrollo de microorganismos nitrificantes, esta oxidación es tan rápida que el amoniaco casi no puede detectarse, y es muy difícil ponerlo en evidencia en cantidades apreciables.

Esta oxidación la efectúan un conjunto de bacterias muy sensibles a los agentes externos y comprendidos en un grupo bastante reducido de especies aerobias. **Navarro. (2008).**

#### ***1.3.5. Reacción del suelo y presencia de diversos elementos***

Las bacterias nitrificantes aparecen en mayor cantidad en suelos fértiles. Su número depende en gran manera de la reacción del suelo. En este aspecto una reacción ligeramente alcalina es la más favorable. Los límites de pH entre los que la nitrificación tiene lugar se sitúan entre 5'5 y 8, con un óptimo de 6'9 y 7'5. A medida que aumenta la acidez del suelo, la nitrificación se debilita debida a la sensibilidad de los organismos nitrificantes a bajo pH. **Jiménez. (2007).**

Las bacterias nitrificantes requieren también un suministro adecuado de calcio, fósforo, cobre y magnesio, aunque no se ha determinado sus exactas necesidades. Otros oligoelementos como hierro, molibdeno, boro wolframio y vanadio, se consideran estimulantes en concentraciones bajas, pero se

transforman en inhibidores en concentraciones superiores al 1%. Un exceso de cloruros paraliza la acción de estos microorganismos. **Arias. (2007).**

#### ***1.3.6. Aireación del suelo***

Las bacterias nitrificantes son microorganismos aeróbicos típicos. No producen nitratos en ausencia de oxígeno molecular. Por ello cualquier procedimiento que aumente la aireación del suelo favorecerá la nitrificación del suelo. El arado y prácticas de cultivo son operaciones favorables para ella, ya que permiten la rápida difusión del aire hacia el exterior y hacia el interior del suelo. **Navarro . (2008).**

Los suelo que son de textura gruesa, o que poseen una buena estructura, facilitan este movimiento y aseguran un suministro adecuado de oxígeno para las nitrobacterias.

Los resultados experimentales obtenidos en condiciones controladas de laboratorio, permiten afirmar que la máxima nitrificación aparece cuando el porcentaje de oxígeno en el aire del suelo es del 20%, casi igual al que posee la atmósfera terrestre. **Jiménez. (2007).**

#### ***1.3.7. Humedad del suelo***

La actuación de la nitrobacterias está altamente controlada por el contenido de agua en el suelo. En general la nitrificación tiende a disminuir tanto en condiciones de excesiva humedad, como aquellas de escasez. **Navarro. (2008).**

En realidad, existe para cada suelo un óptimo de humedad por encima y por debajo del hay más lentitud en la producción de nitratos. **Navarro. (2008).**

## **1.4. Interacciones entre microorganismos y plantas**

Las raíces de las plantas son unos hábitats propicios para el desarrollo de microorganismos. Son muchas y muy variadas las poblaciones microbianas que se encuentran asociadas a las raíces de las plantas. Las interacciones entre los microorganismos del suelo y las raíces de las plantas satisfacen requerimientos nutritivos básicos para la planta y para las comunidades microbianas asociadas a ella. Esto se evidencia por el elevado número de microorganismos que se hallan en el rizoplano. **Atlas y Bartha (2006).**

## **1.5. Efectos de las raíces en las poblaciones de microorganismos**

La estructura del sistema radical contribuye a establecer la población microbiana en la rizosfera. Las interacciones entre las raíces y los microorganismos de la rizosfera se basan principalmente en la modificación interactiva del ambiente del suelo por procesos como: captación de agua por la planta, liberación de compuestos orgánicos al suelo por las raíces, producción microbiana de factores de crecimiento vegetal, captura de nutrientes minerales por parte de los microorganismos.

En la rizosfera, las raíces de las plantas tienen una influencia directa en la composición y en la densidad de la microbiota del suelo; a lo que se conoce como efecto rizosférico. Este efecto puede verse como la relación entre el número de microorganismos en el suelo de la rizosfera (R) y el número de microorganismos en el suelo alejado de las raíces (S). Generalmente la relación R/S oscila entre 5 y 20, pero es normal encontrar valores R/S de 100, es decir, poblaciones microbianas 100 veces mayores en la rizosfera que en el suelo sin raíces de los alrededores. **Taiz , et al. (2006).**

El alcance real del efecto rizosférico depende de cada planta en particular y de su estado de madurez fisiológica.

Las raíces rodeadas por microorganismos excretan una cantidad de materiales orgánicos mucho mayor que las raíces estériles. A pesar de que algunos de estos materiales inhiben a los microorganismos, la mayoría estimulan su crecimiento. La influencia de los materiales liberados por las plantas al suelo se pone de manifiesto porque las poblaciones bacterianas de la rizosfera presentan propiedades nutritivas muy distintas de las poblaciones que crecen en el suelo sin raíces. **Taiz , et al. (2006).**

## 1.6. Rizobacterias

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) se definieron por primera vez por Kloepper y Schroth para describir las bacterias del suelo que colonizan las raíces de las plantas después de la inoculación a la semilla, y que mejoran el crecimiento de las plantas. **Bowen, et al (2009).**

En años recientes se ha caído en cierta controversia, ya que no se sabe hasta qué punto se puede considerar una Rizobacteria como PGRP, por lo que se han establecido 4 características que definen este grupo:

- a. Que no requieran de la invasión interna de los tejidos en plantas, como ocurren en hongos micorrízicos con la formación de arbusculos o nódulos en el caso de *Rhizobium*
- b. Que tengan una elevada densidad poblacional en la rizósfera después de su inoculación, ya que una población que declina rápidamente tiene una baja capacidad competitiva con la microflora nativa del suelo.
- c. Que presenten capacidad de colonización efectiva en la superficie de la raíz, y como consecuencia, puedan influir positivamente en el crecimiento de la planta.
- d. Que no produzcan daños al hombre ni a otros microorganismos.

A continuación están implícitos en el proceso de colonización: la capacidad para sobrevivir en la inoculación de semillas, que se multiplican en el esfermosfera (región que rodea a la semilla) en respuesta a los exudados de semillas, para fijar a la superficie de la raíz, y colonizar el sistema radicular en desarrollo. **Bowen, et al (2009)**.

Una variedad de características de bacterias y genes específicos contribuyen a este proceso, pero sólo unos pocos han sido identificados. Estos incluyen la motilidad, la quimiotaxis y exudados de raíz las semillas, la producción de las fimbrias o pili, la producción de componentes específicos en la superficie celular, la capacidad de utilizar los componentes específicos de los exudados de las raíces, la secreción de proteínas, así como la detección de quórum.

Las PGPR pueden actuar de manera directa e indirecta:

Mecanismos indirectos: Los metabolitos producidos por las PGPR pueden funcionar como determinantes antagónicos, involucran aspectos de control biológico, suprimen o inhiben el crecimiento de microorganismos perjudiciales para el desarrollo de la planta, vía producción de sideróforos, antibióticos, acción de enzimas líticas, glucanazas, quitinasas) o inducción de mecanismos de resistencia, **Sorensen. et al (2009)**.

Mecanismos directos: ocurren cuando los metabolitos producidos por algunas cepas de rizobacterias son utilizados como reguladores de crecimiento o precursores de estos por parte de la planta.

La conjunción de ambos mecanismos de acción ha dado como resultado la producción evidente del crecimiento en plantas; se ha observado un incremento en la emergencia, el vigor y peso de las plántulas, un mayor desarrollo en sistemas radicales y un incremento de hasta 30% en la producción de cultivos de interés comercial, tales como papa, rábanos, jitomate, trigo y soya.

La mayoría de las investigaciones realizadas en este ámbito se han enfocado a la elucidación de estos mecanismos involucrados en el control biológico, y relativamente poco en el conocimiento relacionado con la promoción directa. **Bowen, et al (2009).**

Esto ha dejado pauta para realizar estudios que consideren principalmente la densidad del inóculo, fisiología de la cepa promotora, temperatura, propiedades del suelo, cultivo y genotipo de la planta; el objetivo es entender de manera clara los mecanismos de promoción de crecimiento de plantas inducido por cepas PGPR, con el propósito de aislar y seleccionar nuevas cepas que representen una fuente exitosa de inoculantes biológicos en la agricultura, así como en la elaboración de productos comerciales. **Kloepper, (2008).**

## **1.7. Microorganismos, biofertilizantes y biofertilización**

Los biofertilizantes pueden considerarse como tecnologías “apropiables”, término creado por FAO para las herramientas biotecnológicas que contribuyen al desarrollo sostenible y que proveen beneficios tangibles a los destinatarios, son ambientalmente seguras y socioeconómicas y culturalmente adaptables. **Kloepper, (2008).**

### **1.7.1. Inoculante bacteriano**

Son formulaciones que contienen uno o más géneros bacterianos (o especies) en un portador de fácil uso ya sea orgánico o sintetizado a partir de moléculas definidas. El inoculante es el medio de transporte bacteriano desde la fábrica o almacén hacia las plantas, con el fin de mejorar la planta de crecimiento, ya sea:

- La liberación de los nutrientes del suelo para las plantas.
- Entrando en simbiótica relación con los sistemas de raíces de las plantas.
- Actuando como antagónicos organismos contra los patógenos de plantas.

El suelo inoculantes utilizados más comúnmente son rizobacterias que viven en simbiosis con las legumbres como los guisantes, habas, etc. Estas bacterias viven dentro de nódulos especializados en los sistemas radiculares de las leguminosas, donde el proceso atmosférica de nitrógeno en una forma disponible para las plantas para su uso. **Kloepper, (2008).**

Otro grupo de inoculantes del suelo comunes son micorrizas hongos, que se unen a las raíces de muchas especies de plantas y ayudar a conducir el agua y los nutrientes para las plantas para su uso.

Los efectos deseados del inoculante sobre el crecimiento de las plantas puede incluir la fijación del nitrógeno en leguminosas, biocontrol de patógenos procedentes del suelo, degradación de minerales del suelo, incremento de la asimilación de nutrientes, efectos nutricionales u hormonales y otros. **Smith. (2007).**

### ***1.7.2. Azotobacter spp***

Las bacterias aerobias de vida libre, fijadoras de N<sub>2</sub> más conocidas, se encuentran formando parte de las familias *Azotobacteriaceae*, *Spirillaceae* y *Bacillaceae*.

Del género *Azotobacter* se han descrito varias especies: *Azotobacter chroococcum* (Beijerinck 1901), *A. vinelandii* (Lipman 1903), *A. agilis* (Beijerinck; Winograsky 1938) y *A. paspali* (Döbereiner 1966); sin embargo no todas tienen características perfectamente definidas.

González y Lluch (1992) los microorganismos del género *Azotobacter* se describieron por primera vez por Beijerinck en 1901, desde este momento hasta nuestros días, estas bacterias han llamado la atención de numerosos investigadores por su importancia tanto teórica como práctica. La morfología de *Azotobacter* ha sido y es, uno de los apartados de estudio más atractivo de este género bacteriano.

Así, la citología de estas bacterias no solo se altera por las condiciones ambientales, sino que más bien varía de una forma extrema. Winogradski en 1938 observó que la presencia en el medio de cultivo de compuestos carbonados como el n-butanol daba lugar a la formación de células vegetativas normales, pero en función del periodo de incubación se originaban células cocoides denominadas quistes. Pochon y Tchan en 1948, consideraron a estos quistes como formas de reposo. Más tarde Socolofsky y Wyss en 1962, demostraron la característica de resistencia de estas formas quísticas. **Martínez – Vera, et al (2007).**

Este género comprende bacterias grandes, levaduriformes, aerobias estrictas, no esporógenas y Gram negativos; son mesófilas y su temperatura óptima de desarrollo es de 30 °C. La eficacia media en relación con el N<sub>2</sub> fijado por unidad de azúcar descompuesto es de 5 – 10 g, lo cual se cataloga como bajo. El pH óptimo de crecimiento es de 6 y a niveles inferiores disminuyen las cantidades de N<sub>2</sub> fijado y hasta puede inhibirse su actividad metabólica.

La capacidad de fijación de N<sub>2</sub> por estas bacterias varía considerablemente en dependencia de la composición del medio, su acidez, temperatura y aireación, de la presencia de N combinado, de la naturaleza de las fuentes de carbono, microelementos y de la acción de organismos antagónicos en el medio.

