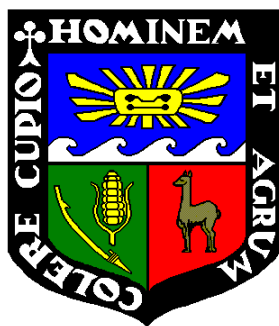


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**ESCUELA DE POST GRADO**

**ESPECIALIDAD DE PRODUCCION AGRICOLA**



**PRODUCCIÓN DE BIOMASA ESTACIONAL Y FIJACIÓN  
NITROGENADA DE DOS CEPAS NATIVAS DE RHIZOBIOS EN DOS  
LEGUMINOSAS TROPICALES ( MUCUNA, *Stizolobium spp*)  
INOCULADAS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE:**

***Magister Scientiae***

**PERCY ROLANDO DEL AGUILA TELLO**

**LIMA-PERU**

**2004**

**ESCUELA DE POST GRADO  
ESPECIALIDAD DE PRODUCCION AGRICOLA**

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA ESTACIONAL Y FIJACIÓN  
NITROGENADA DE DOS CEPAS NATIVAS DE RHIZOBIOS EN DOS  
LEGUMINOSAS TROPICALES ( MUCUNA, *Stizolobium spp*)  
INOCULADAS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE:**

***Magister Scientiae***

**EN LA ESPECIALIDAD DE PRODUCCION AGRICOLA**

**PERCY ROLANDO DEL AGUILA TELLO**

**Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:**

---

**M. Sc. Luis Chiappe Vargas  
Presidente**

---

**M. Sc. Efrain Malpartida Inouye  
Patrocinador**

---

**M. Sc. Sady García Bendezú  
Miembro**

---

**M. Sc. Jorge Nakaodo Nakaodo  
Miembro**

## INDICE

	Pág.
I. Introducción	10
II. Objetivos	11
III. Revisión Bibliográfica	13
3.1. Inoculantes	13
3.2. El nitrógeno	13
3.3. Fijación Biológica del Nitrógeno	16
3.4. El proceso de infección de los rhizobios.	24
3.5. Mucuna	29
IV. Materiales y Métodos	34
4.1. Materiales	34
4.1.1. Ubicación del experimento	34
4.1.2. Características del suelo	34
4.1.3. Caract. Climatológicas de la zona experimental.	35
4.2. Material vegetal	36
4.3. Metodología experimental	36
4.3.1. Tratamientos en estudio	36
4.3.2. Diseño experimental	37
4.3.3. Descripción de la unidad experimental	38
4.3.4. Ejecución del experimento	38
4.3.5. Evaluaciones experimentales	41
V. Resultados y Discusión	42
VI. Conclusiones	67
VII. Resumen de resultados	68
VIII. Recomendaciones	70
IX. Bibliografía	71
Anexos	

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
01	Fijación de N atmosférico por los distintos sistemas	14
02	Rangos promedio de N fijado biológicamente	15
03	Composición química de mucuna	33
04	Contenido de aminoácidos de mucuna	33
05	Análisis de caracterización del suelo	35
06	Datos climatológicos de La Molina	35
07	Descripción de los tratamientos	36
08	Análisis de variancia	38

## Índice de Gráficos

Gráfico		Pág.
01	Longitud de Planta (m)-Primera evaluación	45
02	Peso aéreo (g)-Primera evaluación	46
03	Materia seca (g)-Primera evaluación	47
04	Área foliar (cm <sup>2</sup> /pl.)-Primera evaluación	48
05	Longitud de Planta (m)-Segunda evaluación	49
06	Peso aéreo (g)-Segunda evaluación	50
07	Materia seca (g)-Segunda evaluación	51
08	Área foliar (cm <sup>2</sup> /pl.)-Segunda evaluación	52
09	N parte aérea-Segunda evaluación	53
10	Longitud de Planta (m)-Tercera evaluación	54
11	Peso aéreo (g)-Tercera evaluación	55
12	Materia seca (g)-Tercera evaluación	56
13	Área foliar (cm <sup>2</sup> /pl.)-Tercera evaluación	57
14	N parte aérea-Tercera evaluación	58
15	Longitud de Planta (m)-Cuarta evaluación	59
16	Peso aéreo (g)-Cuarta evaluación	60
17	Materia seca (g)-Cuarta evaluación	61
18	Área foliar (cm <sup>2</sup> /pl.)-Cuarta evaluación	62
19	N parte aérea-segunda evaluación	63
20	Evolución de peso fresco en el tiempo	64
21	Evolución de materia seca en el tiempo	65
22	Evolución de Nitrógeno parte aérea en el tiempo	66

## Anexos

- 01 ANVA Longitud de planta-Primera evaluación
- 02 ANVA Peso fresco parte aérea-Primera evaluación
- 03 ANVA Materia seca parte aérea (g)-Primera evaluación
- 04 ANVA Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)-Primera evaluación
- 05 ANVA Longitud de Planta (m)-Segunda evaluación
- 06 ANVA Peso fresco parte aérea (g)- Segunda evaluación
- 07 ANVA Materia seca parte aérea (g)- Segunda evaluación
- 08 ANVA Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)-Segunda evaluación
- 09 ANVA N parte aérea – Segunda evaluacion.
- 10 ANVA Longitud de Planta (m)-Tercera evaluación
- 11 ANVA Peso fresco parte aérea (g)- Tercera evaluación
- 12 ANVA Materia seca parte aérea (g)- Tercera evaluación
- 13 ANVA Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)- Tercera evaluación
- 14 ANVA N parte aérea – Tercera evaluación
- 15 ANVA Longitud de Planta (m)-Cuarta evaluación
- 16 ANVA Peso fresco parte aérea (g)- Cuarta evaluación
- 17 ANVA Materia seca parte aérea (g)- Cuarta evaluación
- 18 ANVA Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)- Cuarta evaluación
- 19 ANVA N parte aérea – Cuarta evaluación
- 20 Parámetros Biométricos-Primera evaluación
- 21 Parámetros Biométricos-Segunda evaluación
- 22 Parámetros Biométricos-Tercera evaluación

- 23 Parámetros Biométricos-Cuarta evaluación
- 24 Parámetro Químico Segunda- Cuarta evaluación
- 25 Evolución valores Parámetros Biométricos en el tiempo
- 26 Evolución valores Parámetros Microbiológicos en el tiempo
- 27 Evolución valores Longitud de planta en el tiempo
- 28 Evolución valores Peso fresco aéreo en el tiempo
- 29 Evolución valores Materia seca aérea en el tiempo.
- 30 Evolución valores del Area foliar en el tiempo
- 31 Evolución valores de N parte aérea en el tiempo

## I. INTRODUCCION

El empleo de los inoculantes de bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> para leguminosas como fertilizantes biológicos, aprovechando un proceso natural, permiten usarlos como sustituto de fertilizantes químicos nitrogenados. A finales del siglo XIX se aislaron los primeros organismos fijadores de nitrógeno en un cultivo puro. En 1888, el *Rhizobium*, una bacteria simbiótica y aerobia, que fue aislada por Martinus Beijerinck (**Coyne, 2000**).

La inoculación de las leguminosas asegura la formación temprana de nódulos efectivos que garantizan un abastecimiento adecuado de nitrógeno para el cultivo durante todo el ciclo de crecimiento.

Esta práctica aporta a la leguminosa entre el 70 y 100 % del nitrógeno necesario para el crecimiento. La inoculación aumenta los rendimientos y calidad de la cosecha, mejora el contenido de proteínas en pastos y granos. La inoculación asegura un excelente abono verde. Al incorporarse cultivos de leguminosas en crecimiento vegetativo, se consigue un aporte de abono orgánico de primera calidad que aumenta la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos subsiguientes. Al prescindir de la aplicación de fertilizantes químicos, la inoculación contribuye a preservar el medio ambiente.

Los suelos de la costa peruana carecen de materia orgánica, componente importante para mejorar la calidad del suelo lo cual deriva en mejores rendimientos de los cultivos. El cultivo de la **Mucuna (*Stizolobium spp*)** estaría constituyéndose en una opción para perseguir dicho propósito.



## **II. OBJETIVOS**

- Determinar el incremento estacional de biomasa en dos especies de Mucuna: Mucuna negra (***Stizolobium deeringianum***) y Mucuna ceniza (***Stizolobium aterrinum***) en condiciones de Costa central.
- Evaluar el rendimiento de biomasa de ambas especies ,Mucuna negra y ceniza (fabaceas) a la inoculación de cepas de rhizobios a nivel de invernadero.
- Determinar el incremento estacional en la cantidad de Nitrógeno en la parte aérea de la planta, y la influencia de los diferentes tratamientos en el mismo.
- Determinar el aporte de nitrógeno que la mucuna puede representar para el suelo.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis planteada:**

- Los rendimientos en biomasa, el contenido de materia seca y el aporte de nitrógeno al suelo de las dos especies de mucuna son iguales.
- Los aportes en producción de biomasa, materia seca y fijación de nitrógeno de las dos cepas de rizobios inoculadas en dos especies de mucuna no difieren.
- La producción de biomasa, materia seca, y contenido de nitrógeno en dos especies de mucuna no varían como producto de la interacción especies de mucuna-cepas de rizobios.

### **Hipótesis alternante:**

- Los rendimientos de las variables evaluadas en dos especies de mucuna son diferentes.
- El efecto de las dos cepas de rizobios inoculadas en dos especies de mucuna son diferentes.
- La interacción de especies de mucuna-cepas de rizobios causa variación en las variables estudiadas.

### **III. REVISION BIBLIOGRAFICA**

#### **3.1. INOCULANTES.**

El inoculante es un agro insumo compuesto de un material de soporte y una elevada concentración de bacterias rizobio. La bacteria, el componente más importante del inoculante, es seleccionada en condiciones de laboratorio, invernadero y campo. Cada gramo de inoculante contiene millones de bacterias específicas para una determinada leguminosa. Los inoculantes favorecen a la fijación del nitrógeno atmosférico. Las plantas inoculadas tienen un mayor desarrollo, produce granos y follaje con alto contenido proteico y presentan aumentos en rendimiento que varían entre 10 a 20% **(CIAT, 2002)**

#### **3.2 EL NITROGENO.**

El nitrógeno y el agua, constituyen los elementos mas importantes de la producción agrícola. Es por ello que su escasez constituye una fuerte limitación en el rendimiento de los cultivos. El nitrógeno representa entre el 1 al 4 % del peso seco en tejidos vegetales, donde se encuentra constituyendo la estructura básica de las proteínas, aminoácidos y moléculas esenciales como la clorofila. Su escasez se traduce en un pobre desarrollo vegetal, aunque los demás elementos estén en demasía (según la ley del mínimo). El nitrógeno se encuentra en la naturaleza como gas inerte ocupando el 78% del volumen de la atmósfera.

También se encuentra de manera orgánica e inorgánica en la litosfera, hidrosfera y los suelos; así como en las plantas y animales terrestres y marinos **(Salisbury y Ross, 2000).**

Los organismos, mediante diferentes sistemas, fijan el nitrógeno de la atmósfera para introducirlo en la cadena alimentaria (Cuadro N° 1). Así el hombre usa la fijación industrial, a través del proceso de Haber-Bosch, que es el procedimiento para fabricar fertilizante de nitrógeno inorgánico, descubrieron que la reacción  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow NH_3$  era termodinámicamente favorable y podía producir cantidades mensurables de  $NH_3$ , a una temperatura de  $450^{\circ}C$  y a una presión de 200 atm. ; y la combustión que ocurre en la industria y los automóviles; mientras que los microorganismos, en simbiosis con algunas plantas terrestres, realizan la fijación biológica. La naturaleza contribuye también al ciclo del nitrógeno mediante la fijación atmosférica (rayos) y la ozonización. De los 260 millones de toneladas de nitrógeno atmosférico fijado al año, por lo sistemas mencionados, casi el 70% corresponde a los sistemas biológicos. En tanto que un 15% corresponde a la fijación industrial. **(Jiménez y Peña, 2000).**

**CUADRO N° 01 Fijación de nitrógeno atmosférico por los distintos sistemas**

<b>Sistemas de fijación de nitrógeno.</b>	<b>Millones de T.M.año<sup>-1</sup></b>
Fijación industrial (Haber-Bocsh)	40
Fijación atmosférica (rayos)	10
Combustión (industria, automóviles)	20
Ozonización	15
Fijación biológica	175
<b>Total</b>	<b>260</b>

Fuente: Drevon (1995)

**CUADRO N° 02 Rangos promedio de nitrógeno fijado biológicamente en diferentes leguminosas.**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Kg N.Ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> fijado</b>
<i>Maní</i>	<i>Arachys hypogaea</i>	109
Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	224
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	104
Guar	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>	130
Soya	<i>Glycine max</i>	88
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	83
Tarwi	<i>Lupinus angustifolius</i>	160
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	240
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	49
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	75
Haba	<i>Vicia faba</i>	114
Frijol de Castilla	<i>Vigna unguiculata</i>	198

Fuente: Mulongoy *et al*, 1992

### 3.3. FIJACION BIOLOGICA DEL NITROGENO

La fijación biológica del nitrógeno (FBN) funciona en bacterias adaptadas en ambientes ecológicos y estilos de vida muy diversos. Sin embargo, todas poseen el sistema enzimático responsable de la reducción del nitrógeno: **La Nitrogenasa.**

A nivel mundial la fijación biológica de nitrógeno atmosférico llega a 175 millones de Tn/año (Cuadro N° 01) o aproximadamente el 70 % de todo el nitrógeno fijado en la tierra cada año .

El nitrógeno fijado en ecosistemas proviene principalmente de los siguientes sistemas simbióticos:

Asociaciones *Rhizobium*-leguminosa en sistemas cultivados y pasturas naturales.

Asociaciones *Azolla-Anabaena* en sistemas inundados en arroz.

Asociaciones Actinomicetos-plantas superiores en ciertos sistemas forestales de regiones templadas.

Fijadores de vida libre, cianobacterias heterocísticas y *Gleocapsa* en suelo inundado (**Navas, 2000**).

## Capacidad fijadora de nitrógeno

Los organismos fijadores simbióticos tales como *Rhizobium* captan en promedio 200 Kg. N/ha/año , *Bradyrhizobium* fija alrededor de 500 Kg. N/ha/año para algunas asociaciones, los Actinomicetos aportan entre 40 y 200 Kg. N/ha/año y las Cianobacterias de 2 y 200 Kg. N/ha/año. Las Bacterias heterotróficas fijan de 0.5 a 1 Kg. N/ha/año, las Cianobacterias de 10 a 50 Kg. N/ha/año.