El efecto de diferentes fuentes de carbono sobre la fijación de N<sub>2</sub> 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 – Vera, et al (2007).**

La propagación de estas bacterias 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. Este elemento estimula el metabolismo del carbono, la multiplicación y la fijación de N<sub>2</sub>. 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. **Rodelas M, et al (2007).**

Los requerimientos de microelementos son notables, el molibdeno (Mo) es esencial para la mayoría de las cepas de este género, tanto cuando crecen sobre medios libre de nitrógeno como cuando se desarrollan sobre nitratos, aunque las necesidades son mayores en ausencia de nitrógeno combinado.

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, ya que en suelos poco fértiles con escaso contenido de materia orgánica no se obtiene efecto agronómico positivo (19). González y Lluch (1992) reportan que el género *Azotobacter* presenta alta capacidad de biodegradación, muy especialmente para la oxidación de compuestos fenólicos sustituidos. **Gonzalez, et al (2006).**

Este hecho resulta de especial interés, basándose en recientes observaciones que muestran como estas bacterias aumentan su actividad biológica (incluyendo la capacidad fijadora de  $N_2$ ) en suelos agrícolas adicionados de residuos que poseen un alto contenido en sustancias fenólicas, pudiéndose sugerir que estos microorganismos pueden contribuir a la biotransformación de este tipo de residuos cuando se usen como fertilizantes.

En este contexto estos diazótrofos están considerados por algunos investigadores como bacterias ciertamente ideales para los procesos de descontaminación de suelos agrícolas con sustancias xenobióticas. **Torres (2009).**

### ***1.7.2.1. Producción de sustancias fisiológicamente activas y aplicación práctica de Azotobacter spp***

Desde el punto de vista histórico, es *Azotobacter* el microorganismo que de una forma más amplia ha sido utilizado en la agricultura. Las primeras aplicaciones de estas bacterias datan de 1902, alcanzando una amplia utilización durante las décadas del 40, 50 y 60, particularmente en los países de Europa del Este. **González, et al (2006).**

La aplicación práctica de la inoculación de este diazotrófo ha sido positiva, observándose notables incrementos en los rendimientos en diferentes cultivos, principalmente en cereales.

Estos resultados obtenidos, especialmente con la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, no deben atribuirse exclusivamente a la ganancia de N<sub>2</sub> por las plantas, ya que estos microorganismos en determinadas condiciones su efecto beneficioso se debe fundamentalmente a la capacidad de solubilizar fosfatos y sintetizar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales que intervienen directamente sobre el desarrollo de las plantas. **Puertas, et al (2007).**

De este modo *A. chroococcum* sintetiza tiamina de 50–100 mg g<sup>-1</sup> de sustancia celular seca; ácido nicotínico de 200–600 mg g<sup>-1</sup> de sustancia celular seca y ácido pantoténico y biotina; ácido indolacético (AIA); ácido giberélico y citoquininas. **Rodelas, et al (2007).**

La producción de estas sustancias por *Azotobacter*, se ve influenciada por el estado fisiológico de la bacteria y por la edad de los cultivos, habiéndose demostrado que la presencia de nitrógeno combinado modifica la producción de auxinas y giberelinas. Concretamente la presencia de nitrato inhibe la liberación de auxinas, mientras que en sentido contrario incrementa la producción de giberelinas.

La adición de exudados radicales de ciertos cereales colonizados por *Azotobacter*, determinan aumentos significativos en la producción de auxinas, giberelinas y citoquininas, siendo este efecto más evidente cuando los exudados se obtienen de plantas de más de 30 días de crecimiento. **González, et al (2006).**

Además de los compuestos mencionados, estos diazótrofos son capaces de sintetizar sustancias fungistáticas que, al inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos del suelo, promueven indirectamente el desarrollo de las plantas, especialmente en las etapas tempranas del cultivo.

Estos compuestos tienen acción sobre hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Rhizoctonia*, variando su acción antagónica con la cepa bacteriana utilizada. Mediante su acción conjunta, estas sustancias son capaces de estimular la germinación de las semillas y acelerar el crecimiento de las plantas siempre y cuando sea adecuada la concentración de organismos en la rizosfera de las plantas. **Mayea, et al (2008).**

### **1.8. Efectos de la inoculación de *Azotobacter spp***

El efecto de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en suelos Ferralíticos Rojos resulta coincidente para todas las variedades analizadas. La población de plántulas por m<sup>2</sup> aumentó entre 36% (Cambell-28) y 78% (CI-289-RA) respectivamente, así como la altura se incrementó en 34% (C-28-V) y 96% (Nova-2) y el diámetro del tallo entre 37% (C-28-V) y 100% (Tropical-3).

El número de hojas aumentó entre 22% (Tropical-1) y 42% (Línea-94) y el peso seco de 50 plántulas entre 38% (Nova-2) y 27.6% (Tropical-3). Estos resultados indican la posibilidad de acortar el periodo que transcurre entre la siembra del semillero y el momento en que las plántulas están aptas para el trasplante. **Martínez-Viera, R. et al (2007).**

Estos resultados coinciden con los analizados por Puertas y González (1999), donde al estudiar la efectividad de cepas de *Azotobacter chroococcum* aisladas de la rizosfera de plántulas de tomate en suelos Pardos y Vertisoles, se apreció que todas estimularon en mayor o menor cuantía, al menos uno de los indicadores del crecimiento evaluados, lo que sugiere que la producción de sustancias fisiológicamente activas, constituye un factor común a dichas cepas. **Puertas, et al. (2007).**

En este sentido Abbass y Okon (1993) encontraron similares resultados, pero con diferentes cepas de *Azotobacter paspali* y señalaron que la diversidad de origen no tiene que estar siempre asociada a la diversidad genética.

En estudios realizados sobre la eficiencia de la fijación de N<sub>2</sub> y la susceptibilidad a bacteriófagos de *Azotobacter chroococcum* libre y encapsulado con alginato, en condiciones controladas (in vitro) y bajo condiciones de campo (in vivo), en la Estación Experimental de la Facultad Agrícola de la Universidad de Minia, Egipto, demostró que en condiciones in vitro, las células encapsuladas exhibieron mayor actividad del sistema nitrogenasa que en la forma libre.

Varios son los cultivos en los cuales la aplicación de *Azotobacter chroococcum* como biofertilizante ha resultado satisfactoriamente positiva. Rodríguez y Blanco (1994) realizaron un trabajo experimental en condiciones semicontroladas en viveros de café (*Coffea arabica*), demostrando que con el uso de *Azotobacter chroococcum* hay una mejor uniformidad en las posturas de este cultivo, así como un mayor vigor de las mismas, las cuales en el momento de la extracción del vivero hacia el campo presentaban un color uniforme en su sistema radicular, características de posturas sanas, vigorosas y con alto valor ecológico. **Höfflich, et al (2005).**

En este sentido González et al. (1994) al analizar los resultados de la inoculación de 8 cepas de *Azotobacter* sobre los parámetros de crecimiento y desarrollo de vitroplantas de piña (*Anana comosa*), cv Cayena lisa, durante la fase de

adaptación demostraron que en sentido general todas las cepas estudiadas estimularon el crecimiento de las vitroplantas, con valores significativamente superiores al testigo, lo que permite acortar el periodo de adaptación de las mismas. **Höfflich, et al (2005).**

En el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*) Roque et al. (1994) al analizar la respuesta a la fertilización nitrogenada y su combinación con biofertilizantes en el clon CMC-40 en suelo Ferralítico Rojo hidratado, demostraron que los mejores resultados se obtuvieron con la combinación biofertilizante-fertilización mineral, destacándose *Azotobacter* como biofertilizante. Los máximos rendimientos en la primera cosecha oscilaron entre 43 y 46 t ha<sup>-1</sup>, se alcanzaron al aplicar 100 kg. ha<sup>-1</sup> de N con *Azotobacter* y fosforina individualmente o combinados. **Roque, et al (2005).**

En papa (*Solanum tuberosum*) Del Castillo y Montes de Oca (1994) estudiaron el efecto del uso de bacterias solubilizadoras de fósforo (P) y fijadores de N<sub>2</sub> sobre el rendimiento de este cultivo en las variedades Atlantic y Desiree de producción nacional sobre suelos Ferralítico Púrpura seleccionado con diferentes valores de pH y P soluble, donde se analizaron diferentes dosis de fertilizantes minerales a 50 y 100% con aplicación de fosforina (Fb) y *Azotobacter* (AZ), solos y combinados en diferentes dosis y momentos de aplicación. **Del Castillo, et al (2005).**

Los resultados obtenidos muestran que la mejor respuesta a los fertilizantes minerales se encontró con el 50%, similar a los obtenidos con solo aplicar AZ; sin embargo los mejores rendimientos se obtuvieron al combinar el 100% del fertilizante mineral con ambos biopreparados, con incrementos entre 4 y 5 t ha<sup>-1</sup>. El pH del suelo influyó en la cosecha, tanto para AZ como la Fb, con incrementos del rendimiento donde el mismo era neutro a ligeramente ácido contra el ácido entre 0.84 a 1.35 t ha<sup>-1</sup> respectivamente; mientras cuando se combina el pH neutro con un contenido de P soluble bajo hay incrementos de 1.10 t.

Otros estudios son los efectuados con combinaciones microbianas, donde se ha podido comprobar la potenciación de la estimulación en el crecimiento y demás parámetros en las plantas con la aplicación de *Azotobacter* conjuntamente con hongos micorrizógenos.

Un trabajo realizado a partir de vitroplantas de ñame (*Dioscorea alata L.*) var. Criollo Blanco, las cuales durante la fase de preadaptación fueron sometidas a tratamientos con 2 cepas de MVA (IES-12 e IES-14) inoculadas a razón de 10 g / planta e inmersión de las raíces en un biopreparado de *Azotobacter sp.* al 20% durante 10 minutos, obtuvieron que la aplicación de biopreparados favorecieron los parámetros morfológicos evaluados (número de hojas, longitud del tallo y el limbo mayor, longitud del peciolo mayor y número de ramas por plantas) al compararlos con el testigo sin aplicación, comportándose como mejor tratamiento la combinación *Azotobacter* al 20% más la inoculación de la cepa IES-12 (*Glomus caledonicum*). **Andresson. et al (2004)**

Así mismo Sánchez et al. (2006) , con el objetivo de determinar el efecto de 4 cepas de hongos Micorrizógenos combinados con niveles de *Azotobacter sp* y 2 proporciones de humus de lombriz sobre el crecimiento de posturas de café (*Coffeaa arabica*) producidas por el sistema de moteo con poda de raíz, determinaron que la combinación *Glomus fasciculatum* y *Glomus pelú con Azotobacter* en la proporción 5/1 mostró los mayores incrementos con respecto a la altura, el diámetro del tallo y el área foliar de las posturas, resultando superiores a los tratamientos testigos. **Sánchez. et al (2006).**

Días et al. (2000) realizaron un estudio en suelos Ferralítico Rojo lixiviado típico de montaña y suelos Fersialítico Pardo rojizo en la zona del Escambray, con el objetivo de determinar el efecto de varias cepas de micorrizas y la inoculación de *Azotobacter chroococcum* en el cultivo del café.

Los resultados arrojaron que la inoculación simple y combinada de micorrizas y *Azotobacter chroococcum*, aunque por lo general resulto positiva, estuvo

determinada por la riqueza del sustrato utilizada, obteniéndose en todas las variantes los mejores resultados con la relación 5:1 de suelo-materia orgánica. Con estas alternativas se logra reducir el costo de producción de las posturas de café en viveros. **Días, et al (2009).**

### **1.9. *Pseudomonas fluorescens***

Es un bacilo Gram-negativo, recto o ligeramente curvado pero no vibrioide, es saprófito, (todo lo que ingiere pasa a través de la pared de su citoplasma). Se puede encontrar en suelo y agua.

Es incapaz de formar esporas y crece aeróbicamente. La temperatura óptima para su funcionamiento es de 25 a 30 °C, aunque puede crecer desde los 5 hasta los 42 °C aproximadamente. No crece bajo condiciones ácidas ( $\text{pH} \leq 4.5$ ) y necesita preferentemente pH neutro. Tiene movimiento activo en líquido por sus flagelos polares (más de 1). Su pigmento fluorescente (fluoresceína) la hace reaccionar frente a la luz ultravioleta, aunque recién cultivada o después de varios cultivos de laboratorio, puede ser que no reaccione. **Sorensen, et al (2009).**

Las *Pseudomonas* pueden crecer en un medio mineral con iones de amonio o nitrato y un solo compuesto orgánico que funciona como única fuente de carbono y energía. La ganancia energética es obtenida por respiración aeróbica, no por fermentación y su crecimiento es rápido.

Abundan en la superficie de las raíces, ya que son versátiles en su metabolismo y pueden utilizar varios sustratos producidos por las mismas, pero no establecen una relación simbiótica con la planta.

Una de las características de la *Pseudomonas fluorescens* es su alta capacidad de solubilización del fósforo y la realizan por dos vías: la primera es la producción de ácidos orgánicos (ácido cítrico, ácido oxálico, ácido glucónico) que actúan

sobre el pH del suelo favoreciendo la solubilización del fósforo inorgánico y liberando el fosfato a la solución del suelo. **Stanier, et al (2005).**

La otra vía de acción es a través de las fosfatasas que son enzimas hidrolasas (Monoesterasas y Diesterasas Fosfóricas) que actúan sobre las uniones ésteres liberando los grupos fosfatos de la materia orgánica a la solución del suelo. Ambas vías generan una mayor cantidad de fosfato para ser absorbido por las raíces de las plantas.

Otro aspecto destacable es la posibilidad de que las *Pseudomonas fluorescens* posean la virtud de producir sustancias estimuladoras del crecimiento, ya que las *Pseudomonas* en general pertenecen a un grupo llamado “estimuladores del crecimiento vegetal (MECV)” que poseen la propiedad de producir estas sustancias, cuyas principales ventajas son las de estimular la germinación de las semillas, acelerar el crecimiento de las plantas especialmente en sus primeros estadios, inducir la iniciación radicular e incrementar la formación de raíces y pelos radiculares. **Gamazo, et al (2005).**

Las principales sustancias estimuladoras producidas son de tipo hormonal como auxinas, giberelinas y citoquininas, pero también producen sustancias de otro tipo como aminoácidos y promotores específicos del crecimiento. Estos efectos se dan siempre que sea adecuada la concentración de organismos en el sistema radicular y en el suelo haya suficiente cantidad de materia orgánica.

Por último, una propiedad complementaria de la *Pseudomonas fluorescens* es la de producir ciertas sustancias -antibióticos y sideróforos- que actúan limitando el crecimiento y desarrollo de los patógenos fúngicos que pueden afectar al cultivo. **Rodríguez, et al (2005).**

### 1.10. Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*)

Las principales características del Kudzú tropical en rendimiento, crecimiento, comportamiento y adaptación se especifican en el siguiente cuadro 1. **Ceba (2006).**

**CUADRO 1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL KUDZÚ TROPICAL.**

<b>Nombre científico:</b>	Pueraria Phaseoloides
<b>Nombre común:</b>	Kudzú tropical
<b>Crecimiento:</b>	Rastrero y Trepador
<b>Origen:</b>	Asia
<b>Densidad de siembra (solo):</b>	8-10 Kg./ha
<b>Densidad de siembra (en mezcla):</b>	3-5 Kg./ha
<b>Días al primer corte después de Germinación:</b>	90-120 días
<b>Rotación promedio:</b>	40-50 días
<b>Altura de la planta:</b>	Trepador-Rastrero
<b>Fertilidad de suelo:</b>	Media a Alta
<b>Utilización:</b>	Pastoreo y Henificación, silo y abono verde
<b>Precipitación:</b>	900 mm. /año
<b>Tolerancia a la sequía:</b>	Alta
<b>Proteína cruda:</b>	14-16%
<b>Producción de forraje en materia seca:</b>	8-10 Ton./ha-1./año
<b>Adaptación:</b>	De 0 a 1800 msnm
<b>Suelos:</b>	Bien Drenados
<b>Ciclo vegetativo:</b>	Perenne

Fuente: ceba (2006)

#### 1.10.1. Descripción

El Kudzú (*Pueraria P.phaseoloides*) es una leguminosa tropical herbácea permanente, vigorosa, voluble y trepadora de raíces profundas. Echa raíces en los nudos formando ramas laterales o secundarias que se entretajan en una masa de vegetación de 75 cm. de alto 9 meses después de la siembra, sofocando y eliminando a las malezas. **Agrosemillas Huallamayo (2009).**

Originaria del Asia Sudoriental, Malasia e Indonesia, se encuentra muy difundida en los trópicos húmedos del mundo. En la sequía se desprenden las hojas pero sobrevive rebrotando en las próximas lluvias. Se propaga naturalmente por rizomas colonizando extensas zonas aptas con suficientes precipitaciones. Recomendable como cultivo de cobertura en plantaciones permanentes, para protección y mejoramiento de suelo, control de malezas en Cítricos, Mangos, Cocos. **Agrosemillas Huallamayo (2009).**

tiene alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo e incorporarlo, sea como abono verde o por la caída de sus hojas. Se estima un aporte de 600 Kg. de Nitrógeno por hectárea al año, mejorando el rendimiento y consumo de las gramíneas asociadas y su contenido de proteína. También para enriquecer con materia orgánica y preparar suelos pobres para la siembra de cultivos industriales. **Agrosemillas Huallamayo (2009).**

#### ***1.10.2. Establecimiento***

El kudzú se puede propagar por semillas o por material vegetativo, ya que los estolones (coronas) tienen la propiedad de producir raíces, pero lo usual es por semilla, es necesario escarificar las semillas (mecánica o químicamente), el crecimiento inicial es lento, pero una vez establecido, cubre rápidamente, ayuda a la protección del suelo por su hábito de crecimiento postrado y estolones enraizados. La recomendación de fertilización depende del análisis del suelo. **Peters et al (2003).**

#### ***1.10.3. Adaptación***

Se adapta a diferentes tipos de suelo, desde arenosos hasta arcillosos no compactos con pH de 4 a 6. No tolera la salinidad. Está notablemente exenta de plagas y enfermedades y libre de principios tóxicos. Escasa tolerancia al fuego por lo que no se recomienda la quema. Se le considera una excelente forrajera para los

trópicos húmedos, especialmente como alimento remanente para la estación seca. **Agrosemillas Huayamallo (2009).**

En condiciones tropicales se adapta hasta los 1600 m.s.n.m., suelos con fertilidad mediana-alta, necesita fósforo y magnesio; su rango de adaptación va de bosques húmedos hasta subhúmedos (> 1500 mm por año), sobrevive de 4 a 5 meses secos y aguanta sombra moderada. **Peters et al (2003).**

#### ***1.10.4. Manejo***

Se recomienda aplicar fósforo en el momento de la siembra, los demás elementos se deben aplicar a los dos meses después. Cada año se debe aplicar el 50% de la dosis como mantenimiento en la época de lluvia. Permite una muy buena asociación con gramíneas de porte erecto y también con especies estoloníferas tipo *Brachiaria* cuando se siembra en franjas. Durante la época de sequía se reduce la producción MS por efecto de defoliación, pero con las primeras lluvias se reinicia el crecimiento activo y vigoroso. Cuando se pastorea en asociación se puede utilizar el pastoreo continuo o rotacional, también es utilizado como banco de proteína. Su persistencia en la pradera depende del manejo. **Peters et al (2003).**

#### ***1.10.5. Productividad, calidad y suelo***

El kudzú tienen un alto valor nutritivo, en términos de proteína, digestibilidad, contenido de minerales. La aceptación es alta especialmente en época seca; mejora las condiciones físicas y químicas del suelo por la cantidad de hojas depositadas y por el nitrógeno fijado. La producción de MS está entre 5 y 6 t ha año<sup>-1</sup>.

La composición nutricional del kudzú en los estados de prefloración, floración, y post-floración se hallan descritos en los cuadros 2, 3 y 4 **Peters et al (2003).**

**CUADRO 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE PRE-FLORACIÓN.**

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	25,00
NDT	%	13,39
Proteína (TCO)	%	3,86
Calcio (TCO)	%	0,22
Fósforo total (TCO)	%	0,11
Grasa (TCO)	%	0,64
Fibra (TCO)	%	10,72

Fuente: Animales y producción (2010)

**CUADRO 3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE FLORACIÓN.**

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	25,10
NDT	%	12,83
Proteína (TCO)	%	3,24
Calcio (TCO)	%	0,31
Fósforo total (TCO)	%	0,08
Grasa (TCO)	%	0,67
Fibra (TCO)	%	10,57

Fuente: Animales y producción (2010)

**CUADRO 4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL KUDZÚ TROPICAL EN ESTADO DE POST-FLORACIÓN.**

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	27,60
NDT	%	13,03
Proteína (TCO)	%	3,53
Calcio (TCO)	%	0,37
Fósforo total (TCO)	%	0,12
Grasa (TCO)	%	0,31
Fibra (TCO)	%	11,07

Fuente: Animales y producción (2010)

Al investigar el comportamiento agronómico y valoración nutricional del kudzu tropical (*Pueraria phaseloides*) se reportaron los resultados peso de raíz 14,60 g, peso forraje 14,23 g, en el reporte microbiológico se encontró bacterias con 1.3 x

106, actinomicetes  $7.2 \times 10^6$ , hongos  $7.5 \times 10^4$ , celulolíticos  $1.7 \times 10^6$ , Solubilizadores de P  $7.2 \times 10^4$  y Fijadores de Nitrógeno  $1.3 \times 10^4$ .

Los análisis bromatológicos indicaron que los niveles de proteína a los 80 días fue de 6.25% y a los 140 días 12.84%. **Ludeña (2011)**.

### **1.11. Mucuna (*Stizolobium aterrimun*)**

Leguminosa robusta de crecimiento rastrero indeterminado, ramas trepadoras, hojas trifoliadas de foliolos grandes y membranosos, inflorescencia en racimos axilares, compuestos por muchas flores grandes y brácteas caducas, corola volácea o blanca, vainas alargadas con 3 a 6 semillas que son globulosas o elípticas, comprimidas y duras de color negro con hilo blanco. **Buckles et al (2009)**.

Esta leguminosa tropical pertenece a la familia: Leguminosae; subfamilia: Papilionoidea; tribu: Phaseoleae. Existen más o menos una docena de *Mucuna* spp. (Calegari et al. 1992), las más conocidas son la blanca, negra y pinta, diferenciándose por el color de la semilla y de la flor, cantidad de materia verde que producen y el tiempo que necesitan para producir fruto, (García, Hernández, y Molineros 1999). Se la conoce como fríjol terciopelo, destacándose entre los cultivos de cobertura en la contribución potencial como mejoradora de suelos en los sistemas agrícolas sustentables. Esta leguminosa trepadora anual proviene del sur de Asia, y difundida en la mayoría de los países tropicales, donde se la cultiva como hortaliza. Es una planta autógama y por lo tanto es rara la contaminación natural en la zona tropical. El uso de la mucuna ha sido registrado desde el siglo 17 en Java, Bali y Sumatra, para recuperar los suelos degradados, (Pound 1991). La mayoría de las especies de mucuna presentan una razonable tolerancia a varios factores abióticos desfavorables como sequía, escasa fertilidad y elevada acidez del suelo, aunque son sensibles a las heladas y se desarrollan deficientemente en suelos húmedos y fríos. **Buckles et al (2009)**.

La *Mucuna aterrimum*, conocida como mucuna preta, fríjol terciopelo, si café, pica pica dulce es una planta anual de rápido crecimiento y muy agresiva esto hace que se suba y enrede sobre las malezas, impidiéndoles la obtención de luz, lo que les provoca la muerte, por lo que se la considera en un fuerte aliado y amigo para controlar las malezas. Además, ayudan a guardar la humedad, a abonar el suelo y a protegerlo de la erosión; los agricultores de Brasil, México iniciaron su uso como abono verde, Usar la mucuna como abono verde es una práctica generalizada en la zona del Litoral Atlántico de Honduras donde se lo utiliza para mejorar las propiedades físicas del suelo. **Calispa et al (2007).**

La mucuna gracias a su asociación con bacterias del suelo (comúnmente conocidos como “rizobios”) fija nitrógeno del aire, el mismo que después de metabolizarse se deposita en raíces, hojas y tallos. Esto le permite a la mucuna producir gran cantidad de materia verde, que una vez descompuesta en el suelo, proporciona nitrógeno y otros nutrientes necesarios para otros cultivos, La mucuna presenta facilidad de infección radicular por los “rizobios” nativos generando nódulos de peso considerable (40 mg/planta). **García et al (2006).**

Experimentos conducidos en Cuyuta, Guatemala, han mostrado que el valor de sustitución de fertilizante -N de *Mucuna* spp. y *Canavalia ensiformis* manejados bajo labranza cero está alrededor de 60 kg/ha, subiendo hasta 158 kg N/ha para *Canavalia* y 127 para *Mucuna*, cuando sus residuos son totalmente incorporados, (Pound 1991). Un estudio conducido en Yucatán México, reveló que la mucuna mejoró las propiedades físicas y químicas del suelo cuando se asociaba con el maíz. Los agricultores evidenciaron cambios en color, textura; y humedad del suelo y su potencial para sostener cultivos exigentes en nutrientes como el chile o tomate. **Pound (2007).**

El proceso participativo de los campesinos al uso de leguminosas como la mucuna, canavalia, cajanus y *Phaseolus* en la región Atlántica de Nicaragua ha conducido a prácticas más racionales para el uso de la tierra donde los cultivos

antes mencionados han asumido papeles importantes en el mejoramiento de la producción de cultivos alimenticios principales. **Pound (2007)**.