Los fijadores simbióticos de nitrógeno presentes en nódulos son más eficientes que las bacterias fijadoras libres y sistemas asociados, porque los nódulos tienen una estructura interna para el suministro de fotosintatos y la estructura nodular protege al *Rhizobium* de la competencia de otros microorganismos, además la leghemoglobina (proteína transportadora del oxígeno) forma una barrera a la libre difusión de oxígeno y, por lo tanto, protege la nitrogenasa del oxígeno.

Para que el  $N_2$  pueda ser asimilado, es necesario que sea reducido, por el proceso denominado Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN). La simbiosis *Rhizobium*-leguminosas es el resultado de una interacción muy específica entre la bacteria y la planta. La organogénesis del nódulo es un proceso inducido por un "intercambio de señales" entre los dos participantes de la interacción, el **microsimbionte** (bacteria) y el **macrosimbionte** (planta).

**(Navas, 2000)**

La unión del microorganismo a los pelos radiculares de la planta es esencial para el éxito de la asociación. Sustancias con efecto mitógeno (factores de nodulación) son sintetizadas por productos de los llamados genes de nodulación del microsimbionte (genes nod), en respuesta a la excreción por la planta de sustancias de tipo flavonoide.

La bacteria infecta la raíz en la extremidad de los pelos radiculares provocando la curvatura de éstos. Se promueve la penetración de la bacteria, formando el llamado "hilo de infección", en el interior del cual se desarrollan los microorganismos, éstos continúan hasta llegar al cortex radical. La infección conduce a la formación del meristemo nodular. La producción de los factores de nodulación induce, a distancia, la división celular a nivel del cortex (**Soto, 2000**).

En los primeros días de la inoculación las bacterias se alimentan exclusivamente de la planta hospedera, se reproducen rápidamente y al llegar al estado de bacteroide (bacterias en forma de bastoncitos ramificados) carentes de pared celular inician la fijación de Nitrógeno Atmosférico.

El nitrógeno inicialmente fijado es utilizado en el metabolismo bacteriano y al aumentar la producción empiezan a ceder nitrógeno a las plantas. En estado avanzados hasta un 90% del N fijado es aportado a la planta hospedera; esta etapa coincide generalmente con la época de mayor necesidad de N en la planta (**Fassbender, 1986**)



Los nódulos tienen una estructura interna para el suministro de fotosintatos, de las cuales los bacteroides derivan poder reductor, energía y esqueletos carbonados para sus funciones metabólicas y un eficiente sistema para transferir los productos de fijación a las diferentes partes de la planta .

Además, la estructura nodular protege al rhizobio de la competencia de otros organismos y a la nitrogenasa de la inactivación por el oxígeno mediante la síntesis de Leghemoglobina, proteína transportadora de oxígeno que constituye una barrera para la difusión libre de oxígeno molecular **(FAO Y NIFTAL, 1985)**

Para el reconocimiento de un nódulo efectivo es esencial determinar señales moleculares entre el rhizobio y la planta hospedera. Un nódulo es activo si presenta una **coloración roja** debido a la presencia de una proteína llamada Leghemoglobina, la cual contiene una porción HEMO (Subunidad hemina) que es formada por los bacteroides, mientras que la porción Globina es formada por la planta.

La Leghemoglobina concentra el oxígeno dentro del nódulo y de esta forma los bacteroides reciben suficiente oxígeno para sobrevivir y se evita que la Nitrogenasa pueda ser inactivada por el oxígeno. Después de la fijación del nitrógeno, el color del nódulo llega a ser verde, debido a la conversión leghemoglobina en biliverdina **(Bauer, 1998)**

Todos los microorganismos que convierten el  $N_2$  en amoníaco lo hacen gracias a la actividad del complejo enzimático Nitrogenasa (Nasa); la enzima requiere de la colaboración de otras dos proteínas llamadas Ferredoxina y Flavodoxina; éstas actúan como donadores de electrones y reductores naturales de la Nasa.

Una nodulación adecuada reúne lo siguiente **(Hamdi, 1985)** :Formación temprana de nódulos agrupados alrededor de la raíz principal (Precocidad), nodulación con capacidad para fijar nitrógeno en las cantidades requeridas para el crecimiento y producción del cultivo (Efectividad), que la formación de nódulos y la fijación de Nitrógeno se mantenga bajo condiciones generales a estrés (Rusticidad), que la vida útil de los nódulos se prolongue por el mayor tiempo posible durante el llenado de vainas (Longevidad), que los rhizobios conserven, viviendo saprofiticamente en el suelo, una alta población de bacterias en el transcurso de la rotación de cultivos (Persistencia o sobrevivencia).

Existe un medio ambiente favorable para la fijación biológica de nitrógeno cuando: Hay condiciones favorables para el desarrollo de la planta, buena estructura del suelo, poco nitrógeno combinado en el suelo, no hay deficiencia de otros nutrientes, principalmente Molibdeno y Boro, no hay residuos tóxicos de plaguicidas, no hay factores bióticos adversos, no existen en el suelo problemas extremos de pH, temperatura, humedad, salinidad, etc.

La cepa de *Rhizobium* que nodula y fija una gran cantidad de nitrógeno en asociación con una especie, puede también hacer lo mismo cuando se asocia con otras especies de leguminosas. Las leguminosas que muestran esa tendencia de responder en forma similar frente a determinadas cepas de rizobios se denominan “**Grupo de Efectividad**” (FAO Y NIFTAL, 1985).

## **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO.**

### **Competencia de cepas**

Se ha tratado de explicar el comportamiento de cepas altamente competitivas en función de sus tiempos de generación, movilidad, diferencias en quimiotaxis y tiempo de respuesta al estímulo radicular, así como la capacidad genética de la cepa para resistir presiones ambientales (Jiménez y Peña, 2000).

La diversidad de rizobios (específica e intraespecífica) esta relacionada con la diversidad de leguminosas (específica e intraespecífica) que puede existir en una región en particular. Comúnmente en todas las áreas donde se cultivan leguminosas existen rizobios nativos que nodulan esas leguminosas, aunque no todas las cepas de rizobios del suelo son efectivas en fijar nitrógeno atmosférico (Almaraz y Ferrara, 2000).

## **Nitrógeno combinado en el suelo**

Altas dosis de este elemento tiene un efecto negativo sobre el peso y número de nódulos, sin embargo, dosis moderadas de nitrógeno influyen en forma positiva sobre la nodulación y la fijación biológica **(Jiménez y Peña, 2000)**.

La fijación de nitrógeno no tiene lugar cuando el amonio, el nitrato o el nitrógeno orgánico están disponibles. Existen teorías que explican que la presencia de nitrógeno disponible puede dirigir el flujo de electrones lejos de la nitrogenasa, de modo que no hay electrones ni reducción alguna. Otra teoría es que la reducción del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en nódulos causa el enlace nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) de compuestos que protegen la nitrogenasa del oxígeno **(Coyne, 2000)**.

## **pH del suelo**

En los suelos ácidos la fijación de nitrógeno puede ser marcadamente reducida. Esto se da por el efecto directo de la concentración de  $\text{H}^+$ , la presencia de niveles de toxicidad de aluminio y manganeso, o deficiencia de calcio, fósforo y molibdeno.

Las especies del género *Rhizobium* son generalmente más sensibles a la acidez que las de *Bradyrhizobium*.

Existen plantas tolerantes a aluminio y manganeso, pero son los rizobios los más afectados por estos iones.

Condiciones de alcalinidad del suelo limitan la disponibilidad del hierro, zinc, manganeso y boro en el suelo reduciendo el crecimiento de la planta y la fijación de nitrógeno **(Soto, 2000)**.

## **Temperatura**

La temperatura óptima para la nodulación se encuentra entre los 20 y los 25° C, temperaturas superiores o inferiores afectan drásticamente tanto la capacidad infectiva de las cepas como la actividad de la nitrogenasa. A temperaturas altas normalmente las bacterias *Rhizobium* tienden a perder plásmidos entre ellos de pSym o plásmido simbiótico que es donde se alojan casi todos los genes necesarios para la nodulación (nod) y para la fijación biológica (*Nif* y *Fix*). Esta pérdida puede significar la diferencia entre sobrevivir o no **(Coyne, 2000)**.

## **Agua**

Su restricción puede influir negativamente en la sobrevivencia de las bacterias y su capacidad de nodulación **(Sprent y Zaharan, 1988)**. Existen varios estudios en los que se ha reportado la inhibición de la actividad de la nitrogenasa en leguminosas sometidas a sequía **(Davey y Simpson, 1989)**.

La cantidad de rizobios nativos puede variar de región a región , durante el año y durante la estación de crecimiento. Puede decirse que la variación de las poblaciones de rizobios esta relacionada con la variación estacional de la humedad y de la presencia de leguminosas **( Almaraz y Ferrara, 2000)**

### **3.4. EL PROCESO DE INFECCIÓN DE LOS RIZOBIOS.**

#### **Infección**

Mecanismo por el cual el rizobio infecta su hospedero e induce la formación del nódulo en la raíz o en el tallo **(Soto, 2000)** .Incluye además: Penetración al pelo radicular y formación del hilo de infección, hallado en trébol y frejol, penetración vía heridas o lugares de emergencia radicular, encontrado en maní y *Stylosanthes*, penetración del primordio radicular, hallado sobre tallos como *Sesbania*

La infección se realiza cuando las leguminosas emiten señales químicas, como la liberación de flavonoides, que atraen y estimulan a los rizobios. Estos compuestos específicos de cepas específicas **(Coyne, 2000)**.

#### **Deformación y curvamiento del pelo radicular**

Los rizobios se fijan en forma aleatoria e irreversible en la zona pilífera. A continuación los rizobios se multiplican en la rizósfera. Se produce una invasión a las células radiculares, a la vez las raíces se enroscan y forman el “cayado” **(Coyne, 2000)**. El punto de infección de la superficie del pelo radicular es hidrolizado para permitir la penetración del rizobio **(Soto, 2000)**.

#### **Formación de los bacteroides**

Los rizobios se movilizan en la raíz en dirección hacia la corteza. Durante la infección los rizobios son envueltos con un derivado de la planta llamado hilo de infección. El relevo de este material protector es hasta que en su interior las células de la corteza se modifiquen, donde nuevamente los rizobios son envueltos con un derivado de la planta llamada membrana peribacteroidea. Ésta membrana protege a las bacterias de las respuestas defensivas de la planta.

Dentro de la membrana peribacteriodes las bacterias cambian de forma para formar células llamadas bacteroides **(Coyne, 2000)**.

### **Desarrollo y función del nódulo**

Como el hilo de infección penetra a la corteza y el rizobio contenido es liberado a las células del huésped, la división celular y agrandamiento de éstas células resulta en la formación de un visible nódulo. Los nódulos radiculares difieren en apariencia y estructura determinado por el huésped.

Los nódulos determinados como en la soya y *Phaseolus*, son redondos y tienen una pronunciada región meristemática. A diferencia de los nódulos indeterminados de frijoles y tréboles tienen una región meristemática pronunciada **(Soto, 2000)**.

### **Infectividad y efectividad.**

La infectividad es la habilidad de los rizobios de formar nódulos con una leguminosa en particular. En cambio la efectividad es la habilidad de los nódulos de fijar nitrógeno **(Soto, 2000)**.

El número y tamaño de los nódulos es variable, no obstante la mayoría de ellos son menores de 0.5 cm. En general cuanto mayor el número de nódulos, más pequeños son éstos y menos nitrógeno fijan.

El color rojo de los nódulos indica la presencia de la leghemoglobina y la de un nódulo efectivo.

## **Fisiología de los nódulos.**

La fijación de nitrógeno consume gran cantidad de energía, en teoría se sabe que son necesarios hasta 22 moles de glucosa por una mol de nitrógeno fijado, pero cuando los granos empiezan a llenarse los nódulos mueren por falta de carbono. Si bien la nitrogenasa requiere condiciones anaerobias o con escaso oxígeno, las plantas y los rizobios lo necesitan para respirar.

La leghemoglobina presenta alta afinidad con el oxígeno y disminuye su concentración en los nódulos lo suficiente como para permitir que la respiración y la fijación de nitrógeno se realicen simultáneamente.

Los rizobios obtienen el carbono, y a su vez cuidan y suministran nitrógeno a las plantas. Los bacteroides excretan amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el cual es fijado rápidamente por el glutamato dihidrogenasa (GDH). Los productos abandonan el nódulo a través del xilema, el  $\text{NH}_3$  que los rizobios producen se transforma en asparagina y glutamina en leguminosas de zonas templadas, y en alantonina y ácido alantoico en leguminosas tropicales **(Coyne, 2000)**.



## Los generos *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* spp.

*Bradyrhizobium* fue descubierto en 1984 por **Jordan**, dentro de la familia de los rhizobios. Hasta antes de este hecho solo se conocía del género *Rhizobium*. Fue el mismo autor quien observó, dentro del género mencionado; algunas diferencias saltantes a nivel del tipo de crecimiento y de la naturaleza de los metabolitos producidos. Así creó un nuevo género, al que llamo *Bradyrhizobium*; y estableció diferencias notorias con el primero: *Rhizobium* es de crecimiento rápido, porque las primeras colonias se observan 3-5 días después del cultivo y el tiempo de generación es de 2 a 4 horas. Producen asimismo metabolitos de naturaleza ácida y son capaces de tolerar hasta 40 ppm de Zn y Co en cultivo. *Bradyrhizobium* por su parte es de crecimiento lento, porque las primeras colonias se observan a los 5 a 7 días y el tiempo de generación es mayor a 6 horas. Y producen metabolitos de naturaleza alcalina (**Matos et al, 1998**).

En cuanto a su fuente de alimentación, **Jordan (1984)** citado **por Ormeño (1998)**, señala que ambos géneros pueden usar los siguientes carbohidratos: manitol, galactosa, gluconato, glicerol, fructosa, glucosa y arabinosa; solamente un 10% de las especies en el genero pueden usar maltosa; y raramente utilizan lactosa rhamnosa, rafinosa y sacarosa.

## Taxonomía y hospedantes de *Bradyrhizobium spp.* y *Rhizobium spp*

La clasificación taxonómica del género en cuestión es como sigue:

Grupo:	Protista.
Subgrupo:	Protista inferior.
Clase:	Squizomicetos-Bacterias.
Orden:	Eubacterias.
Familia:	Rhizobiaceae.
Genero:	<i>Bradyrhizobium</i> .