### **1.12. Centrosema (*Centrosema acutifolium*)**

Es una LEGUMINOSA tropical herbácea permanente, vigorosa, rastrera, voluble y trepadora con abundantes hojas, originaria de Centro y Sur América, muy difundida en Brasil, Colombia y Venezuela. Forma una cubierta compacta y densa a 4 ó 6 meses de la siembra. Fue introducido en Indonesia y Malaca para ser usado como cultivo de protección en plantaciones permanentes como Café, Cacao, Coco, Cítricos, Palma Aceitera. **Agrosemillas Huallamayo (2006)**. Adaptado a suelos de mediana a alta humedad en Trópico y Sub-trópico. Su crecimiento es rastrero, emitiendo estolones y raíces en los nudos de donde se forman nuevos tallos. Su raíz es profunda dando resistencia a la sequía.

Por no ser atacado por plagas o enfermedades y su elevado contenido de Proteína, se recomienda como Banco de Proteínas en Costa y Selva, para asociar con gramíneas de porte bajo, como cobertura, conservación y mejoramiento de suelo, control de malezas en Cítricos, Mango, Coco, Café, Palma Aceitera y plantaciones forestales en la Costa Norte y Selva del Perú, aprovechando su capacidad de extraer y fijar al suelo el Nitrógeno contenido en el aire, y su incorporación como abono verde. También para enriquecer con materia orgánica y preparar suelos pobres para la siembra de cultivos industriales.

Su capacidad de propagación natural es de regular a buena en suelos fértiles con humedad adecuada. Compite medianamente con las malezas. Las plantas maduras toleran la sombra. Se le considera una planta valiosa para el pastoreo y la producción de heno, siendo bastante apetitosa para el ganado y no presentando toxicidad. La semilla debe ser Escarificada con agua caliente antes de la siembra, y se espolvorea con Lindano 85 gramos por Kg. para protegerla. **Agrosemillas Huallamayo (2006)**.

### ***1.12.1 Descripción***

Leguminosa herbácea perenne, postrada a enredadera, de 40 – 50 cm de altura, raíces pivotantes y vigorosas. Tallos delgados, rastreros estoloníferos, un poco pubescentes, no llegan a ser leñosos por lo menos antes de 18 meses; hojas trifoliadas, de color oscuro, elíptica o ovado-elíptica, aproximadamente de 4 cm de largo y 3,5 cm de ancho, un poco pubescente, especialmente en la superficie más baja. Flores grandes y vistosas de color lila. Vaina lineal con márgenes prominentes de 7,5 a 15 cm, castaño oscuro cuando está madura, contiene alrededor de 20 semillas; de forma oblonga con esquinas redondeadas, el tamaño de la semilla es de 5 por 4 mm, de color castaño-negro. **Especies Forrajeras Multipropósito (2008)**

### ***1.12.2. Adaptación***

Crece hasta 1700 m.s.n.m, precipitación de 1000 – 1750 mm/año. Se adapta a suelos con baja a mediana fertilidad, bajos niveles de P y pH de 4.5 – 7.0. Se adapta a un rango amplio de textura del suelo, desde arenoso-franco a arcillo-limoso. **Especies Forrajeras Multipropósito (2008),**

### ***1.12.3. Establecimiento***

Se establece al voleo o en surcos a una distancia de 50 a 100 cm entre surcos y 5 cm entre plantas, utilizando de 5 – 7 kg de semilla/ha y a una profundidad de siembra de 2 - 3 cm con semillas escarificadas. Se establece moderadamente rápido. **Especies Forrajeras Multipropósito (2008),**

### ***1.12.4. Manejo***

Se debe controlar malezas durante establecimiento. En monocultivo tiene una cobertura buena. Se asocia bien con *Panicum maximum*, *Paspalum atratum*, *Andropogon gayanus*, *Pennisetum sp*, *Hyparrhenia rufa* y *Brachiaria spp*. No

tolera pastoreo intensivo y continuo, para garantizar su persistencia las mezclas deben pastorearse en forma rotacional con un período de descanso que permita la recuperación de la leguminosa. Para heno y ensilaje se corta antes de floración. **Especies Forrajeras Multipropósito (2008).**

#### ***1.12.5 Producción de semilla y propagación vegetativa***

*Pueraria phaseloides* es una especie de días cortos que produce la semilla en las épocas secas, necesita de soporte para mayores producciones; los mayores rendimientos ocurren en suelos fértiles de textura liviana y buen contenido de materia orgánica. Los rendimientos varían de 400 a 500 Kg h<sup>-1</sup>. **Peters et al (2003).**

### **2.13. Investigaciones realizadas**

**Ludeña, (2011).** Al investigar el comportamiento agronómico y valoración nutricional del kudzu tropical (*Pueraria phaseloides*) se reportaron los resultados peso de raíz 14,60 g, peso forraje 14,23 g. Por otra parte, los valores más bajos se presentan en kudzu en las variables: peso de raíz (14,60 g), peso de forraje (14,23 g), peso de hojas (9,85 g), peso de tallos (7,35 g).

En el reporte microbiológico se encontró bacterias con  $1.3 \times 10^6$ , actinomicetes  $7.2 \times 10^6$ , hongos  $7.5 \times 10^4$ , celulolíticos  $1.7 \times 10^6$ , Solubilizadores de P  $7.2 \times 10^4$  y Fijadores de Nitrógeno  $1.3 \times 10^4$ .

Los análisis bromatológicos indicaron que los niveles de proteína a los 80 días fue de 6.25% y a los 140 días 12.84%.

**Briones, (2012).** La investigación comportamiento agronómico y valor nutricional de seis leguminosas rastreras en el cantón Quevedo planteo los objetivos establecer el comportamiento y la productividad de las leguminosas rastreras y

determinar el valor nutricional de las leguminosas. Se desarrolló en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Las leguminosas bajo estudio fueron Kudzu, Mucuna, Maní Forrajero, Clitoria, Canavalia, Centrosema y como edades de corte 45, 60 y 75 días, se emplearon dos unidades experimentales, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en arreglo factorial 6 x 3, las variables a evaluar fueron: la biomasa forrajera (g), longitud y peso de la raíz (cm), morfoespecies, grupos funcionales y poblaciones totales, composición química y valor nutritivo.

Presentando los resultados de efecto simple que se observan en el cuadro 5.

**CUADRO 5. PESO DE RAÍZ (g), PESO FORRAJE (g) Y LONGITUD RAÍZ (cm) EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO.**

<b>Leguminosas</b>	<b>Peso raíz (g)</b>		<b>Peso forraje (g)</b>		<b>Longitud raíz (cm)</b>
Kudzu	0.50	b	0.47	b	17.00 c
Mucuna	8.95	ab	117.61	a	55.37 a
Maní forrajero	3.77	ab	16.71	b	26.67 bc
Clitoria	12.14	a	39.31	ab	34.00 b
Canavalia	10.65	ab	121.08	a	54.95 a
Centrosema	5.62	ab	11.11	b	39.95 ab
<b>CV (%)</b>	<b>105.26</b>		<b>126.49</b>		<b>31.67</b>

Medias con letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la Prueba de Tukey (P=<0.05)

Identificación de poblaciones; poblaciones totales y grupos funcionales. (Cuadros 6 y 7).

**CUADRO 6. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES EN TRES EDADES DURANTE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO**

<b>Leguminosas</b>	<b>Morfoespecies</b>	<b>Color</b>	<b>Esporas viables/100 gss</b>	<b>Colonización (%)</b>	<b>Densidad de endofitos/47.5%</b>
<b>Kudzu</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	145.00	40,91	1,86
<b>Mucuna</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	194.00	79.17	5.16
<b>Maní forrajero</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	171.00	68.63	4.96
<b>Clitoria</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	120.00	51,28	3,35
<b>Canavalia</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	98.00	79.41	2.38
<b>Centrosema</b>	<i>Glomus, Acaulospora</i>	café rojizo	141.00	74.36	4.59

Fuente: ANCUPA-CISPAL

**CUADRO 7. POBLACIONES TOTALES Y GRUPOS FUNCIONALES EN TRES EDADES DURANTE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y VALOR NUTRICIONAL DE SEIS LEGUMINOSAS RASTRERAS EN EL CANTÓN QUEVEDO**

Leguminosas	Poblaciones totales			Grupos funcionales		
	Bacterias	Hongos	Actinomicetes	Solubilizadores de fósforo	Celulolíticos	Fijadores de N de vida libre
<b>Kudzu</b>	$1,0 \times 10^6$	$7,2 \times 10^6$	$5,0 \times 10^4$	$1,7 \times 10^6$	$4,6 \times 10^4$	$1.0 \times 10^3$
<b>Mucuna</b>	$1.9 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	$3.9 \times 10^4$	$5.7 \times 10^3$	$6.1 \times 10^4$	$1.1 \times 10^3$
<b>Maní forrajero</b>	$7.5 \times 10^5$	$4.2 \times 10^6$	$5.9 \times 10^4$	$1.5 \times 10^4$	$1.1 \times 10^5$	$8.1 \times 10^2$
<b>Clitoria</b>	$9,5 \times 10^5$	$8,3 \times 10^6$	$2,1 \times 10^4$	$1,1 \times 10^6$	$2,9 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$
<b>Canavalia</b>	$1.0 \times 10^7$	$1.9 \times 10^6$	$4.5 \times 10^4$	$0.0 \times 10^0$	$6.8 \times 10^4$	$1.9 \times 10^3$
<b>Centrosema</b>	$1.0 \times 10^8$	$4.1 \times 10^6$	$4.7 \times 10^4$	$4.9 \times 10^4$	$7.8 \times 10^4$	$2.1 \times 10^3$

Fuente: ANCUPA-CISPAL

**Torres, (2012).** Se llevó a cabo una investigación, en la finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km. 7 de la Vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.

Los objetivos fueron Determinar la población microbiana en la asociación de pastos con leguminosas mediante la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal y como objetivo específico Inocular las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal: *Azotobacter chroococum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter beijerinckii paspali* y *Pseudomona fluorescens* en las asociaciones gramíneas-leguminosas en estudio, utilizando un diseño completamente al Azar (DCA) con dos asociaciones de gramíneas, cinco inoculantes y dos edades de cosecha.

En lo que corresponde a la interacción del pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se puede observar que hay interacción a los 60 días en la asociación Saboya + Kudzu y Saboya + Clitoria con el inoculante *A. chroococum* 46.33; 48.00 cm seguido del inoculante *P. fluorescens* con 45.00 y 46.00 cm de la longitud de raíz leguminosa; en lo referente a la interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se puede observar que hay interacción a los 45 y 60 en la asociación Saboya + Kudzu y Saboya + Clitoria con el inoculantes *A. chroococum* con (60.00; 61.17 cm) y (66.50; 68.33 cm) seguido con el inoculante *A. vinelandi* con 53.50 y 55.00 a los 60 días de la longitud de raíz pasto.

Se puede observar que dentro de los resultados obtenidos en la Interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se refleja una fuerte interacción en la asociación Saboya + Kudzu y Saboya + Clitoria a los 45 y 60 días con el inoculante *A. chroococum* (5.17; 5.50 y 8.20; 8.50 g) seguido del inoculante *A. beijerindi* (13.17 y 13.40 g) y el inoculante Testigo (8.67 y 8.95 g) a los 60 días del peso raíz leguminosa; y su vez en la Interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad refleja interacción en la asociación Saboya + Kudzu y Saboya + Clitoria a los 60 días con el inoculante *P. fluorescens* con 77.13 y 84.90 g. de lo que corresponde al peso de raíz pasto.

**Herrera, (2012).** Realizo su investigación en la finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo tuvo una duración de 60 días tuvo como objetivos Determinar la población microbiana en la asociación de pastos con leguminosas mediante la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal. Inocular las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal: *Azotobacter chroococum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter beijerinckii paspali* y *Pseudomona fluorecens* en las asociaciones gramíneas-leguminosas en estudio, utilizando un diseño completamente al Azar (DCA) con dos asociaciones de gramíneas, cinco inoculantes y dos edades de cosecha.

En lo que corresponde la interacción del pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se puede observar que hay interacción a los 60 días en la asociación Brachiaria + Kudzu y Brachiaria + Clitoria con el inoculante *A. chroococum* y *A. vinelandii* (32.67; 35.33 cm) y (37.67; 39.33 cm); en lo referente a la interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se puede observar que hay interacción a los 60 días en la asociación Brachiaria + Kudzu y Brachiaria + Clitoria con el inoculantes *A. vinelandii* con 38.67 y 42.00 cm; a los 45 días con los inoculantes *A. beijerinki* (25.67 y 28.50 cm) y testigo (27.67 y 30.00 cm).

Se puede observar que dentro de los resultados obtenidos en la Interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad se refleja una fuerte interacción en la asociación Brachiaria + Kudzu y Brachiaria + Clitoria con el inoculante testigo con 7.07 y 7.20 g. a los 45 y 60 días; en la Interacción Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad refleja similitud estadística en la asociación Brachiaria + Kudzu y Brachiaria + Clitoria a los 45 días con el inoculante *A. vinelandii* con 23.17 y 33.47 g; y su vez en los Pasto + Leguminosa x inoculantes x edad del peso forraje leguminosa hay interacción en la asociación Brachiaria + Kudzu y Brachiaria + Clitoria a los 60 días con el inoculante *P. fluorescens* con 9.18 y 10.40 g.

En los análisis bromatológicos los mayores niveles de proteína a los 45 días se reportan en la Brachiaria decumbens + Clitoria + el inoculante *P fluorescens* con

13.20% de proteína para la asociación *Brachiaria decumbens* + Kudzu + *A. beijerinki* se reportó con 9.37% de proteína.

A los 60 días *Brachiaria* + *Clitoria* + *A. chroococum* presentan el nivel de proteína más alto con 14.37% y en la asociación *Brachiaria* + Kudzu + *A. beijerinki* reportan el valor de 9.40%.

Los análisis microbiológicos de las asociaciones pasto-leguminosa estudiadas se realizaron en los laboratorios de CISPAL - ANCUPA. En los análisis de poblaciones totales quien obtuvo los mejores resultados reflejados en bacteria es para el pasto *Brachiaria* + Leguminosa con  $9.7 \times 10^5$  a los 45 días; seguido de la población de hongos en el cual se demuestra el mejor resultado en la asociación *Brachiaria* + Leguminosa + *A. beijerinki* con  $9.4 \times 10^5$  a los 45 días; en lo que corresponde a la población Actinomicetes reporta excelente resultados a los 60 días con  $6.5 \times 10^5$ .

Mientras que en el grupo funcionales en lo referente a los Solubilizadores sus mejores resultados se refleja en la asociación *Brachiaria* + Leguminosa + *A. vinelandi* con  $5.7 \times 10^2$  a los 45 días; mientras que en el grupo Celulolíticos en la asociación *Brachiaria* + Leguminosa + *P.fluorescens* a los 45 días con  $8.4 \times 10^3$ ; en lo referente a los Fijadores de N de vida libre sus mejores resultados son para la asociación *Brachiaria* + Leguminosa + *P.fluorescens* a los 60 días

**Zambrano, (2008).** La investigación se realizó en la Finca Experimental “La María” de la UTEQ en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, su respectivo análisis se efectuó en el laboratorio de Microbiología de la UTEQ.

Se utilizaron seis tratamientos (suelos con diferentes sistemas de manejo) con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 6.00 m de largo por 5.00 de ancho. Con características homogéneas que permitieron comparar los diferentes usos de la tierra. Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, para establecer las parcelas de donde se obtuvo las muestras de suelo.

Los resultados obtenidos fueron: En el análisis microbiológico del suelo en Grupos totales conformado por Bacterias ( $2.04 \times 10^6$ ), Actinomicetes ( $1.26 \times 10^7$ ) y hongos ( $3.02 \times 10^4$ ). Los grupos funcionales compuestos por: celulolíticos ( $1.48 \times 10^6$ ), solubilizadores de fosforo ( $1.41 \times 10^5$ ) y fijadores de nitrógeno asimbiótico ( $4.90 \times 10^7$ ) en mucuna.

**Palomo, (2014).** La presente investigación “Adaptabilidad y valor nutricional de las leguminosas kudzu (*pueraria phaseoloides*), Centrosema (*Centrosema acutifolium*), Mucuna (*Mucuna pruriens*) en el campo experimental la playita UTC – La Maná”, los objetivos que se persiguieron fueron: Establecer el comportamiento y la productividad de las leguminosas rastreras. Determinar el valor nutricional de las leguminosas rastreras. En el ensayo se aplicó el diseño que se utilizó es un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y seis repeticiones y dos plantas como unidad experimental. Los resultados fueron: En altura de planta, biomasa forrajera y peso de raíz en incremento destaco la leguminosa centrosema (82.54 cm, 147.65 y 4.80 g); en la variable nódulos kudzu logra su mayor valor (23.67) y la leguminosa mucuna obtiene sus mayores valores en las variables: biomasa forrajera, longitud de raíz y peso de raíz a los 75 días (179.12 g; 46.06 cm y 10.99 g). En el análisis bromatológico realizado a los 45 días en la presente investigación se pudo observar que la leguminosa que obtienes los mayores porcentajes en humedad, Proteína y grasa, es Mucuna con 74.68, 18.12 y 12.70% respectivamente. Centrosema obtiene los mayores valores en Materia seca y E.L.N.N. con 45.40 y 36.94% en su orden. Y la leguminosa Kudzu expresa los mayores valores en Ceniza y Fibra. con 11.64 y 36.90%.

A los 75 días en el análisis bromatológico o valor nutricional, la humedad, ceniza, fibra y E.L.N.N. fueron representadas con el mayor valor por la leguminosa Kudzu con 73.95, 14.71, 29.70 y 46.72% en su orden; en tanto Centrosema actúa con los mayores porcentajes en materia seca y grasa con 67.62 y 3.01% respectivamente; finalmente Mucuna expone el mayor porcentaje de proteína con 22.29%.

## CAPITULO II

### DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

#### 2.1. Localización y duración de la investigación

Esta investigación se realizó en campo experimental “La Playita” coordenadas geográficas 1° 6´ 0” S latitud; y 79° 27´ 42” W longitud con una altitud de 120 m.s.n.m. perteneciente al Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

La investigación tuvo una duración de 120 días de trabajo de campo, 75 días de trabajo experimental y 45 días de establecimiento del ensayo.

#### 2.2. Condiciones agro meteorológicas

**CUADRO 8. CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y AGROECOLÓGICAS DEL CENTRO EXPERIMENTAL “LA PLAYITA”.**

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>
Altitud (m.s.n.m.)	220,00
Temperatura media anual (°C)	23,00
Humedad relativa (%)	82,00
Precipitación media anual (mm.)	1000 - 2000
Heliofanía (horas sol año)	757,00
Evaporación promedio anual	730, 40

**Fuente:** Estación meteorológica INHAMI – Hacienda San Juan.2014

## 2.3. Diseño metodológico

### 2.3.1. Tipo de investigación

En la investigación se utilizó el estudio de correlación ya que fomentan las variables en el estudio tanto en Comportamiento agronómico y valor nutricional de las leguminosas Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Centrosema (*Centrosema acutifolium*), Mucuna (*Mucuna pruriens*) en el campo experimental La Playita UTC – La Maná.

### 2.3.2. Metodología

Se utilizó el método Inductivo - Deductivo

El método inductivo, es un proceso analítico – sintético, mediante el cual se parte del estudio de las cosas, hechos o fenómenos particulares para llegar al descubrimiento de un principio o ley general que los rige. Es decir que “va de lo particular a lo general”.

El método deductivo por el contrario permitió partir de ideas o conceptos generales que llevan a definir las particularidades. Es decir que “va de lo general a lo particular”.

## 2.4. Factores bajo estudio

Los factores bajo estudio en la presente investigación fueron:

<b>Factor A = Leguminosa</b>	<b>Factor B = Inoculante</b>	<b>Factor C = Sitio</b>
L1 = Kudzu	I1 = <i>Azotobacter chroococum</i>	S1 = Funda
L2 = Centrosema	I2 = <i>Pseudomonas fluorescens</i>	S2 = Suelo
L3 = Mucuna		

De la unión de los factores se obtuvo los tratamientos:

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
T1	Kudzu + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda
T2	Kudzu + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo
T3	Kudzu + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo
T4	Kudzu + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda
T5	Centrosema + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda
T6	Centrosema + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo
T7	Centrosema + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo
T8	Centrosema + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda
T9	Mucuna + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda
T10	Mucuna + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo
T11	Mucuna + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo
T12	Mucuna + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda

## 2.5. Diseño experimental

El diseño que se utilizó es un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial tres leguminosas con dos inoculantes con dos sitios con tres repeticiones.

### CUADRO 9. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

<b>Fuente de variación</b>		<b>G. L</b>
Tratamientos	t-1	11
Error	t(r-1)	24
<b>Total</b>	<b>t.r - 1</b>	<b>35</b>

La metodología que se utilizó en la investigación se basó en aspectos técnicos basados con los procedimientos y métodos relacionados con las siguientes etapas:

## 2.6. Unidad de estudio

### 2.6.1. Población universo

La unidad experimental estuvo conformada por dos plantas por repetición y tratamientos.

### 2.6.2. Tamaño real de la muestra

El tamaño total de la muestra es de 72 plantas.

Trat.	Combinación	UE	Repetición	Total
1	Kudzu + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda	2	3	6
2	Kudzu + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo	2	3	6
3	Kudzu + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo	2	3	6
4	Kudzu + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda	2	3	6
5	Centrosema + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda	2	3	6
6	Centrosema + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo	2	3	6
7	Centrosema + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo	2	3	6
8	Centrosema + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda	2	3	6
9	Mucuna + <i>Azotobacter chroococum</i> + funda	2	3	6
10	Mucuna + <i>Azotobacter chroococum</i> + suelo	2	3	6
11	Mucuna + <i>Pseudomona fluorecens</i> + suelo	2	3	6
12	Mucuna + <i>Pseudomona fluorecens</i> + funda	2	3	6
<b>Total</b>				<b>72</b>

### ***2.6.3. Criterios de selección de la muestra***

Para la selección de la muestra se tomaron las dos plantas por cada tratamiento y repetición una de las plantas se la utilizó para los análisis bromatológicos y la otra para el análisis microbiológico.

## **2.7. Variables a evaluar**

### ***2.7.1. Biomasa forrajera (BF)***

Para esta variable se consideró el peso de las unidades experimentales después de haber realizado el corte de cada una de las leguminosas.

### ***2.7.2. Longitud de la raíz (cm)***

Se procedió a tomar el largo de raíz de las plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte.

### ***2.7.3. Peso de raíz (g)***

Se pesaron las raíces, de las plantas de cada tratamiento y frecuencia de corte con la ayuda de una balanza se tomaron los datos en gramos.

### ***2.7.4. Análisis microbiológico***

Para realizar el análisis microbiológico y registrar el número de bacterias y hongos en unidades formadoras de colonias (UFC) se empleó AGAR en las disoluciones de  $10^4$   $10^5$  y  $10^6$ .

### ***2.7.5. Análisis bromatológico***

Una vez recolectadas las muestras se procedieron a lavar, enfundar y etiquetar para ser enviada a los laboratorios de AGROLAB para su respectivo análisis bromatológico.

## **2.8. Interpretación de los resultados**

Los cálculos de tabulación de los datos levantados en el campo fueron procesados con los siguientes programas de computación, Microsoft Excel, la redacción de la tesis en Microsoft Word. Se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT para tabular resultados y la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad.

## **2.9. Manejo específico del ensayo**

Durante el ensayo, se efectuó todas las prácticas necesarias y labores culturales que se dan en el cultivo, para lograr un normal desarrollo del mismo.