Dado que es una bacteria similar a *Rhizobium*, se supone su desarrollo en todos los ambientes donde exista éste último. **Sprent y Zaharan, (1988)**, sostienen que *Bradyrhizobium* es capaz de nodular a las especies de las diferentes sub-familias de Fabaceae. Se sabe además que el 90% de Papilionoideae, 90% de Mimosoideae y 30% de Caesalpinoideae son capaces de formar nódulos; y que ello constituye un amplio rango de hospedantes. El mismo autor señala, que la simbiosis con algunas especies de las sub-familias mencionadas llegan a producir hasta  $500 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  de N. Ambos géneros se distribuyen desde regiones templadas hasta regiones tropicales y sub-tropicales, donde constituyen la fuente mas importante de nitrógeno fijado en simbiosis con leguminosas, especialmente con leguminosas de grano como: haba (*Vicia faba*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), soya (*Glycine max*), caupí o frijol de Castilla (*Vigna unguiculata*), maní (*Arachys hypogaea*), garbanzo (*Cicer arietinum*), arveja (*Pisum sativum*), lenteja (*Lens culinaris*), etc; y algunas leguminosas forrajeras como el trébol (*Trifolium spp*) y la alfalfa (*Medicago sativa*), donde la fijación varia de  $100$  a  $200 \text{ Kg. ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  de N.

### 3.5. MUCUNA

- **Origen y distribución**

La mucuna (*Stizolobium deeringianum*) es originaria de los países del este de Asia (China, Malasia y Filipinas).

- **Descripción de la planta:**

La mucuna pertenece a la familia de las leguminosas. La mucuna es una planta anual y de crecimiento rápido. El tallo puede alcanzar hasta 20 metros de largo, lo que le permite extenderse y cubrir rápidamente el terreno. El color de la flor de mucuna puede ser, según la variedad: morada, blanca o lila. Dispuestas en racimos de hasta 100 flores.

Para la siembra en asocio con yuca o maíz se necesitan 16 a 20 Kg. de semilla por hectárea, el número de semillas por Kilogramo es de 5500-6500 , el rendimiento de semilla es de 571-1428 Kg. /ha. , la fijación de nitrógeno es de 200 Kg./ ha. /año.

La vaina es gruesa, de unos 10 centímetros de largo y está cubierta de pelos finos. Posee entre cinco y seis semillas. **Las tres clases de mucuna** más conocidas son Blanca, Negra y Pinta. Se diferencian por el color de la semilla y de la flor, el tiempo que necesita para producir fruto y por la cantidad de materia verde que producen **(CIDICCO, 2003)**

## **Mucuna (" Velvet bean " o " Mauritius bean ")**

Es un grupo de especies anuales de crecimiento vigoroso, pertenecientes a varias especies y a sus híbridos, que generalmente crecen como trepadoras largas (3-15 m), pero también existen tipos arbustivos. Entre las especies más importantes figuran: *Stizolobium deeringianum* Bort. (*Mucuna utilis* Woll.), frijol de terciopelo de Florida (con legumbres negras), *S. aterrimum* Piper & Tracy frijol de Bengala y *S. cochinchinensis* (Lour.) Burk, frijol chino de terciopelo (ambas con legumbres blancas). Hay poca diferencia en la composición química entre las diferentes especies. El frijol de terciopelo se cultiva principalmente con maíz, mijo perla, sorgo o caña japonesa, para apoyo **(FAO, 2000)**

**La mucuna** de semilla blanca produce de 10 a 20 toneladas materia verde por hectárea, y la semilla negra produce alrededor de 20 toneladas **(CIDICCO, 2003)**

- **Requerimientos de clima y suelo para la mucuna**

**Las plantas de mucuna** se desarrollan bien desde los 200 hasta los 1200 msnm. La temperatura ideal está entre los 15 y los 25 °C. **La mucuna** se desarrolla mejor en zonas lluviosas pero tiene problemas en suelos inundados, es decir no tolera encharcamiento.

Por otra parte, no se desarrolla bien en zonas secas. Se puede sembrar tanto en suelos fértiles o ricos, como en suelos pobres. En los suelos pobres, la planta se desarrolla en forma lenta al inicio, pero en la medida en que se adapta, su desarrollo mejora notablemente **(CIDICCO, 2003)**

- **Usos de Mucuna**

#### PASTURA

Este es el empleo más importante del frijol de terciopelo. Los porcinos deben entrar en los campos después de los bovinos, para consumir la biomasa residual. El ganado nunca lo pasta fácilmente hasta que está bien maduro.

#### HENO

La biomasa aérea de los frijoles de terciopelo dan un heno bastante malo especialmente si se corta cuando está maduro, por la baja de la calidad nutricional. También resulta difícil manipular los largos sarmientos.

#### ENSILAJE

Se puede obtener un buen ensilaje de la biomasa aérea del frijol de terciopelo con el cultivo que le sirve de apoyo. En general, se vuelve negro después de algún tiempo, pero esto no perjudica a su calidad .

#### LEGUMBRES

Cuando se suministran a los bovinos como concentrado, resulta más económico moler las legumbres enteras.

#### SEMILLAS

Se puede utilizar harina de semillas en raciones compuestas para toda clase de ganado. Las aves de corral toleran hasta el 15% de frijoles de terciopelo en la ración sin merma para la productividad. Los porcinos no deben consumir grandes cantidades de frijoles de terciopelo ni en forma de forraje ni como semillas. En general, no pueden tolerar más del 25% de frijoles de terciopelo en la ración, a menos que se cuezan las semillas. **(FAO, 2000)**

Comestible, medicinal, abono verde, cultivo de cobertura.

En Malawi, la mucuna es la única leguminosa anual capaz de producir más de 2000 Kg. ha<sup>-1</sup> de semilla, dejando más de 100 Kg./ha. de N para cultivos subsiguientes de maíz. La utilización de la mucuna en rotación con cultivos de arroz y maíz ha dado como resultado aumentos en el rendimiento de 1.5 Tn/ha.

Para 1919, la mucuna se cultivaba en 1.5 millones de hectáreas en el sur de los EEUU. Mucuna encajaba perfectamente en el sistema agrícola ya que requería de poca mano de obra, facilitaba la producción de maíz, y el pastoreo de los residuos de maíz.

El programa TROP SOIL de la Universidad de Cornell, de los Estados Unidos de Norte América, presentó resultados de un estudio con leguminosas tropicales (incluido el frijol terciopelo) realizado por un grupo de importantes investigadores en Brasil. Uno de los experimentos muestra que los rendimientos de maíz fueron de 6800 Kg./ha utilizando abono verde de mucuna (frijol Terciopelo) como la única fuente de N. También en otros experimentos se obtuvieron resultados que indican que se pueden lograr rendimientos de maíz tan altos como los que se obtendrían con la aplicación de 200 Kg.ha<sup>-1</sup> de fertilizantes nitrogenados. Además se indica en ese reporte que sembrar maíz inmediatamente después de la incorporación de abonos verdes de leguminosas es una práctica satisfactoria **(CIDICCO, 2003)**

Si se utiliza mucuna como leguminosa de grano para el consumo humano, las semillas deben procesarse cuidadosamente pues contienen L-Dopa (3-(3,4 dihidroxifenil) alanina), que puede ser tóxico para seres humanos. **(CIDICCO, 2003)**

**CUADRO Nº 03 COMPOSICION QUIMICA DE MUCUNA (FAO, 2000)**

Como % de materia seca

<b>Estado Fenológico</b>	<b>MS</b>	<b>PB</b>	<b>FB</b>	<b>EE</b>	<b>ELN</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>
- Parte aérea fresca, 3 meses después de plantado, Trinidad	19.6	15.3	36.2	1.5	34.8		
- Parte aérea fresca, 9 meses después de plantado, Trinidad	24.2	16.5	40.5	1.6	33.1		
- Fresco, mitad flor. Fertilizado, Puer. Rico	19.1	15.5	34.4	4.3	40.2	1.21	0.13
- Heno, fase lechosa, Zimbabwe	90.6	14.8	30.7	2.6	43.0		
- Legumbres, Estados Unidos		21.0	15.6	2.6	43.0		
- Semilla., var. Blanca, Nigeria	94.7	27.4	6.5	1.1	61.0		
- Sem. var. negra, Nigeria	94.2	28.6	9.5	0.7	57.2		
- Semilla., Tanzania	88.5	25.9	9.2	4.4	57.5		
- Cásc. Legumbres, Tanzania	89.2	4.3	42.4	0.7	46.7		

MS : Materia seca  
Ca : Calcio

PB: Proteína bruta  
P: Fósforo

FB: Fibra bruta

**CUADRO Nº 04 Contenido de aminoácidos en % de proteína bruta**

Frijol de terciopelo, semillas

Arg	Cis	Gli	Hys	Ils	Leu	Lis	Met	Fen	Tre	Tri	Tir	Val
7.9	0.9	4.6	2.1	4.8	7.6	6.2	1.2	4.8	4.0	-	5.1	5.5

(FAO, 2000)

## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Materiales**

#### **4.1.1. Ubicación del Experimento**

El experimento en mención se realizó en los ambientes de la Unidad de Investigación en Riegos Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el Distrito de La Molina, Provincia de Lima, Departamento de Lima, a una altitud de 253 msnm, Longitud 76° 57' 09" W y Latitud 12° 05' 06" S.

El experimento se instaló en octubre del 2003 y las evaluaciones culminaron en febrero del 2004.

#### **4.1.2. Características del suelo**

El suelo fue obtenido de la unidad de producción de aves Facultad de Zootecnia de la UNALM. Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo al azar. EL análisis de la muestra se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, presentando los siguientes resultados en el Cuadro N° 05



### CUADRO N° 05 Análisis de caracterización del suelo

Característica	Resultado
Textura	Franco arenoso
% de Arena	68
% de Limo	20
% de Arcilla	12
% de M.O.	1.7
% de Ca CO <sub>3</sub>	3.80
pH	7.6
P ( ppm)	61.1
K ( ppm)	591
C.E. (dS/m)	3.64
C.I.C. (meq/100g)	9.76
Ca	6.35
Mg	1.68
K	1.33
Na	0.40

#### 4.1.3. Características Climatológicas de la Zona Experimental

De acuerdo al sistema modificado Koppen, basado en promedios de precipitación y temperatura, le corresponde a la zona de La Molina la clasificación de desierto subtropical árido caluroso. EL Cuadro N° 06 muestra los datos climatológicos obtenidos en los registros del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humbolt de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para el ciclo del cultivo ( octubre 2003- febrero 2004).

#### CUADRO N° 06 Datos climatológicos de La Molina

Mes	Horas de sol	Temperatura (°C)	H.R. (%)	PPT (mm)
Octubre 2003	118.5	17	86	0.8
Noviembre 2003	87.5	16.8	89	3.0
Diciembre 2003	82.2	17.1	89	3.7
Enero 2004	219.0	24	77	0.5
Febrero 2004	170.6	24.4	76	0.4

HR: Humedad relativa

PPT: Precipitación pluvial total

## 4.2. Material vegetal

Se emplearon en el experimento semillas de Mucuna Negra (*Stizolobium deeringianum*), colectadas en Iquitos en las instalaciones del INIA -"Estación Experimental San Roque", en Agosto del 2003; y semillas de Mucuna Ceniza (*Stizolobium aterrimum*) colectadas en las instalaciones de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-Iquitos, en la misma fecha.

## 4.3. Metodología experimental

### 4.3.1. Tratamientos en estudio

- T<sub>1</sub>: Semilla de Mucuna negra inoculada con cepa de mucuna negra.
- T<sub>2</sub>: Semilla de Mucuna negra inoculada con cepa de mucuna ceniza.
- T<sub>3</sub>: Semila de Mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra.
- T<sub>4</sub>: Semila de Mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna ceniza.
- T<sub>5</sub>: Semilla de Mucuna negra sin inocular.
- T<sub>6</sub>: Semila de Mucuna ceniza sin inocular.

### CUADRO Nº 07 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

Nº de Tratamiento	Descripción		Codificación
	Especies	Cepas	
01	MN	CMN	MNCMN
02	MN	CMC	MNCMC
03	MC	CMN	MCCMN
04	MC	CMC	MCCMC
05	MN	-	MN
06	MC	-	MC

### 4.3.2. Diseño experimental

Para la realización del experimento se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCA), empleando 3 repeticiones por tratamiento. Cada Unidad experimental consistió de 4 macetas.

#### **Modelo aditivo lineal:**

$$X_m(ij) : u.....+ A_i + B_j + AB_{ij} + E_m(ij)$$

Donde:

$X_m(ij)$  : Resultado de una unidad experimental

$A_i$  : Mide los efectos de A

$B_j$  : Mide los efectos de B

$AB_{ij}$  : Mide los efectos de la interacción AB

$E_m(ij)$  : Mide el error correspondiente a la unidad experimental considerada.

- Nº de Factores: 2

#### 1. Factor **Especies de mucuna**

Mucuna negra= MN

Mucuna ceniza= MC

#### 2. Factor Cepas

Cepa de mucuna negra = CMN

Cepa de mucuna ceniza = CMC

- Nº de Niveles por factor: 2 Niveles para el factor Especies de mucuna

2 Niveles para el factor Cepas.

- Nº de Tratamientos:  $2 \times 2 = 4$  (Más 2 testigos: Mucuna ceniza y Mucuna negra, sin inocular)

## CUADRO Nº 08 ANALISIS DE VARIANCIA

F. VARIACION	G.L.
Tratamientos	5
Factorial	3
Cepas (C)	1
Especies de Mucuna (E)	1
CxE	1
Adicional	1
Fact. Vs. Adicional	1
Error	12
Total	17

### 4.3.3. Descripción de la Unidad Experimental

La Unidad Experimental consistió de 4 macetas de 03 Kg. de capacidad cada una, en éstas se sembraron las semillas de Mucuna, el suelo que se empleó fue colectado en las instalaciones de la UNALM.

El número total de macetas fue 72 : 6 trat .x 3 rep. x 4 mac.

### 4.3.4. Ejecución del Experimento

La ejecución del experimento se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, las cepas obtenidas fueron inoculadas en semillas de mucuna negra y ceniza en macetas con sustrato (suelos de la UNALM). Se siguió el siguiente proceso:

- Recolección de sustrato: La preparación consistió en mullido y tamizado del suelo, empleando mallas de 2 mm (Tierra fina seca al aire).
- Identificación de las macetas con los tratamientos.
- Aislamiento y cultivo de bacterias en medio agarizado: El procedimiento consistió en retirar algunos nódulos de la planta de mucuna, lavar con agua y esterilizar en una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Moler los

nódulos en un mortero, preparar con ello una solución y luego sembrar con una asa en las placas petri conteniendo el medio agarizado.

- Inoculación y siembra: Las semillas de las dos leguminosas fueron inoculadas con cepas de Rhizobios seleccionadas, multiplicadas en medio sólido: Agar Manitol - Extracto de Levadura. La inoculación se hizo a partir del medio líquido, cuyos componentes son los mismos empleados para el medio sólido al cual se adiciona 1000 ml de agua. La dosis empleada fue de  $1.33 \times 10^9$  bacterias/maceta de 03 kg procedentes de nódulos de Mucuna negra y  $1.9 \times 10^9$  bacterias/maceta procedentes de nódulos de Mucuna ceniza.

Los componentes de este medio son:

- Manitol	10.0 g
- Extracto de levadura	1.0 g
- $K_2HPO_4$	0.8 g
- $KH_2PO_4$	0.2 g
- $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2 g
- $CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.2 g
- NaCl	0.1 g
- Agar	15.0 g
- Agua destilada	1000 ml ( Medio líquido)

- Las semillas tratadas se sembraron en macetas a razón de 3 plantas / maceta, dejando una planta al desahije.
- Riego : Diario, aplicando 130 ml de agua por maceta.

- Fertilización: Se aplicó 25 ml de solución por maceta, que aportó:

Elemento	mg/maceta
P	175
K	350
Ca	280
Mg	70
S	140
Fe	35
Zn	17.5
Mn	17.5
Cu	7
B	3.5
Mo	1.75

Se emplearon las siguientes fuentes:

Acido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )

Fosfato dipotásico ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )

Sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )

Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ )

Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Sulfato de manganeso ( $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Acido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )

Molibdato de sodio ( $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

#### 4.3.5. Evaluaciones experimentales

Las evaluaciones de los parámetros fueron destructivas, se obtuvieron de una planta por maceta, cada 30 días, por 4 meses. La primera evaluación se realizó 30 días después de la siembra. Se registraron los siguientes parámetros:

##### A. Parámetros Biométricos:

- *Altura de planta (m)*, para determinar la altura de planta se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice de la hoja más lejana extendida.
- *Peso fresco de la parte aérea (g/planta)*
- *Materia seca total de la parte aérea (g/planta)*, para obtener el peso seco de hojas más tallos, las muestras de las plantas evaluadas fueron colocadas en una estufa a 60° C por 48 horas.
- *Area foliar (cm<sup>2</sup>/planta)*, se tomaron muestras de hojas con un área conocida, determinando su peso, para luego relacionarla con el peso total de hojas por planta.

##### B. Parámetro Químico

- *Nitrógeno en la parte aérea (mg/pl.)*

##### C. Parámetros Microbiológicos

- *Nº de nódulos formados /planta*
- *Peso de nódulo/100 gramos de raíz*
- *Diámetro de nódulos*
- *Actividad del nódulo (color rojo)*

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

De los resultados de la primera (30 días después de la siembra - dds ) a la cuarta evaluación (120 dds), se observa lo siguiente:

Los Análisis de Variancia de los diferentes parámetros evaluados no muestran diferencias significativas. Las cepas inoculadas no formaron nódulos a los 30 días después de la siembra, observándose lo mismo en la segunda, tercera y cuarta evaluación.

La ausencia de nódulos puede atribuirse a la baja capacidad de las cepas nativas, procedentes de suelos ácidos (pH de 5.0) de la selva baja peruana, para vivir saprofiticamente en suelos con pH alcalino de 7.7 ( **Laboratorio de análisis de suelos de la UNALM-La Molina, 2004**). **Hamdi, (1985)**, indica que en una buena nodulación está implícita la precocidad para nodular y la persistencia o sobrevivencia de los rizobios en condiciones adversas del medio ambiente y suelo

La inoculación de cepas introducidas altamente eficientes utilizadas en mucuna no tuvieron el éxito esperado debido a muchos factores, **Jiménez y Peña, (2000)** consideran que entre estos se atribuye a la alta competencia de las cepas nativas del suelo empleado , las mismas que no fueron infectivas en la leguminosa evaluada, así como a la incapacidad genética de la cepa introducida para resistir presiones ambientales.



La ausencia de nodulación con cepas nativas de la Molina que se observó en el ensayo, en concordancia con las teorías de **Almaraz y Ferrara, (2000)** puede atribuírsele a que la variación de las poblaciones de rizobios la cual está relacionada con la variación estacional de la humedad y de la presencia de leguminosas. Así mismo la diversidad de rizobios esta relacionada con la diversidad de leguminosas que puede existir en una región en particular.

Todo ello indica que las cepas nativas de la Molina no tuvieron la capacidad para sobrevivir en ausencia de hospedantes. En el experimento se empleó como sustrato un suelo procedente de una zona donde no se hicieron aplicaciones de riegos por un determinado tiempo, a la vez no existía presencia de leguminosas.

Respecto al rendimiento de materia seca (M.S.) no hubo diferencias significativas a un nivel de significación de 0.05, tanto en la primera hasta la cuarta evaluación.

En la última evaluación, a los 120 días después de la siembra se obtuvo el mayor rendimiento de materia seca con plantas de mucuna ceniza cuyas semillas al momento de sembrar fueron inoculadas con cepas de mucuna ceniza (MCCMC), T4 con 27.16 g/planta. Expresado en Kg/ha con una densidad de 120 000 plantas/ha sembradas a 0.5 m entre hileras por 0.5 m entre filas, dejando 3 plantas/golpe, mucuna aportaría en materia seca 3259 Kg./ha en cuatro meses, representando el 26% del peso fresco aéreo. **FAO, (2000)**, indica que el porcentaje de materia seca de mucuna a los 90 días después de la siembra es de 19.6%, a los 9 meses es de 24%. Realizando una proyección se obtendría aproximadamente en materia seca 9777 Kg./ha/año. con T4.

En tanto, T5 ,Mucuna negra sin inocular (MN) , obtuvo el menor rendimiento en materia seca con 20.16 g/planta, esto sería 2419 Kg./ha en cuatro meses, de ello se proyecta una obtención aproximada de 7257 Kg./ha/año.

Los resultados sobre la concentración de Nitrógeno en el análisis estadístico no muestra diferencias significativas a un nivel de significancia de 0.05. En la cuarta evaluación, a los 120 días después de la siembra el tratamiento T6, Mucuna ceniza sin inocular (MC) , tiene el mayor contenido en nitrógeno con 620 mg./planta. Expresado en escalas mayores con este tratamiento se aportaría 74 Kg./ha en cuatro meses, esto nos indica que se obtendría aproximadamente 223 Kg./ha/año , expresión que estaría mostrando similitud con los 200 kg/ha/año reportados por **CIDICCO, (2003)**.

T3 , Mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra (MCCMN), obtuvo el menor valor en contenido de nitrógeno foliar con 530 mg./planta, lo mismo sería 63.6 Kg./ha en cuatro meses, de ello se proyecta obtener 190 Kg./ha/año.

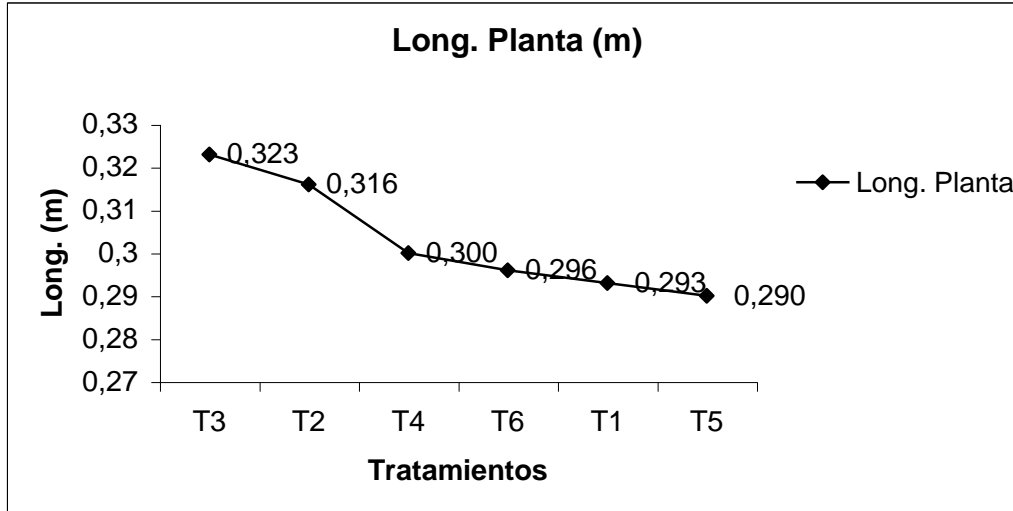
Estos resultados respecto del contenido de Nitrógeno en la parte aérea demuestran que los rhizobios inoculados no participaron efectivamente en la fijación de dicho elemento, ya que no se observó nodulación , también se observa que mucuna ceniza sin inocular (MC) , T6, supera, sin significancia estadística, a mucuna ceniza inoculada, T3.

## 5.1. Primera Evaluación ( 30 días después de la siembra)

### 5.1.1. Parámetros Biológicos

#### 1. Longitud de Planta (m)

Gráfico N° 01

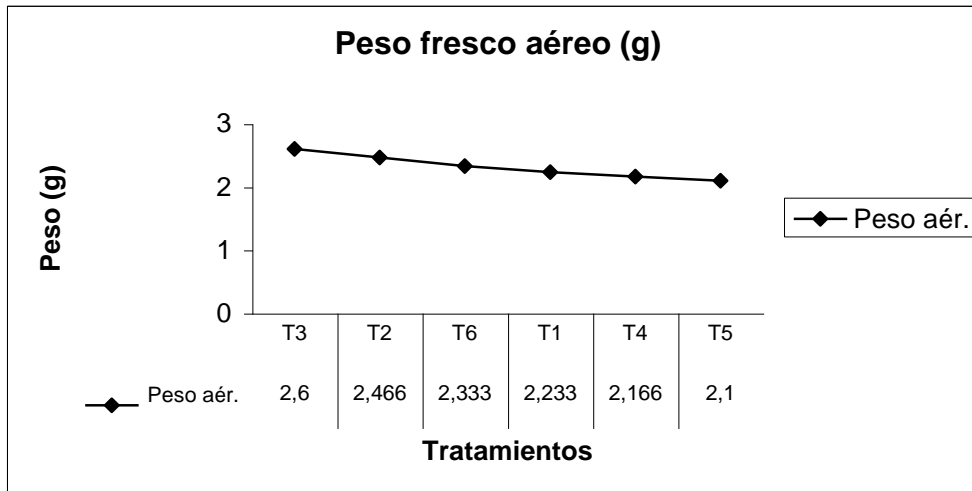


Según el análisis estadístico (Anexo N° 01 ) se puede afirmar que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio en longitud de planta (m).

Se observa en el Gráfico N° 01 que las plantas procedentes de semillas de mucuna ceniza inoculadas con cepas de mucuna negra (MCCMN) , T3, tiene el mayor valor con 0.33 m y mucuna negra sin inocular (MN) , T5, el menor valor con 0.29 m.

## 2. Peso fresco de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 02



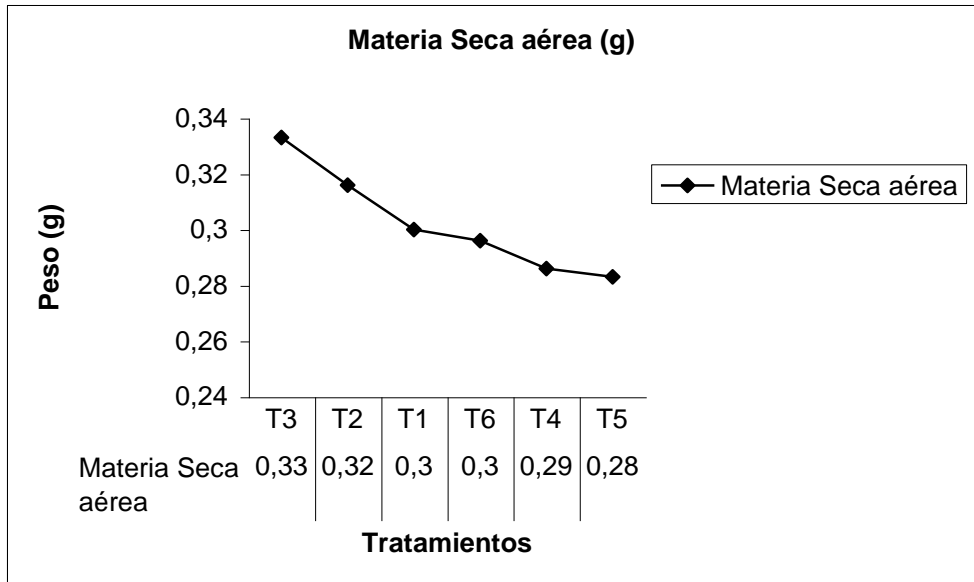
Según el análisis estadístico (Anexo N° 02 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 02 que T3 , Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna negra (MCCMN), tiene el mayor rendimiento con 2.60 g/pl. y T5 ,Mucuna negra sin inocular (MN), el menor valor con 2.1 g/pl.

Con los resultados mencionados, a los 30 días después de la siembra, el tratamiento T3 aportaría en biomasa 312 Kg./ha ; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 252 Kg./ha.

### 3. Materia seca de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 03



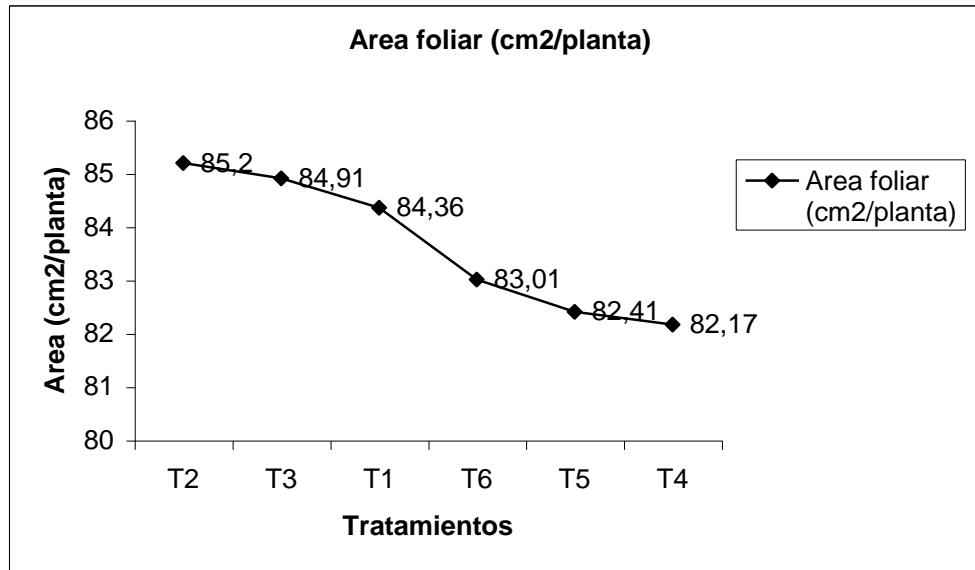
En el análisis estadístico (Anexo N° 03 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 03 que T3 ,Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna negra (MCCMN) tiene el mayor rendimiento en materia seca con 0.33 g/pl. y T5 ,Mucuna negra sin inocular (MN), el menor rendimiento con 0.28 g/pl.