En la investigación se realizó un análisis de suelo el cual nos dio los resultados para conocer en qué estado se encontró el suelo. Se realizó el llenado de fundas con el suelo del Centro Experimental La Playita, la siembra se realizó por medio de material de las variedades de leguminosas plantando por cada funda dos plantas, periódicamente se realizaron los controles de malezas efectuados de forma manual separando las malezas de las leguminosas en estudio. Los inoculantes se colocaron al inicio de la siembra 15 y 30 días posteriores a la siembra tanto en fundas como en suelo.

Una vez establecidas las variedades de leguminosas se procedió a tomar los datos experimentales a partir de los 45 días y consistió en la separación de la parte radicular de la biomasa forrajera y se procedió a pesar cada una de las partes: biomasa forrajera (BF), longitud de la raíz (cm), peso de la raíz (g), morfoespecies, poblaciones totales y grupos funciones, Composición química y valor nutritivo 45 y 75 días.

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1. Efecto simple

##### *3.1.1. Altura de planta (cm)*

En altura de planta a los 45, 60 y 75 días la leguminosa centrosema es la que obtiene el mayor valor con 35.56, 48.84 y 60.80 cm en su orden. Siendo inferior ante los resultados expresados por **Palomo, (2014)**. Quien en su investigación logró 82,54 cm de altura a los 75 días en la misma leguminosa. En los inoculantes a los 45, 60 y 75 días en *Azotobacter chroococum* se logró 30.04, 41.54 y 55.94 cm de altura. El sitio más óptimo para el crecimiento de las plantas fue en funda quien obtuvo 28,42; 39,47 y 53,72 cm en las edades estudiadas.

**CUADRO 10. ALTURA DE PLANTA (cm.) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

Tratamientos Leguminosa	Altura de planta (cm.)		
	45 días	60 días	75 días
Kudzu	19,00 c	30,46 c	41,25 c
Centrosema	35,56 a	48,84 a	60,80 a
Mucuna	30,33 b	37,76 b	53,77 b
<b>Inoculante</b>			
<i>Azotobacter chroococum</i>	30,04 a	41,54 a	55,94 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	26,56 b	36,49 b	47,93 b
<b>Sitio</b>			
Funda	28,42 a	39,47 a	53,72 a
Suelo	28,18 a	38,57 a	50,16 b
<b>CV (%)</b>	<b>11,09</b>	<b>12,09</b>	<b>6,25</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

### 3.1.2. Largo de raíz (cm.) y número de nódulos

El largo de raíz más destacado lo obtiene Mucuna con 34,83 cm y el mayor número de nódulos se encuentra en kudzu con 29,85. Considerando que **Palomo, (2014)**. Obtiene mayores resultados con 46.06 cm en largo de raíz con la misma leguminosa a los 75 días.

*Pseudomonas fluorescens* es el inoculante que destaca en largo de raíz y en el número de nódulos 32,58 cm y 24,07. Mientras que el sitio más adecuado para estas variables fue el suelo indicado 31,44 cm y 24,31 en su orden. Siendo inferior ante lo reportado por **Briones, (2012)**. quien en su investigación obtuvo 55.37 cm de largo de raíz en mucuna sin utilizar rizobacterias, la investigación fue realizada en la finca La María del cantón Quevedo.

**CUADRO 11. LARGO DE RAÍZ (cm.) Y N. NÓDULOS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

Tratamientos	Largo de raíz (cm)	N. Nódulos
Kudzu	25,02 b	29,85 a
Centrosema	32,32 ab	27,09 a
Mucuna	34,83 a	11,75 b
<b>Inoculante</b>		
<i>Azotobacter chroococum</i>	28,87 a	21,73 b
<i>Pseudomona fluorecens</i>	32,58 a	24,07 a
<b>Sitio</b>		
Funda	30,01 a	21,48 b
Suelo	31,44 a	24,31 a
<b>CV (%)</b>	<b>30,88</b>	<b>13,94</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) según la Prueba de Tukey

### 3.1.3. Peso de raíz (cm.) y Biomasa forrajera ( $g m^2$ )

La leguminosa resaltante en peso de raíz y biomasa forrajera es mucuna expresando 4.13g y 43,33  $g m^2$ . Resultados inferiores frente a los presentados en mucuna por **Palomo, (2014)**. Mismo que alcanzó 10.99 g en peso de raíz.

En peso de raíz el inoculante que presento el mayor valor fue *Azotobacter chroococum* con 3,77 g y en biomasa forrajera lo obtuvo *Pseudomona fluorecens* con 27,49  $g m^2$ . El sitio vario según su variable, peso de raíz en funda logró 3,45 g y biomasa forrajera en suelo describe 27,22  $g m^2$ . Siendo inferior ante lo investigado por **Briones, (2012)**. Encontrando en su estudio valores superiores

con mucuna 8.95 g en peso de raíz. Y menor que Ludeña, (2011) obteniendo 14,60 g en kudzu.

**CUADRO 12. PESO DE RAÍZ (g.) Y BIOMASA FORRAJERA (g m<sup>2</sup>) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso de raíz (g.)</b>	<b>Biomasa forrajera (g m<sup>2</sup>)</b>
Kudzu	3,37 a	18,63 b
Centrosema	2,71 a	18,00 b
Mucuna	4,13 a	43,33 a
<b>Inoculante</b>		
<i>Azotobacter chroococum</i>	3,77 a	25,81 a
<i>Pseudomona fluorecens</i>	3,04 a	27,49 a
<b>Sitio</b>		
Funda	3,45 a	26,08 a
Suelo	3,36 a	27,22 a
<b>CV (%)</b>	<b>46,87</b>	<b>62,75</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) según la Prueba de Tukey

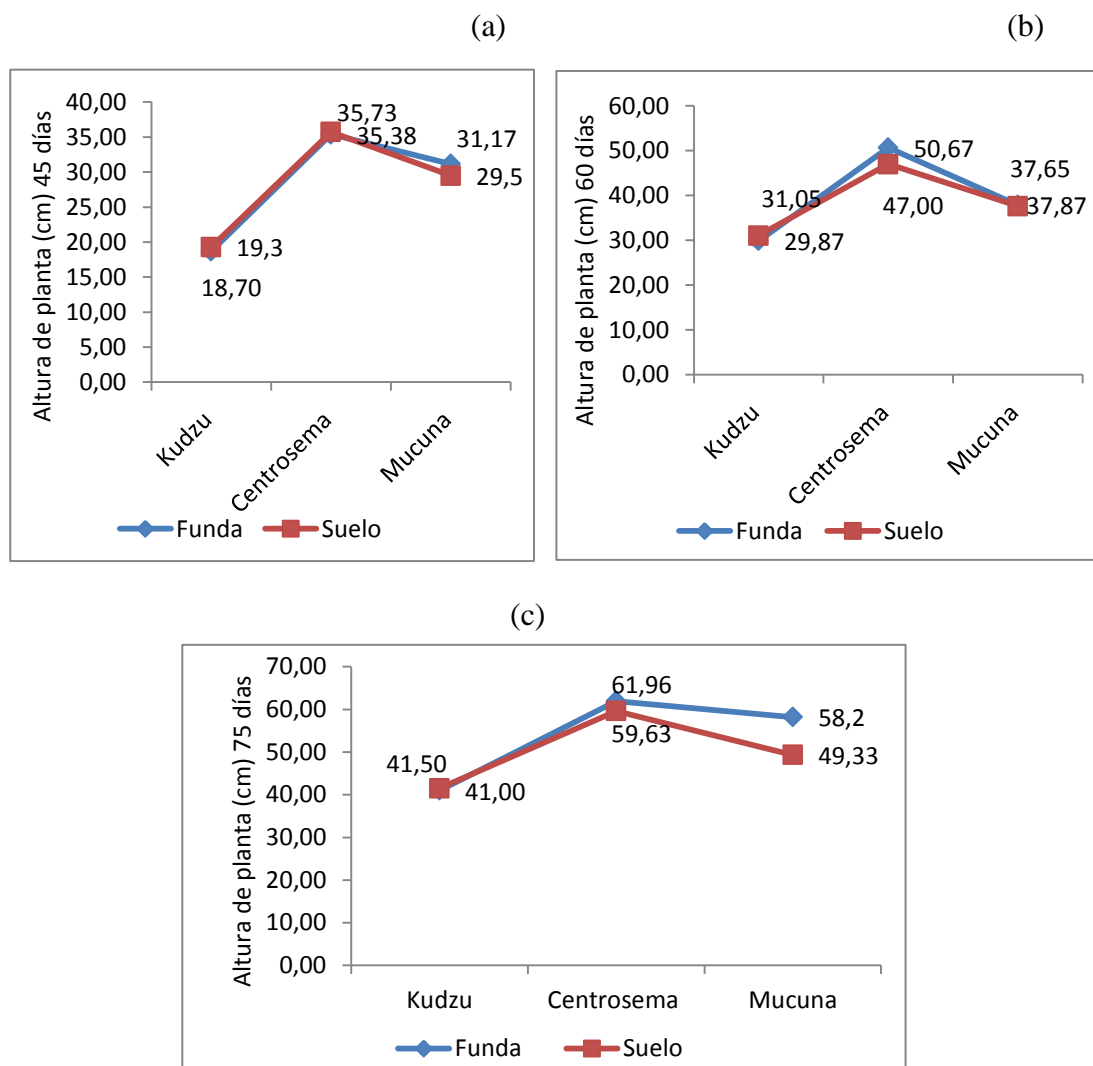
## **3.2. Efecto de interacción**

### **3.2.1. Interacción en altura de planta por leguminosas a los 45, 60 y 75 días**

A los 45 días existe interacción entre las leguminosas kudzu, centrosema y mucuna, tanto en funda como en suelo obteniendo así los valores respectivos 18,70 y 19,30 cm en kudzu; 35,38 y 35,73cm en centrosema obteniendo las alturas mayores, finalmente mucuna expresa 31,17 y 29,50 cm.

Los 75 días interactúan en cada una de las leguminosas estudiadas en funda y suelo con 29,87 y 31,05 cm en kudzu; centrosema 50,67 y 47,00 cm y mucuna con 37,65 y 37,87 cm.

A los 75 días se describe interacción en las leguminosas evaluadas kudzu y centrosema en funda y suelo describiendo sus valores de la siguiente manera, kudzu 41,00 y 41,50 cm y centrosema 61,96 y 59,63cm. **Figura 1.**

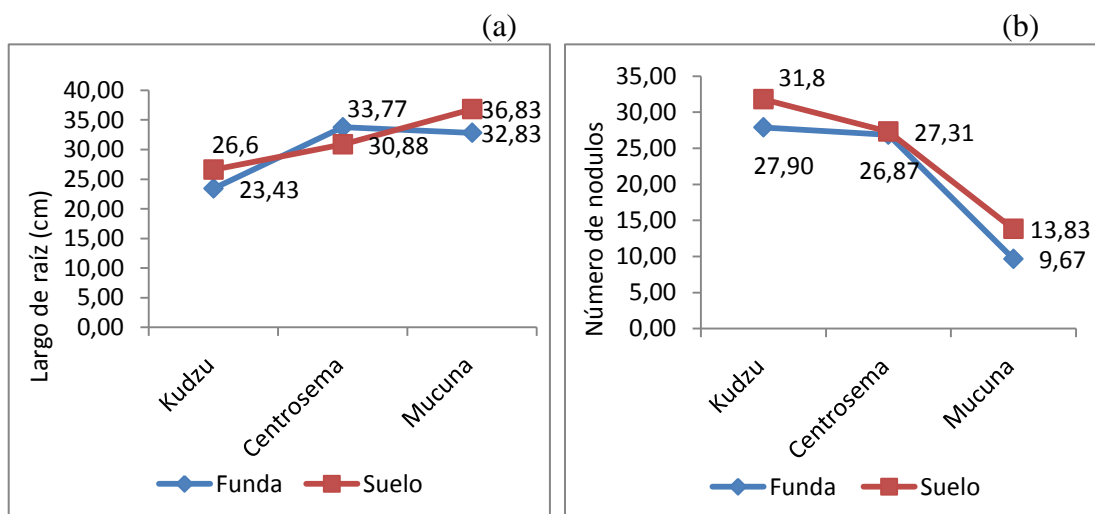


**FIGURA 1. INTERACCIÓN DE ALTURA DE PLANTA A LOS 45 (a), 60 (b) Y 75 (c) DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

### 3.2.2. Interacción en largo de raíz (cm) y número de nódulos por leguminosas

El largo de raíz interactúa con menor proporción las leguminosas kudzu con 23,43 y 26,60 cm; centrosema 33,77 y 30,88; mucuna con 32,83 y 36,83 cm en funda y suelo.