Con los resultados mencionados, a los 30 días después de la siembra, el tratamiento T3 aportaría en materia seca 39.6 Kg./ha ; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 33.6 Kg./ha.

#### 4. Area foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

Grafico N° 04



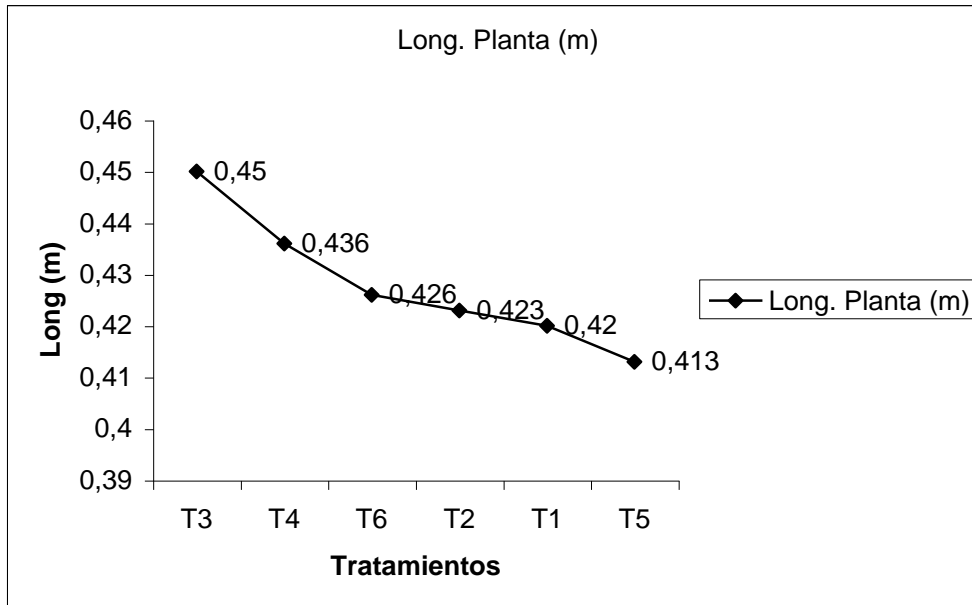
Según el análisis estadístico (Anexo N° 04 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 04 que T2, Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna ceniza (MNCMC) tiene el mayor valor con 85.2 cm<sup>2</sup>/planta y T4 ,Mucuna ceniza inoculadas con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) el menor valor con 82.17 cm<sup>2</sup>/planta.

## 5.2 SEGUNDA EVALUACIÓN ( 60 días después de la siembra)

### 1. Longitud de Planta (m)

Gráfico N° 05

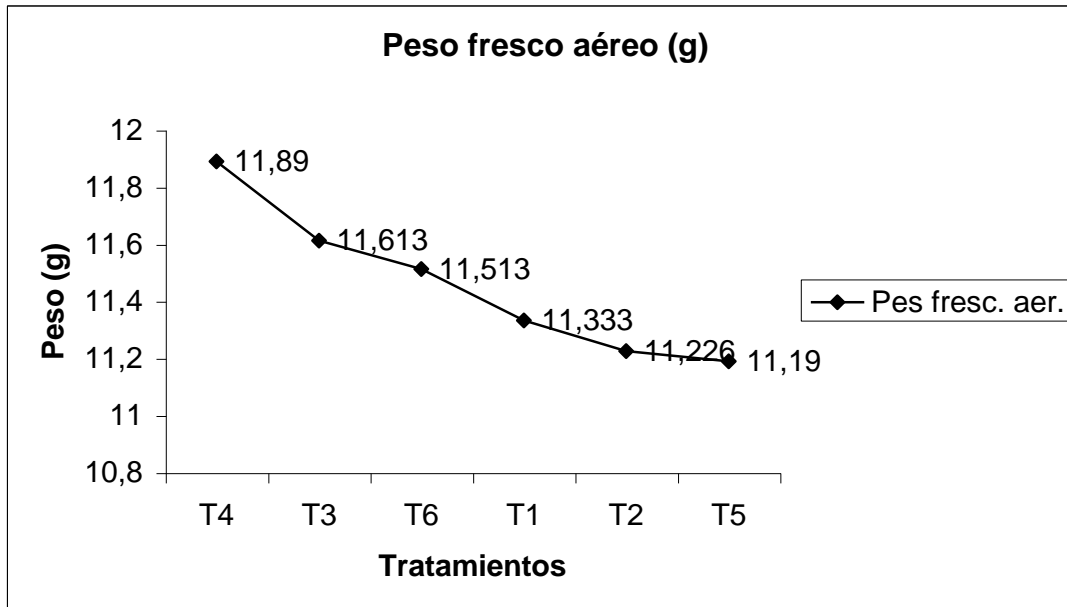


En el análisis estadístico (Anexo N° 05 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 05 que T3 , Mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra (MCCMN) tiene el mayor valor con 0.45 m y T5 , Mucuna negra sin inocular (MN) el menor valor con 0.413 m.

## 2. Peso fresco de la parte aérea (g/pl)

Grafico N° 06



Los resultados del análisis estadístico (Anexo N° 06 ) muestran que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

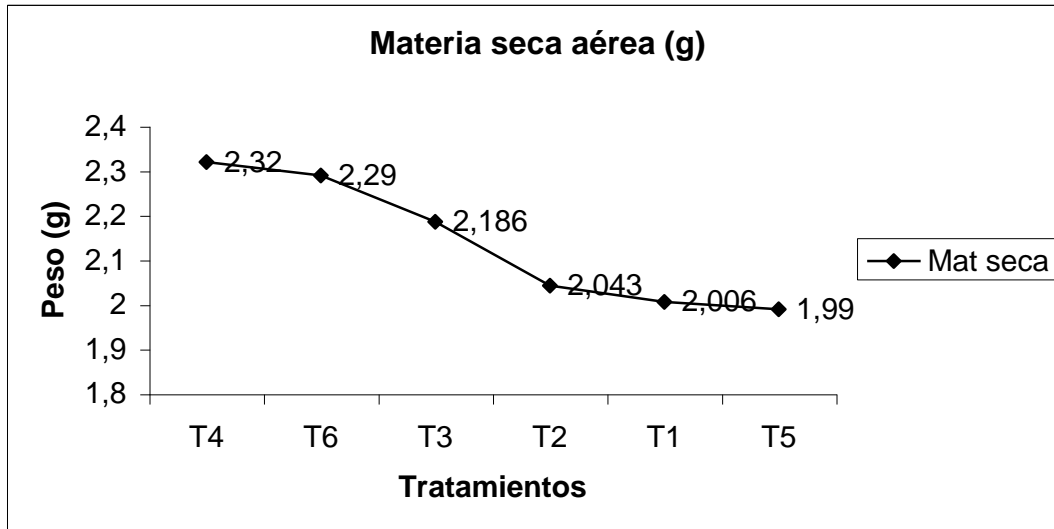
Se observa en el Gráfico N° 06 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor rendimiento en biomasa con 11.89 g/planta y T5, Mucuna negra sin inocular (MN) el menor rendimiento con 11.19 g/pl.

Con los resultados mencionados, a los 60 días después de la siembra, el tratamiento T4 aportaría en biomasa 1426 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 1342.8 Kg./ha.



### 3. Materia seca de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 07



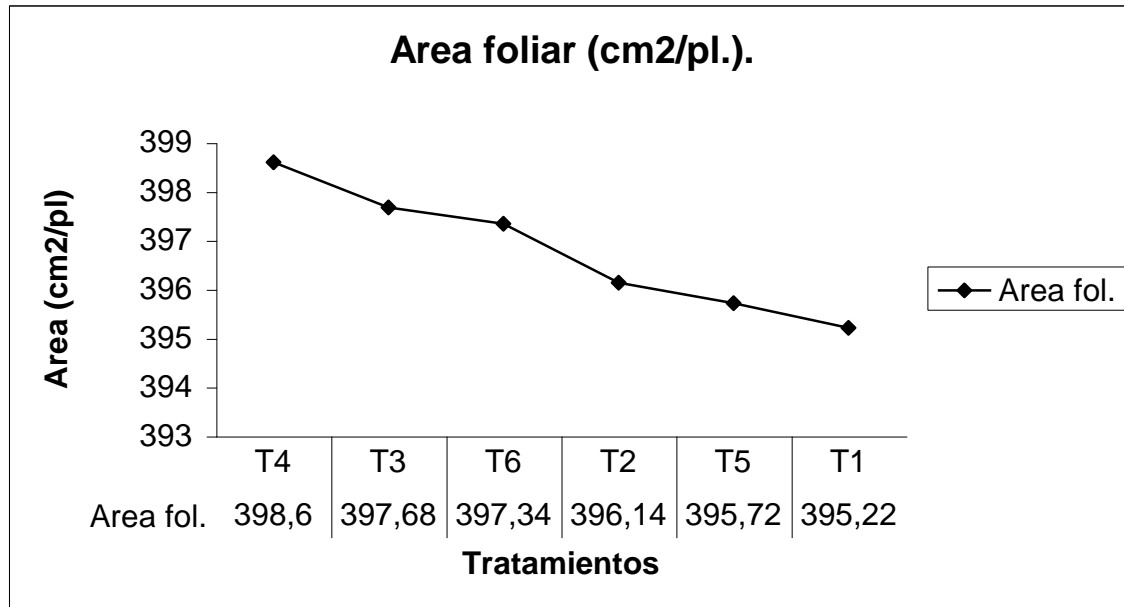
Según el análisis estadístico (Anexo N° 07 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 07 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor rendimiento en materia seca con 2.32 g/planta y T5, Mucuna negra sin inocular (MN) el menor valor con 1.99 g/planta.

Con los resultados mencionados, a los 60 días después de la siembra, el tratamiento T3 aportaría en materia seca 278.4 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 238.8 Kg./ha.

#### 4. Area foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

Gráfico N° 08



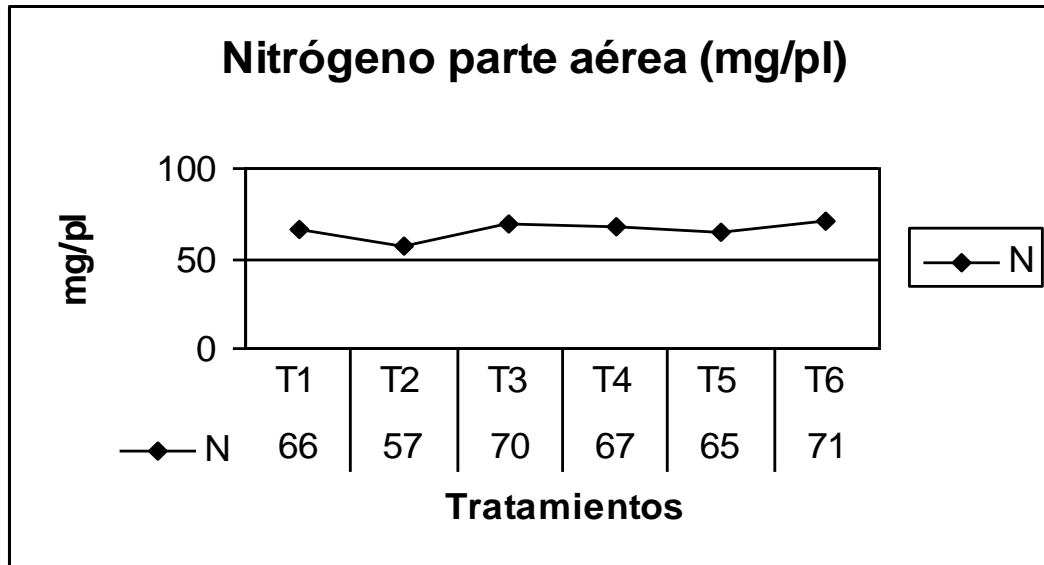
Según el análisis estadístico (Anexo N° 08 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 08 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor valor con 398.6 cm<sup>2</sup>/planta y T1, Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna negra (MNCMN) el menor valor con 395.22 cm<sup>2</sup>/planta.

## 5.2.2. Parámetro Químico

### 1. Nitrógeno en la parte aérea (mg/pl.)

Gráfico N° 09



Según el análisis estadístico (Anexo N° 09 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

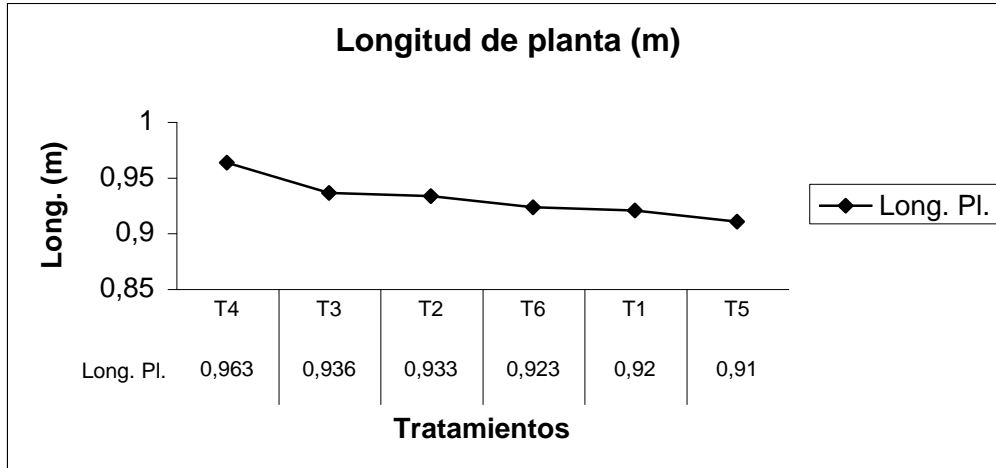
Se observa en el Gráfico N° 09 que T6, Mucuna ceniza sin inocular (MC) tiene el mayor valor en contenido de nitrógeno foliar con 71 mg/planta y T2, Mucuna negra inocularada con cepas de mucuna ceniza (MNCMC) el menor valor con 57 mg/planta.

Con los resultados mencionados, a los 60 días después de la siembra, el tratamiento T6 aportaría en nitrógeno 8.52 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T2 aportaría al suelo 6.84 Kg./ha.

### 5.3. Tercera Evaluación ( 90 días después de la siembra)

#### 1. Longitud de Planta (m)

Gráfico N° 10

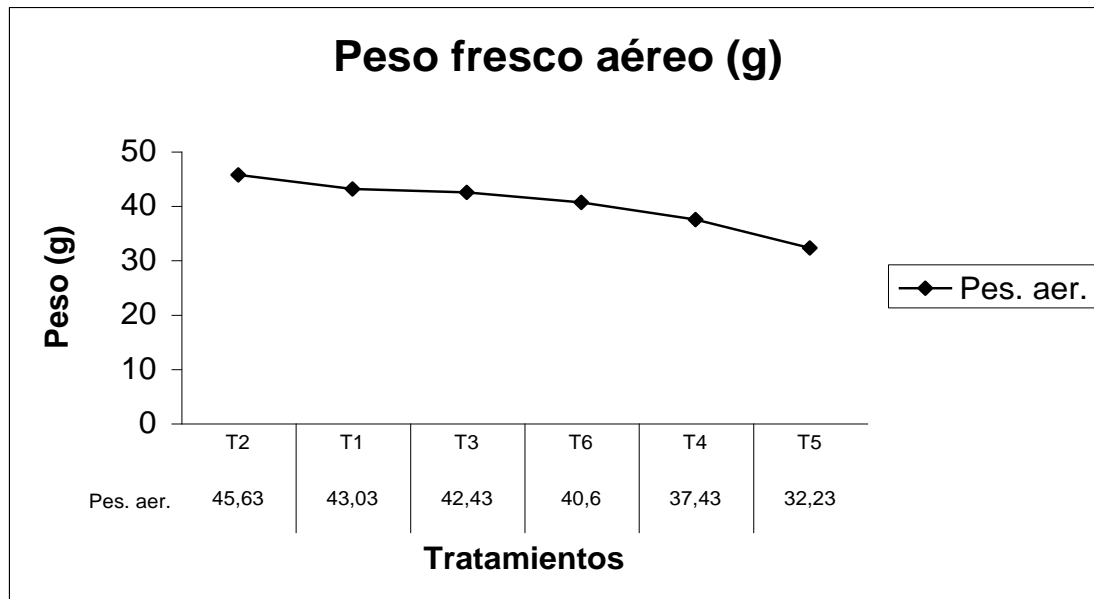


Según el análisis estadístico (Anexo N° 10 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 10 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor valor con 0.93 m y T5, Mucuna negra sin inocular (MN) el menor valor con 0.91 m.

## 2. Peso fresco de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 11



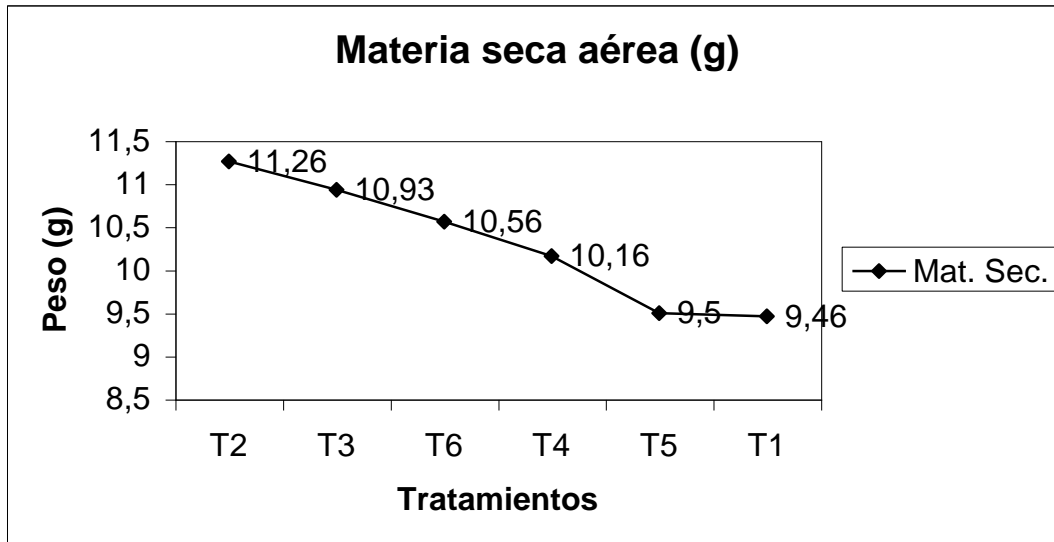
Según el análisis estadístico (Anexo N° 11 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 11 que T2, Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna ceniza (MNCMC) tiene el mayor rendimiento en biomasa con 45.63 g/planta y T5, Mucuna ceniza sin inocular (MC) el menor valor con 32.33 g/planta.

Con los resultados mencionados, a los 90 días después de la siembra, el tratamiento T2 aportaría en biomasa 5475.6 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 3879.6 Kg./ha.

### 3. Materia seca de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 12



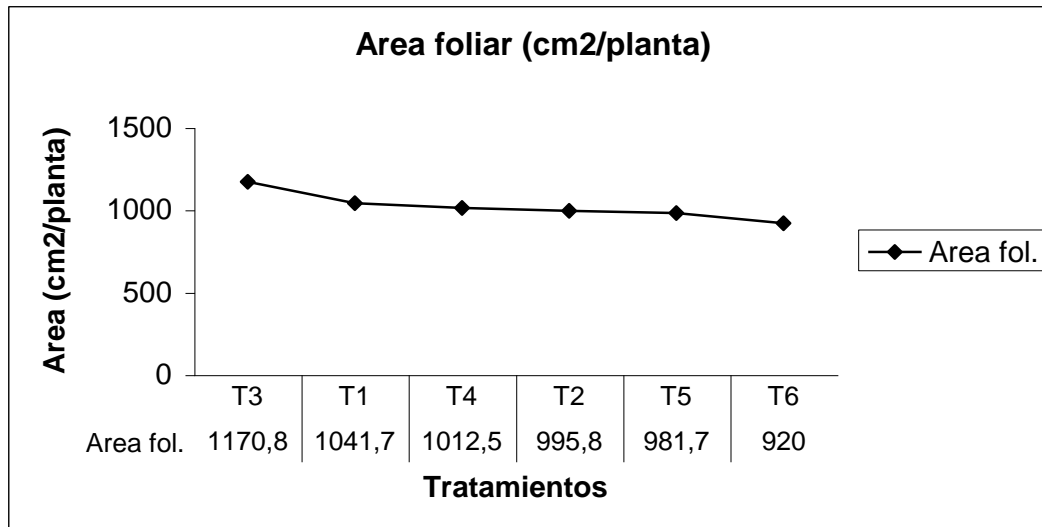
Según el análisis estadístico (Anexo N° 12 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 12 que T2, Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna ceniza (MNCMC) tiene el mayor valor en rendimiento de materia seca con 11.26 g/planta y T1, Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna negra (MNCMN) el menor valor con 9.46 g/planta.

Con los resultados mencionados, a los 90 días después de la siembra, el tratamiento T2 aportaría en materia seca 1351.21 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T1 aportaría al suelo 1135.2 Kg./ha.

#### 4. Area foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

Grafico N° 13



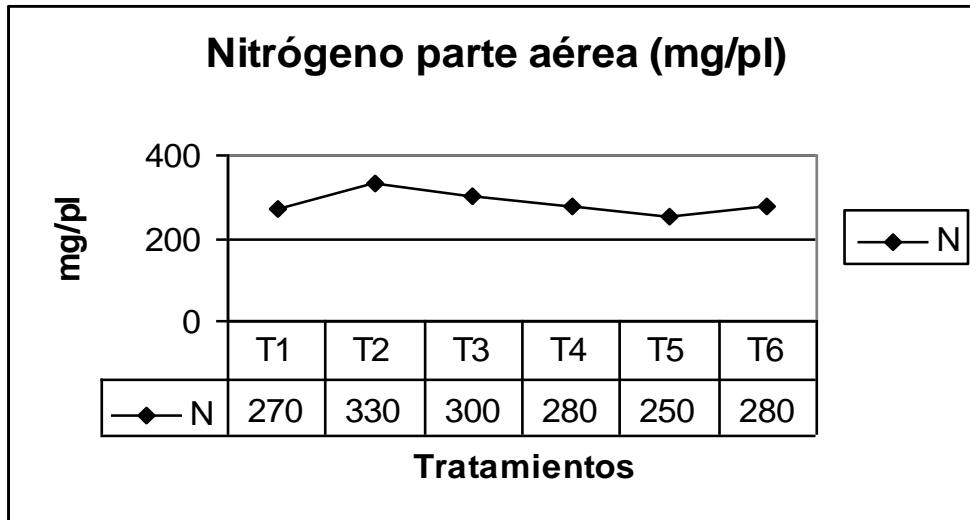
Según el análisis estadístico (Anexo N° 13 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 13 que T3, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna negra (MCCMN) tiene el mayor valor con 1170.8 cm<sup>2</sup>/planta y T6, Mucuna ceniza sin inocular (MC ) el menor valor con 920 cm<sup>2</sup>/planta.

### 5.3.2. Parámetro Químico

#### 1. Nitrógeno en la parte aérea (mg/pl.)

Gráfico N° 14



Según el análisis estadístico (Anexo N° 14 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 14 que T2 ,Mucuna negra inoculada con cepas de mucuna ceniza (MN) tiene el mayor valor con 330 mg/planta y T5, Mucuna negra sin nocular (MN) el menor valor con 250 mg/planta.

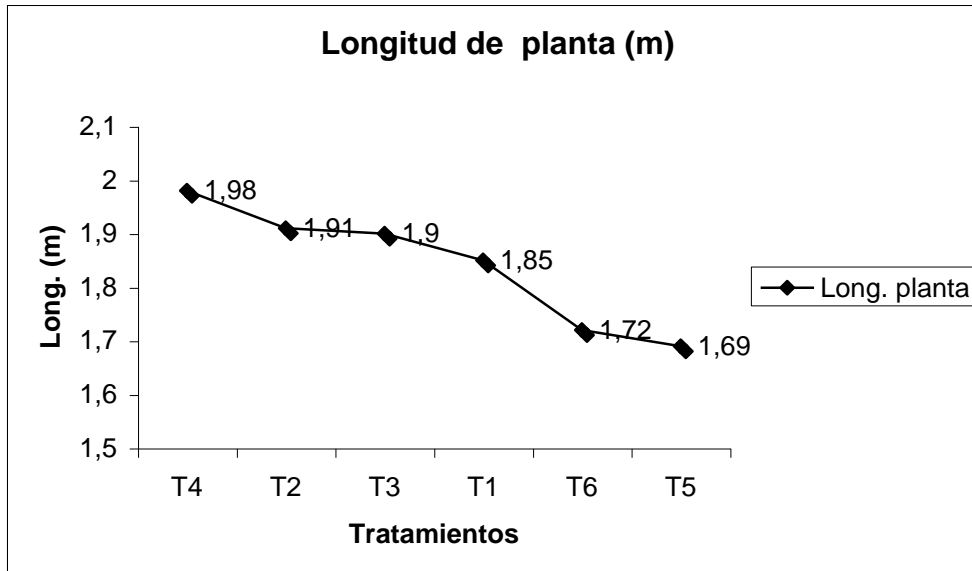
Con los resultados mencionados, a los 90 días después de la siembra, el tratamiento T2 aportaría en nitrógeno 39.6 Kg./ha; con un rendimiento inferior el tratamiento T5 aportaría al suelo 30 Kg./ha.



#### 5.4. CUARTA EVALUACIÓN (120 días después de la siembra)

##### 1. Longitud de Planta (m)

Gráfico N° 15

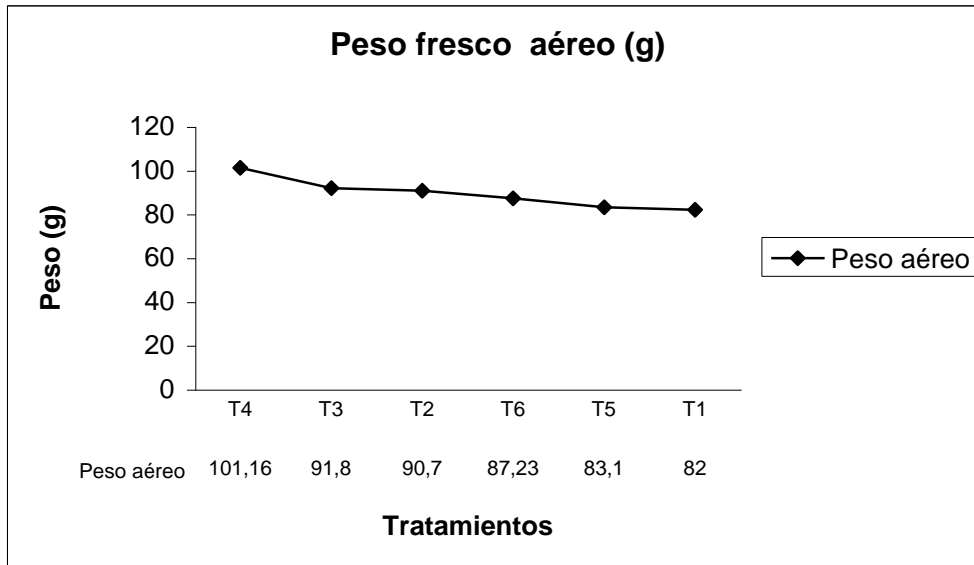


Según el análisis estadístico (Anexo N° 15 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 15 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor valor con 1.98 m y T5, Mucuna negra sin inocular (MN ) el menor valor con 1.69 m.