En los números de nódulos la mayor interacción de leguminosa en funda y suelo se presenta en centrosema con 26,87 y 27,31 indicando su mayor valor en kudzu con 31,80 en suelo. **Figura 2.**

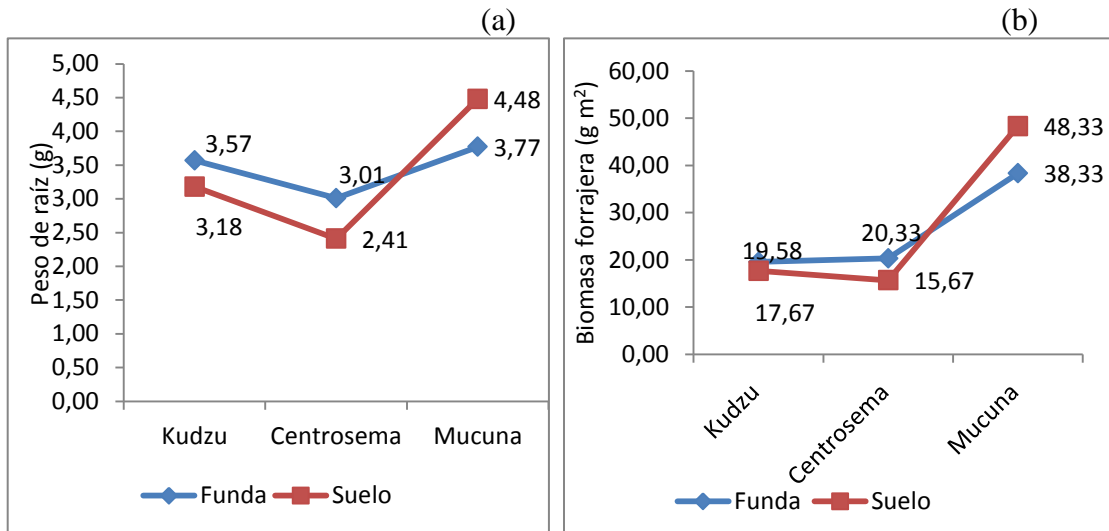


**FIGURA 2. INTERACCIÓN DE LARGO DE RAÍZ (cm) (a) Y NÚMERO DE NÓDULOS (b) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

### 3.2.3. Interacción en peso de raíz (g) y biomasa forrajera ( $g\ m^2$ ) por leguminosas

El peso de raíz en la leguminosa kudzu interactúa con 3,37 y 3,18 g, siendo su valor más alto en mucuna con 4,48 en suelo.

La biomasa forrajera presenta su mayor índice de interacción en kudzu con 19,58 y 17,67  $g\ m^2$ . Presentando su el mayor valor alcanzado en mucuna con 48,33  $g\ m^2$  en el suelo. **Figura 3.**



**FIGURA 3. INTERACCIÓN DE PESO DE RAÍZ (g) (a) Y BIOMASA FORRAJERA (gm<sup>2</sup>) (b) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

### **3.3. Análisis microbiológico de Contenido Aerobios totales (UFC) de las leguminosas.**

#### **3.3.1. Hongos y levadura**

En los hongos y levaduras en diluciones la leguminosa mucuna es la que obtuvo el mayor promedio en la dilución de  $10^6$  con 61,11 y el promedio se comprende en la leguminosa mucuna con  $2,30 \times 10^7$  UFC/cm<sup>3</sup>. Indicando la presencia de diferencia estadística en la variable mencionada. (Cuadro 13).

En relación al inoculante el mayor número de hongos y levaduras se presenta en la *Pseudomonas fluorescens* con  $1,64 \times 10^7$  en las edades de 45 y 75 días con  $1,60 \times 10^7$  UFC/cm<sup>3</sup> (Cuadro 13)

**CUADRO 13. HONGOS Y LEVADURAS EN AEROBIOS TOTALES (UFC) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

Leguminosas	Diluciones			Promedio UFC /cm <sup>3</sup>
	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	
Kudzu	158,56 a	77,44 ab	20,56 c	9,96 x 10 <sup>6</sup>
Centrosema	118,11 b	81,67 a	34,50 b	1,46 x 10 <sup>7</sup>
Mucuna	142,78 ab	65,61 b	61,11 a	2,30 x 10 <sup>7</sup>
<b>Inoculante</b>				
<i>Azotobacter chroococum</i>	148,70 a	74,96 a	36,74 a	1,52 x 10 <sup>7</sup>
<i>Pseudomona fluorecens</i>	130,93 a	74,85 a	40,70 a	1,64 x 10 <sup>7</sup>
<b>Edad (días)</b>				
45	144,11 a	77,44 ab	38,89 a	1,60 x 10 <sup>7</sup>
60	164,17 a	81,67 a	36,78 a	1,55 x 10 <sup>7</sup>
75	111,17 b	65,61 b	40,50 a	1,60 x 10 <sup>7</sup>
<b>CV (%)</b>	<b>27,85</b>	<b>23,55</b>	<b>40,34</b>	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) según la Prueba de Tukey

**Fuente : Laboratorio de Microbiología de la UTEQ**

### 3.3.2. Bacterias

Las bacterias aerobios totales encuentran su mayor valor con la leguminosa mucuna en la dilución de 10<sup>6</sup> con 24,67; siendo su promedio máximo logrado en la misma leguminosa con 9,65 x 10<sup>6</sup> UFC/cm<sup>3</sup>. Indicando la presencia de diferencia estadística en la variable mencionada.

El inoculante *Azotobacter chroococum* presentó el mayor promedio de bacterias aerobicas con 8,00 x 10<sup>6</sup>, en la edad de 45 días con 7,84 x 10<sup>6</sup> (Cuadro 14)

**CUADRO 14. BACTERIAS AEROBIOS TOTALES (UFC) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ**

Leguminosas	Diluciones			Promedio UFC /cm <sup>3</sup>
	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	
Kudzu	58,00 a	26,17 b	16,78 b	6,65 x 10 <sup>6</sup>
Centrosema	36,00 b	20,44 b	12,50 c	4,96 x 10 <sup>6</sup>
Mucuna	62,72 a	36,61 a	24,67 a	9,65 x 10 <sup>6</sup>
<b>Inoculante</b>				
<i>Azotobacter chroococum</i>	60,89 a	30,63 a	20,33 a	8,00 x10 <sup>6</sup>
<i>Pseudomona fluorecens</i>	43,59 b	24,85 a	15,63 b	6,18 x 10 <sup>6</sup>
<b>Edad (días)</b>				
45	63,33 a	29,67 a	19,94 a	7,84 x 10 <sup>6</sup>
60	56,50 a	29,50 a	18,11 ab	7,20 x 10 <sup>6</sup>
75	36,89 b	24,06 a	15,89 b	6,22 x 10 <sup>6</sup>
<b>CV (%)</b>	<b>34,06</b>	<b>43,14</b>	<b>26,13</b>	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) según la Prueba de Tukey

Fuente : Laboratorio de Microbiología de la UTEQ

### 3.4. Análisis bromatológico

Al realizar los análisis bromatológicos podemos apreciar que la leguminosa kudzú con el inoculante *A. chroococum* a los 45 días obtiene el mayor nivel de proteína con 21,70 % seguido de la mucuna y centrosema con el inoculante *P. fluorecens* a los 45 días con 20,54 y 20,45% respectivamente. (Cuadro 15), siendo superior ante los resultados indicados por Palomo, (2014), obteniendo 7.50% en proteína en kudzu. Por lo que se acepta la hipótesis “**El valor nutritivo de la leguminosa Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), inoculada con *Azotobacter chroococum* será superior en las dos edades de cosecha**”.

**CUADRO 15. ANALISIS BROMATOLOGICO DE LAS LEGUMINOSAS UTILIZADAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

Leguminosa	Inoculante	Edad	Humedad	Proteína	Grasa (%)	Ceniza	Fibra	E.L.N.N.
Kudzu	<i>A. chroococum</i>	45	65,50	21,70	7,40	12,20	33,00	25,70
		75	77,90	18,00	6,20	8,30	20,30	47,20
	<i>P. fluorecens</i>	45	82,30	20,15	10,6	11,91	32,21	25,13
		75	65,48	15,90	7,33	7,20	24,72	44,85
Centrosema	<i>A. chroococum</i>	45	68,60	15,67	3,80	10,40	39,50	30,63
		75	73,66	16,84	11,20	8,37	32,10	31,49
	<i>P. fluorecens</i>	45	72,90	20,45	2,80	9,68	38,45	28,62
		75	75,70	18,15	6,70	7,10	34,80	33,25
Mucuna	<i>A. chroococum</i>	45	71,90	19,12	10,00	7,28	25,90	37,70
		75	75,32	17,90	12,15	8,75	32,49	28,71
	<i>P. fluorecens</i>	45	77,20	20,54	13,22	9,10	27,87	29,27
		75	70,73	18,30	7,13	8,49	31,90	34,18

Fuente: Laboratorios AGROLAB

## CONCLUSIONES

Las leguminosas *Centrosema* altura de planta a los 90 días (60.80 cm) y *Mucuna* en largo de raíz (34.83 cm.), peso de raíz (4.13 g.) y biomasa forrajera (43.33 g m<sup>2</sup>.) obtienen mayores valores en esta investigación en sus diferentes variables evaluadas.

El inoculante más destacado en la investigación fue *Azotobacter chroococum* demostrando los mejores parámetros en altura de planta a los 45, 60 y 75 días (30.04, 41.54 y 55.94 cm.), peso de raíz (3.77 g.).

El mayor número de nódulos se presenta en la leguminosa kudzu.

El sitio más apto para realizar las siembras es en el suelo.

El mayor nivel de proteína se presenta en la leguminosa kudzu más rizobacterias como promotores de crecimiento vegetal para la fijación de nitrógeno atmosférico ya que estimula los niveles de proteína (20 - 21 %) en relación a la planta sin rizobacterias (6 - 7%).

## RECOMENDACIONES

Cultivar leguminosa centrosema y mucuna para lograr los mayores valores en las variables.

La utilización del inoculante *Azotobacter chroococum* por obtener los valores más relevantes, en altura de planta a los 45, 60 y 75 días (30.04, 41.54 y 55.94 cm.), peso de raíz (3.77 g.).

Utilizar la leguminosa kudzú para la fijación de nitrógeno atmosférico y por el alto nivel de proteína reportado.

## CAPITULO IV.

### REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Andresson, A. J.; Rodríguez, P. y Gedes, E. Efecto de la inoculación con Azotobacter y MVA en vitroplantas de ñame (*Dioscorea alata*). II Taller sobre biofertilización en los trópicos. 16-18 de noviembre. La Habana. Cultivos Tropicales 15 (3). 2006: 66. (<http://www.nap.edu/readingroom/books/bnf/chapter1.html>).
- Agrosemillas Huayamallo. (2009). “Kudzú tropical”. Disponible en: <http://www.huallamayo.com.pe/kudzu.htm>. Consultado el 13 de abril del 2010.
- Arias C. 2007. “Suelos tropicales”. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Págs. 70-73.
- Atlas R y Bartha R. 2006. Ecología microbiana y microbiología ambiental.
- Bowen, Gd y Rovira, AD 2009. La rizosfera y su gestión para mejorar el crecimiento de las plantas. Adv. Agron. 66:1-102.
- Briones, C 2012 Comportamiento agronómico y valor nutricional de seis leguminosas rastreras en el cantón Quevedo Tesis de grado Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Estudios a Distancia Carrera Ingeniería Agropecuaria Quevedo – Ecuador 75 p.