## 2. Peso fresco de la parte aérea (g/pl)

Gráfico N° 16



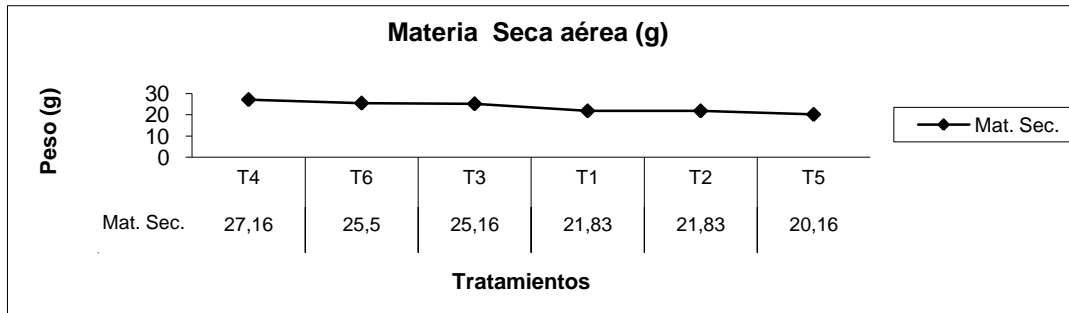
Según el análisis estadístico (Anexo N° 16 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 16 que T4, Mucuna ceniza inoculadas con cepas de mucuna ceniza (MCCM) tiene el mayor valor en peso fresco aéreo con 101.16 g/planta y T1, Mucuna negra inoculadas con cepas de mucuna negra (MNCMN) el menor valor en rendimiento con 82 g/planta.

Con los resultados mencionados, a los 120 días después de la siembra, el tratamiento T4 aportaría en biomasa 12.14 Tn/ha ; con un rendimiento inferior el tratamiento T1 aportaría al suelo 9.8 Tn/ha.

### 3. Materia seca de la parte aérea (g/pl.)

Gráfico N° 17



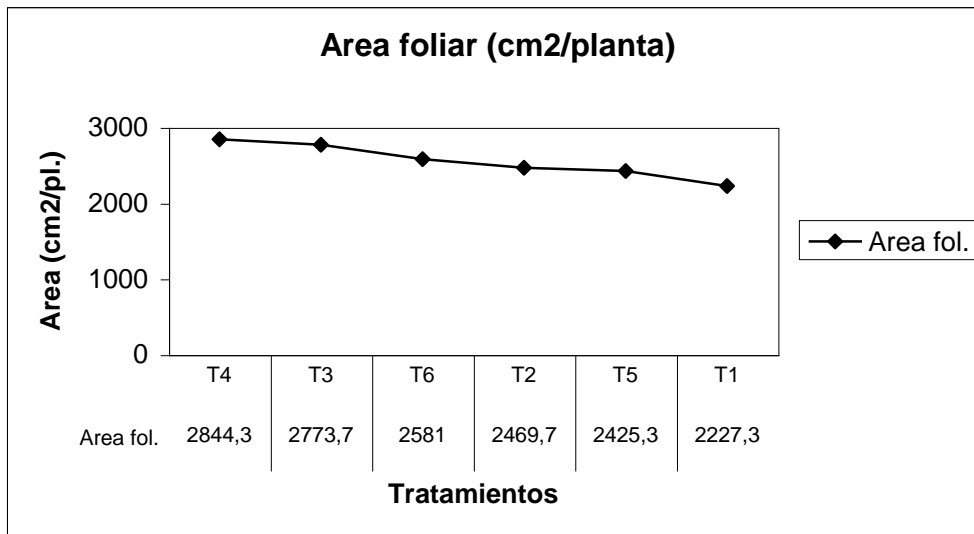
Según el análisis estadístico (Anexo N° 17 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Se observa en el Gráfico N° 17 que T4 , Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor rendimiento de materia seca con 27.16 g/planta ,esto sería 3.25 Tn/ha , este valor representa el 26.77% del peso fresco aéreo y T5, Mucuna negra sin inocular (MN) el menor rendimiento con 20.16 g/planta, lo mismo sería 2.41 Tn/ha , esta cantidad representa el 24.17 % del peso fresco aéreo.

**FAO, (2000),** reporta que mucuna tiene rendimientos de 19.6% de materia seca en plantas evaluadas 3 meses después de la siembra, en Trinidad . En el presente experimento se obtuvieron valores que superan a los mencionados, ello nos indica que a mayor tiempo después de la siembra el porcentaje de materia seca se incrementa . De la misma fuente se recogen datos que indican que mucuna produce 24.2 % de materia seca en plantas evaluadas 9 meses después

de la siembra, este último valor porcentual se aproxima a los encontrados en los ensayos, los cuales se detallan en el párrafo anterior .

#### 4. Area foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

Gráfico N° 18



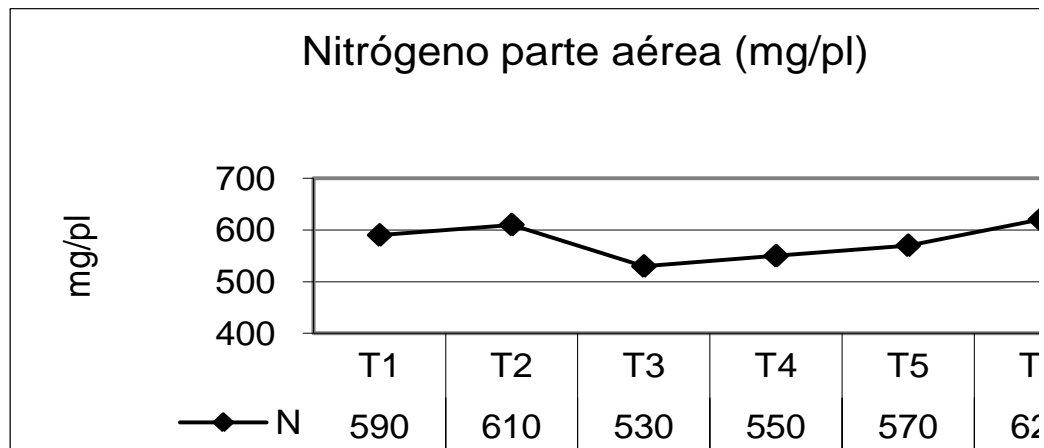
Según el análisis estadístico (Anexo N° 18 ) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Se observa en el Gráfico N° 18 que T4, Mucuna ceniza inoculada con cepas de mucuna ceniza (MCCMC) tiene el mayor valor con 2844.3 cm<sup>2</sup>/planta y T1, Mucuna negra inoculadas con cepas de mucuna negra (MNCMN) el menor valor con 2227.3 cm<sup>2</sup>/planta.

## 5.4.2. Parámetro Químico

### 1. Nitrógeno en la parte aérea (mg/pl.)

Gráfico N° 19



Según el análisis estadístico (Anexo N° 19) se observa que a un nivel de significación de 0.05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Se observa en el Gráfico N° 19 que T6 , Mucuna ceniza sin inocular , tiene el mayor valor en contenido de nitrógeno foliar con 620 mg/planta y T3, Mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra (MCCMN) el menor valor con 530 mg/planta.

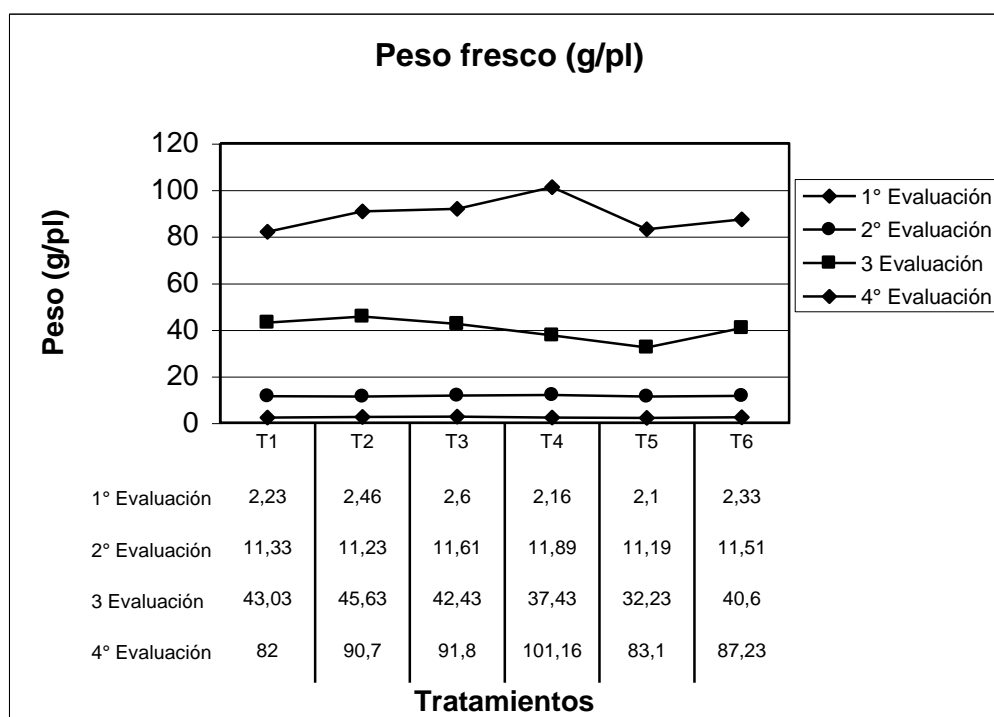
Con los resultados mencionados, a los 120 días después de la siembra, el tratamiento T6 aportaría en Nitrógeno 74.4 Kg./ha, este valor representa el 2.41 % de la materia seca aérea; con un rendimiento inferior el tratamiento T3 aportaría al suelo 63.6 Kg/ha , esta cantidad es equivalente al 2.11 % del peso seco aéreo. **Salisbury, (2000)**, menciona que el nitrógeno constituye entre el 1 al 4 % del peso seco en tejidos vegetales, donde se encuentra constituyendo la estructura básica de las proteínas, aminoácidos y moléculas esenciales como la clorofila.

## 5.5. Evolución de los parámetros en el tiempo

### 5.5.1. Parámetros biométricos

#### 5.5.1.1. Peso fresco (g/planta)

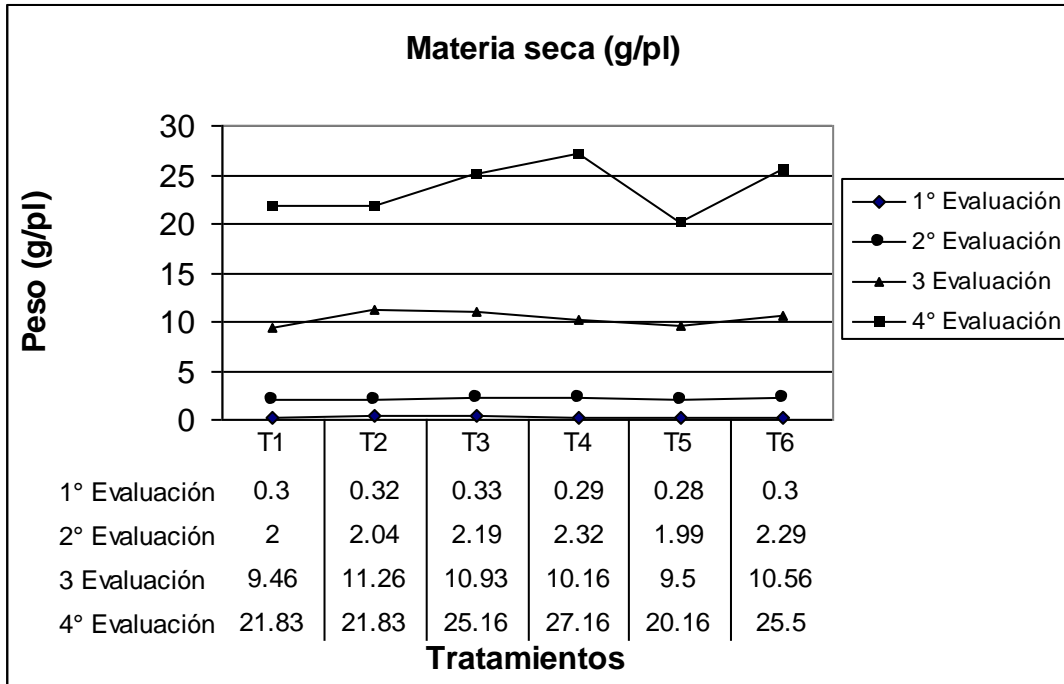
Gráfico N° 20



El gráfico N° 20 demuestra que T4, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna ceniza (MCCMC), evolucionó mejor en los cuatro meses de evaluación, en el primer mes después de la siembra ( Primera evaluación) se obtenía en biomasa 2.16 g/planta (0.26 Tn/ha), a los cuatro meses (Cuarta evaluación) el incremento indicaba que se obtenía 101 g/planta ( 12.14 Tn/ha).

### 5.5.1.2. Materia seca (g/planta)

Gráfico N° 21

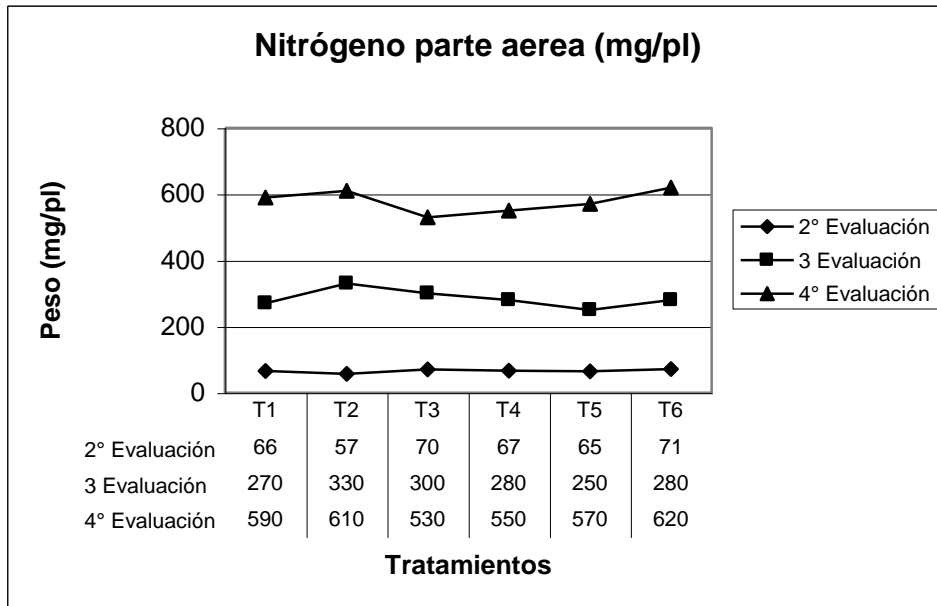


El gráfico N° 21 demuestra que T4, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna ceniza (MCCMC), evolucionó mejor en los cuatro meses de evaluación, en el primer mes después de la siembra (Primera evaluación ) se obtenía en biomasa 0.29 g/planta (0.035 Tn/ha), a los cuatro meses (cuarta evaluación ) el incremento indicaba que se obtenía 27.16 g/planta (3.25 Tn/ha).