- Buckles, D., Triomphe, B., Sain, G. (2009). Los cultivos de cobertura en la agricultura en laderas: Innovación de los agricultores con mucuna. IDRC/CRDI:CIID-Montevideo, Uruguay. 230p. Consultado 14 de marzo del 2001. Disponible en: <http://www.idrc.ca/book/focus/881/chap01.html>.
- Calispa, F; Muñoz J. (2007). Reflexiones sobre desarrollo y agricultura en Ecuador. In: Agroecología tres opciones sustentables. CEA. Quito Ecuador. 150p.
- Clavero (2008) “Canavalia Ensiformis”. Disponible en [www.betuco.be/agroforestry/Canavalia%20ensiformis.pdf](http://www.betuco.be/agroforestry/Canavalia%20ensiformis.pdf). Consultado el 15 de marzo del 2011
- Ceba. (2006). “Kudzú Tropical (Pueraria Phaseloides)”. Disponible en: <http://www.ceba.com.co/kudzu.htm>. Consultado el 17 de abril del 2010.
- Del Castillo, P. A. Y Montes de Oca, F. Efecto del uso de bacterias solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno sobre el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum*). II Taller sobre biofertilización en los trópicos. 16-18 de noviembre. La Habana. Cultivos Tropicales 15 (3). 2005: 67.
- Días, A.; Pérez, C.; Suárez, Claribel y Sánchez, C. Efecto de distintas combinaciones de micorrizas arbusculares (MA) y *Azotobacter chroococcum* sobre diferentes sustratos en la producción de cafeto (*Coffea arabica* L.). XII Seminario Científico, Programa y Resúmenes. 14 -17 noviembre. La Habana. INCA 2009: 116.
- Especies Forrajeras Multipropósito (2008) “*centrosema pubensis*” leguminosa herbácea disponible en: [www.tropicalforages.info/.../Centrosema\\_pubescens.htm](http://www.tropicalforages.info/.../Centrosema_pubescens.htm)

- Gamazo C., López I, y Díaz R. 2005. Manual práctico de Microbiología. Editorial Masson. Barcelona – España.
- García, O.; Hernández. J.C.; Molineros. A.D. (2006). Los Abonos verdes una alternativa para controlar malezas en el cultivo de maíz.
- González, Rayza; Domínguez, Q.; Expósito, L. A.; González, J. L.; Martínez, Teresa e Hidalgo, M. Efecto de diferentes cepas de *Azotobacter* sp. en el crecimiento y desarrollo de vitroplantas de piña (*Annona comosus*) durante la fase de adaptación. II Taller sobre biofertilización en los trópicos. 16-18 de noviembre. La Habana. Cultivos Tropicales 15 (3). 2006: 66.
- Haynes, W.C., Wickerham, L.J. y Hesseltine, C.W. (2005), Maintenance of cultures of industrially important microorganisms. *Appl. Microbiol.* 3, 361-368.
- Herrera, G 2012 Empleo de rizobacterias como promotores de crecimiento vegetal en la asociación del pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*) con kudzu (*Pueraria phaseoloides* y clitoria (*Clitoria ternatea*) Tesis de grado Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Estudios a Distancia Carrera Ingeniería Agropecuaria Quevedo – Ecuador 61 p
- Höfflich, G.; Wieke, W. y Küha, G. Plant growth stimulation by inoculation with symbiotic and associative rhizosphere microorganisms. *Experientia* 50. 2005: 897-905. (<http://zea.chapingo.mx/somefi/RFM/20-1-es.html#Art4>).
- Jiménez A. 2007. Suelos tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José. San José - Costa Rica. Págs. 70-73.
- Kloepper, JW 2008. Crecimiento de las plantas-la promoción de rizobacterias como agentes de control biológico. Páginas 255-274 en: Ecología

microbiana del suelo: Aplicaciones en Gestión Ambiental y Agrícola. Metting FB, Jr., ed. Marcel Dekker Inc., Nueva York, EE.UU.

Ludeña, C 2011 Comportamiento agronómico y valoración nutricional de kudzu tropical y (*Pueraria phaseloides*) y clitoria (*Clitoria ternatea*) Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Estudios a Distancia Carrera Ingeniería Agropecuaria Quevedo – Ecuador 58 p

Martínez-Viera, R.; Dibut, B.; Casanova, Irma y Ortega, Marisel. 2007. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre el semillero. *Agrotecnía de Cuba* 27 (1): 23.

Mayea, S.; Carone, Margarita; Novo, R.; Boado, Isabel; Silveira, E.; Soria, Miguelina; Morales, Yolanda y Valiño, A. 2008. Microbiología Agropecuaria. Tomo II. Ed. Félix Varela. La Habana. pp 156-178.

Navarro G. 2008. Química Agrícola. Editorial Mundi – prensa. Madrid - España. Pág. 204.

Palomo J. 2014. Adaptabilidad y valor nutricional de las leguminosas Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Centrosema (*Centrosema acutifolium*), Mucuna (*Mucuna pruriens*) en el Campo Experimenta “La Playita” UTC – La Maná. Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad Académica De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Carrera de Ingeniería Agronómica. Pp. 17, 49 y 50.

Peters J., Franco H., Schimdt A., Hincapié B. 2003. “Especies forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica”. Publicación CIAT No. 333.

- Pound, B. 2007. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América. Natural Resources Institute. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Disponible en <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Pound7.htm>.
- Puertas, Ana y González, L. M. Aislamiento de cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* en la provincia de Granma y evaluación de la actividad estimuladora en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Cultivos Tropicales* 20 (2). 2007: 5.
- Rodelas, María Belén; González, J.; Martínez, M. V.; Pozo, C. y Salmeron, V. 2007. Influence of *Rhizobium-Azospirillum* and *Rhizobium-Azotobacter* combined inoculation on mineral composition of faba bean (*Vicia faba* L.). En: (<http://193.146.205.198/sefin/Ecologia/Rodelas.html>).
- Rodríguez E., Gamboa M., Hernandez F. y García J. 2005. *Bacteriología general: principios y prácticas de Laboratorio*. Editorial Universidad de Costa Rica. Págs. 213-215 páginas.
- Roque, Adilén; Marrero, Virginia; Guzmán J.; Castillo, A. y Bueno, A. Respuesta de la yuca (*Manihot esculenta*) a la fertilización nitrogenada y combinación con biofertilizantes. Resultados preliminares. *Cultivos Tropicales* 15 (3). 2005: 66.
- Sánchez, C.; González, C.; Bustamante, C.; Rivera, R.; Fernández, F. y Herrera, R. Utilización de las Micorrizas VA y *Azotobacter* sp. en la producción de posturas de *Coffea arabica* L. II Taller sobre biofertilización en los trópicos. 16-18 de noviembre. La Habana. *Cultivos Tropicales* 15 (3). 2006: 69.
- Smith, RS 2007. inoculante nueva tecnología para satisfacer las cambiantes gestiones de las leguminosas. Páginas 621-622 en: *Fijación Biológica de*

Nitrógeno para el siglo 21. Elmerich C., A. Kondoros, y WE Newton, eds. Kluwer, Dordrecht, Países Bajos.

Sorensen, J. Jensen, LE, y Nybroe, O. 2009. Suelo y rizosfera como hábitat de inoculantes *Pseudomonas*: Los nuevos conocimientos sobre la distribución, actividad y estado fisiológico derivado de una sola célula estudios de escala y micro. Planta de suelo Págs.:97-108.

Stanier R, Ingraham J., Wheelis M., y Painter P. 2005. Microbiología. Editorial reverté. Págs. 67-68

Taiz L. y Zeiger E. Fisiología vegetal 2006. Publicaciones Universitat Jaume. Madrid –España. Págs. 516-517.

Torres, R. 2009. Inoculación combinada de *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli* y *Azotobacter chroococcum* en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*). Evento de Ciencia y Técnica, UCLV.

Torres, J 2012 Empleo de rizobacterias como promotores de crecimiento vegetal en la asociación del pasto saboya (*Panicum máximum*) con kudzú (*Phueraria phaseloides*) y clitoria (*Clitoria ternatea*) Tesis de grado Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Estudios a Distancia Carrera Ingeniería Agropecuaria Quevedo – Ecuador 99 p

Zambrano S 2008 Efecto de seis prácticas de manejo de cultivos en la dinámica poblacional de los principales grupos funcionales del suelo en el cantón Quevedo. Tesis de Postgrado Universidad Técnica Estatal de Quevedo Maestría en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible Quevedo – Ecuador 52 p

## **CAPITULO V.**

### **ANEXOS**

#### **ANEXO 1. FOTOS DE LA INVESTIGACIÓN**



**FOTO 1. PREPARACIÓN DEL SEMILLERO**



**FOTO 2. SIEMBRA DE LAS LEGUMINOSAS EN EL TERRENO**



**FOTO 3. RIEGO DE AGUA REALIZADO DE FORMA MANUAL**



**FOTO 4. ELABORACIÓN DE IDENTIFICACIONES**



**FOTO 5. CONTROL DE MALEZAS**



**FOTO 6. TOMA DE DATOS EN ALTURA DE PLANTA**



**FOTO 7. TOMA DE DATOS EN LA RAÍZ**

**ANEXO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 45 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	1719,69	2	860	87	0,00**
Inoculante	109,2	1	109	11	0,00**
Sitio	0,51	1	1	0	0,82ns
Leguminosa*Inoculante	132,91	2	66	7	0,00**
Leguminosa*Sitio	9,27	2	5	0	0,63ns
Inoculante*Sitio	1,91	1	2	0	0,66ns
Leguminosa*Inoculante*Sitio.	17,93	2	9	1	0,42ns
Error	236,21	24	10		
<b>Total</b>	<b>2227,63</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 60 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	2054,74	2	1027	46	0,00**
Inoculante	229,12	1	229	10	0,00**
Sitio	7,31	1	7	0	0,57ns
Leguminosa*Inoculante	425,04	2	213	10	0,00**
Leguminosa* Sitio	37,44	2	19	1	0,44ns
Inoculante* Sitio	9,84	1	10	0	0,51ns
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	37,3	2	19	1	0,44ns
Error	534,13	24	22		
<b>Total</b>	<b>3334,92</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 75 DÍAS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	2352,64	2	1176	112	0,00**
Inoculante	577,28	1	577	55	0,00**
Sitio	114,35	1	114	11	0,00**
Leguminosa*Inoculante	424,77	2	212	20	0,00**
Leguminosa* Sitio	138,5	2	69	7	0,01*
Inoculante* Sitio	2,23	1	2	0	0,65ns
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	25,19	2	13	1	0,32ns
Error	252,82	24	11		
<b>Total</b>	<b>3887,78</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LARGO DE RAÍZ (CM) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	624,15	2	312	3	0,05*
Inoculante	124,17	1	124	1	0,25ns
Sitio	18,29	1	18	0	0,66ns
Leguminosa*Inoculante	57,45	2	29	0	0,73ns
Leguminosa* Sitio	84,85	2	42	0	0,63ns
Inoculante* Sitio	7,78	1	8	0	0,77ns
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	101,26	2	51	1	0,58ns
Error	2160,09	24	90		
<b>Total</b>	<b>3178,04</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE NÓDULOS EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	2282,01	2	1141	112	0,00**
Inoculante	49,23	1	49	5	0,04*
Sitio	72,25	1	72	7	0,01*
Leguminosa*Inoculante	49,09	2	25	2	0,11ns
Leguminosa* Sitio	26,03	2	13	1	0,30ns
Inoculante* Sitio	6,38	1	6	1	0,44ns
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	41,03	2	21	2	0,16ns
Error	244,32	24	10		
<b>Total</b>	<b>2770,34</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE PESO DE RAÍZ (G) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	12,02	2	6	2	0,12ns
Inoculante	4,83	1	5	2	0,18ns
Sitio	0,07	1	0	0	0,87ns
Leguminosa*Inoculante	1,75	2	1	0	0,71ns
Leguminosa*Sitio	2,99	2	1	1	0,56ns
Inoculante*Sitio	17,47	1	17	7	0,01*
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	12,87	2	6	3	0,10ns
Error	61,03	24	3		
<b>Total</b>	<b>113,02</b>	<b>35</b>			

**ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DE BIOMASA FORRAJERA (g m<sup>2</sup>) EN EL EMPLEO DE RIZOBACTERIAS COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN TRES LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL LA PLAYITA CAMPUS UTC – LA MANÁ.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Leguminosa	5010,68	2	2505	9	0,00**
Inoculante	25,5	1	26	0	0,77ns
Sitio	11,67	1	12	0	0,84ns
Leguminosa*Inoculante	435	2	218	1	0,47ns
Leguminosa* Sitio	364,68	2	182	1	0,53ns
Inoculante* Sitio	206,88	1	207	1	0,40ns
Leguminosa*Inoculante* Sitio.	229,16	2	115	0	0,67ns
Error	6713,55	24	280		
<b>Total</b>	<b>12997,13</b>	<b>35</b>			