## 5.5.2. Parámetro químico

### 5.5.2.1. Nitrógeno en la parte aérea (mg/pl)

Gráfico N° 22



El gráfico N° 22 demuestra que T6, mucuna negra sin inocular (MN), evolucionó mejor en los cuatro meses de evaluación, en el segundo mes después de la siembra (Segunda evaluación) se obtenía en contenido de nitrógeno foliar 71 mg/planta (8.52 Kg/ha), a los cuatro meses (Cuarta evaluación) el incremento indicaba que se obtenía 620 mg/planta (74.4 Kg/ha).



## **VI. CONCLUSIONES**

1. Mucuna ceniza y mucura negra obtienen rendimientos similares en materia seca en suelos de costa central, siendo el promedio 2.83 Tn/ha a los 120 días después de la siembra.
2. Los rizobios extraídos de suelos ácidos de selva baja (Loreto) inoculados en mucura negra y ceniza al ser ensayados en costa central no formaron nódulos radiculares.
3. El aporte de nitrógeno al suelo por parte de mucuna ceniza y negra son similares, siendo el promedio 69.4 kg/ha a los 120 días después de la siembra.

## VII. RESUMEN DE LOS RESULTADOS

1. No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, aun nivel de significación de 0.05, respecto a la producción de materia seca, de igual forma en el aporte de nitrógeno al suelo por parte de la leguminosa en estudio, mucuna.

2. El tratamiento T4, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna ceniza (MCCMC), obtuvo el mayor rendimiento en materia seca, en la cuarta evaluación, a los 120 días después de la siembra, esto es 27.16 g/planta, el mismo que es equivalente a 3.25 Tn/ha., este valor representa el 26.77% del peso fresco aéreo (12.14 Tn/ha).

El incremento estacional de materia seca para este tratamiento fue: 33.8 Kg/ha a los 30 días después de la siembra (dds), 278.4 Kg/ha a los 60 dds, 1219.2 Kg/ha a los 90 dds. y 3250 Kg/ha a los 120 dds.

3. Los mejores rendimientos en materia seca en la cuarta evaluación, 120 dds, fueron obtenidos por mucuna ceniza. El tratamiento T4, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna ceniza (MCCMC) obtuvo una producción de 3.25 Tn/ha, en tanto T6, mucuna ceniza sin inocular tuvo un rendimiento de 3.06 Tn/ha y finalmente T3, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra aportaría al suelo 3.02 Tn/ha.

Mucuna negra tuvo rendimientos inferiores en producción de materia seca: T1, mucuna negra inoculada con cepa de mucuna negra (MNCMN) con 2.62 Tn/ha , T2, mucuna negra inoculada con cepa de mucuna ceniza (MNCMC) con 2.62 Tn/ha, y T5 , mucuna negra sin inocular con 2.42 Tn/ha.

4. Respecto a la síntesis de nitrógeno en la parte aérea, en los resultados obtenidos a los 120 dds, demuestran que el tratamiento T6, mucuna ceniza sin inocular (MC), obtuvo el mayor valor, con este tratamiento se aportaría en nitrógeno 74.4 Kg/ha , al año la producción aproximada sería 223 Kg/ha , esta cantidad representa el 2.41% del peso seco de mucuna. Con un rendimiento inferior el tratamiento T3, mucuna ceniza inoculada con cepa de mucuna negra (MCCMN), aportaría al suelo 63.6 Kg/ha, esta cantidad es equivalente al 2.11 % del peso seco aéreo, al final del ciclo de mucuna, al año, se obtendría una producción de 190 Kg/ha.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar ensayos con mucuna inoculadas con cepas nativas de suelos de la costa .
2. Evaluar la producción a nivel de campo en materia seca y el aporte de nitrógeno.
3. Asociar mucuna con un cultivo, como maíz, yuca, etc y evaluar el rendimiento de la leguminosa.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALMARAZ S., R. 1987. Efecto de la sequía en la sobrevivencia de cepas de *Rhizobium phaseoli* aisladas en zonas semiáridas de México. Xalapa, Veracruz. 17 pp.
- BAUER, T. 1998. Microorganismos fijadores de Nitrógeno: Familia Rhizobiaceae. Universidad Erlangen-Nuremberg. Alemania
- CIAT, PROYECTO RHIZOBIOLOGIA.2002. Santa Cruz de la sierra. Bolivia.  
[www.bolivianet.com/ciathizo](http://www.bolivianet.com/ciathizo)
- CIDICCO. 2003. ( Centro Internacional de Investigacion en Cultivos de Cobertura) Memoria del Taller de Mucuna: Mucuna como alimento y concentrado. Usos actuales y el camino por delante. Tegucigalpa, Honduras.
- COYNE. 2000. Microbiología del suelo. Un enfoque exploratorio. Madrid. España. 416 pp.
- DAVEY A.,G. Y SIMPSON R.,J. 1989. Nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in an acid soil in response to moisture deficit. Soil Biol. Biochem 21:9-12.
- DREYON, J.J. 1995. In situ open-flow assay of acetylene reduction activity by sorbean root-nodule: influence of acetylene and oxygen . Plant. Fisiol. Biochem 26: 73-78.
- FAO Y NIFTAL, 1985. Inoculantes para Leguminosas y su uso. Ed. FAO, Roma-Italia, Pag. 18 -23.
- FAO, 2000. Sistema de Información de los recursos del pienso.  
<http://www.fao.org/livestock/>

- FASSBENDER, H.W. 1986. Química de Suelo con énfasis en suelos de América Latina. Editorial IICA. Costa Rica. 398 pp.
- GRAHAM, 1999. Phosphorus fertilization and simbiotic nitrogen fixation in common bean. Agron. J. 7:925-926
- GROS, A., 1992. Abonos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 pp
- HAMDI, 1985. La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos. Boletín de suelos de la FAO. Pag.188.
- JIMÉNEZ, J. Y PEÑA, J. 2000. Fijación Biológica de N<sub>2</sub> (FBN) en leguminosas de América Latina. Irapuato. México.
- MATOS, et al. 1998. Diversidad de Rhizobios que nodulan en el cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en la costa central del Perú. Lima-Perú. 42-46 pp.
- MULONGOY, et al . 1992. Biological Nitrogen Fixation d sustainability of tropical agriculture. Jhon Wiley and sons ed.
- NAVAS, M. 2000. Evaluación de varias cepas nativas de *Azolla* en suelos venezolanos con vocación de uso para el cultivo de arroz.
- ORMEÑO O, E.A. 1998. Optimización de parámetros para la producción de inoculantes de *Rhizobium sp* y *Bradyrhizobium sp* . Tesis Biólogo UNALM. 83 pp.
- SOMASEGARAN, P AND HOBEN H.,J. 1985. Methods in legume-Rhizobium technology. Niftal . Hawaii. USA. 367 pp.
- SOTO, L. et al. 2000. Elementos No. 38 Vol.7: Fijación Biológica Nitrógeno (Revista Trimestral) Universidad Autónoma de Puebla. México.

SPRENT Y ZAHARAN. 1988. Infección, development and funtioning of nodules under drought and salinit. E nitrogen fixati3n by legumes in mediterraneo agriculture. Beck and L:A: Materon edit. Martin Nijhott, the Neterlands. 145-151 pp.

WILD, A.1992. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Ediciones. Mundi - Prensa. Madrid 991 pp.

## **ANEXOS**



01. Análisis de Variancia Longitud de planta-Primera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00054667	1.12	3.11	
Factorial	3	0.00058889	1.21	3.49	
Especies	1	0.00013333	0.27	4.75	
Cepas	1	0.00000000	0.00	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00163333	3.40	4.75	
Adicional	1	0.00006667	0.13	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00090130	1.88	4.75	
Error	12	0.00048889			
Total	17				

C.V.: 7.28%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.039

0.041

0.042

0.043

0.043

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	0.032	T3
A	0.031	T2
A	0.030	T4
A	0.029	T6
A	0.029	T1
A	0.029	T5

02. ANVA Peso fresco de la parte aérea-Primera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.10766667	1.00	3.11	
Factorial	3	0.12222222	1.20	3.49	
Especies	1	0.00333333	0.03	4.75	
Cepas	1	0.03000000	0.30	4.75	
Esp*Cep.	1	0.33333333	3.30	4.75	
Adicional	1	0.08166667	0.80	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.16349980	1.63	4.75	
Error	12	0.10722222			
Total	17				

C.V.: 14.13%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.582

0.609

0.626

0.637

0.644

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	2.60	T3
A	2.46	T2
A	2.33	T6
A	2.23	T1
A	2.16	T4
A	2.10	T5

### 03. ANVA Materia seca de la parte aérea - Primera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00108556	0.91	3.11	
Factorial	3	0.00123056	1.00	3.49	
Especies	1	0.00000833	0.00	4.75	
Cepas	1	0.00067500	0.50	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00300833	2.52	4.75	
Adicional	1	0.00026667	0.22	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00147018	1.23	4.75	
Error	12	0.00119444			
Total	17				

C.V.: 11.41 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.061

0.064

0.066

0.067

0.068

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	0.33	T3
A	0.31	T2
A	0.30	T1
A	0.29	T6
A	0.28	T4
A	0.28	T5

04 Análisis de Variancia Area foliar - Primera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	5.1707867	0.47	3.11	
Factorial	3	5.63862222	0.51	3.49	
Especies	1	4.61280000	1.42	4.75	
Cepas	1	2.72653333	0.25	4.75	
Esp*Cep.	1	9.57653333	0.88	4.75	
Adicional	1	0.52806667	0.05	4.75	
Fact.vs Adic.	1	8.42393333	0.77	4.75	
Error	12	10.8911056			
Total	17				

C.V.: 3.94 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 5.871

6.145

6.311

6.421

6.498

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	85.20	T2
A	84.91	T3
A	84.36	T1
A	83.01	T6
A	82.41	T5
A	82.17	T4

05. Análisis de Variancia Longitud de Planta -Segunda evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00051667	0.85	3.11	
Factorial	3	0.00056389	0.08	3.49	
Especies	1	0.00007500	0.19	4.75	
Cepas	1	0.00020833	0.01	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00026667	0.03	4.75	
Adicional	1	0.00063173	0.03	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00060556	0.09	4.75	
Error	12				
Total	17				

C.V.: 5.74%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2                      3                      4                      5                      6

Rango crítico: 0.0437              0.045              0.047              0.047              0.048

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	0.45	T3
A	0.43	T4
A	0.42	T6
A	0.42	T2
A	0.42	T1
A	0.41	T5

06. ANVA Peso fresco de la parte aérea - Segunda evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.212	1.08	3.11	
Factorial	3	0.266	1.33	3.49	
Especies	1	0.667	3.37	4.75	
Cepas	1	0.021	0.10	4.75	
Esp*Cep.	1	0.110	0.56	4.75	
Adicional	1	0.156	0.77	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.114	0.58	4.75	
Error	12	2.363			
Total	17				

C.V.: 3.87 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2                      3                      4                      5                      6

Rango crítico: 0.789              0.826              0.848              0.863              0.873

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	11.89	T4
A	11.61	T3
A	11.51	T6
A	11.33	T1
A	11.22	T2
A	11.19	T5

05. ANVA Materia seca de la parte aérea - Segunda evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.06401889	2.09	3.11	*
Factorial	3	0.6169722	1.95	3.49	
Especies	1	0.15640833	5.20	4.75	
Cepas	1	0.02167500	0.70	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00700833	0.23	4.75	
Adicional	1	0.13500000	4.50	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00009443	0.00	4.75	
Error	12	0.03066667			
Total	17				

C.V.: 8.18%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2                      3                      4                      5                      6  
Rango crítico: 0.311                      0.326                      0.334                      0.340                      0.344

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	2.32	T4
A	2.29	T6
A	2.18	T3
A	2.04	T2
A	2.00	T1
A	1.99	T5

08. Análisis de Variancia Area foliar-Segunda evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	5.0485700	0.07	3.11	
Factorial	3	6.9041444	0.10	3.49	
Especies	1	18.154800	0.27	4.75	
Cepas	1	2.5576333	0.03	4.75	
Esp*Cep.	1	0.0000000	0.00	4.75	
Adicional	1	3.9528167	0.06	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.5828500	0.01	4.75	
Error	12	67.636300			
Total	17				

C.V.: 2.07%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 5.75

6.01

6.18

6.29

6.36

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	399.60	T4
A	398.01	T3
A	397.67	T6
A	396.14	T2
A	396.05	T5
A	395.88	T1

09 ANVA Nitrógeno en la parte aérea -Segunda evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00007739	0.77	3.11	
Factorial	3	0.0009811	1.00	3.49	
Especies	1	0.00014700	1.56	4.75	
Cepas	1	0.00012033	1.33	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00002700	0.22	4.75	
Adicional	1	0.00004817	0.53	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00004712	0.44	4.75	
Error	12	0.00009089			
Total	17				

C.V.: 14.38 %

10. Análisis de Variancia Longitud de Planta -Tercera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00068556	0.51	3.11	
Factorial	3	0.00056389	0.42	3.49	
Especies	1	0.00100833	0.75	4.75	
Cepas	1	0.00067500	0.50	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00000833	0.00	4.75	
Adicional	1	0.00026667	0.19	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00147611	1.11	4.75	
Error	12	0.00133889			
Total	17				

C.V.: 3.96 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.065

0.061

0.069

0.071

0.072

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	0.95	T4
A	0.93	T3
A	0.93	T2
A	0.92	T6
A	0.92	T1
A	0.91	T5

11. ANVA Peso fresco de la parte aérea - Tercera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	68.288555	1.36	3.11	
Factorial	3	35.2400000	0.70	3.49	
Especies	1	58.080000	1.16	4.75	
Cepas	1	4.32000000	0.09	4.75	
Esp*Cep.	1	43.3200000	0.86	4.75	
Adicional	1	105.001666	2.09	4.75	
Fact.vs Adic.	1	130.720000	2.61	4.75	
Error	12	50.1577778			
Total	17				

C.V.: 17.60%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.065

0.061

0.069

0.071

0.072

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	0.95	T4
A	0.93	T3
A	0.93	T2
A	0.92	T6
A	0.92	T1
A	0.91	T5

12. ANVA Materia seca de la parte aérea - Tercera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	1.65433333	0.69	3.11	
Factorial	3	1.94750000	0.81	3.49	
Especies	1	0.10083333	0.04	4.75	
Cepas	1	0.80083333	0.33	4.75	
Esp*Cep.	1	4.94083333	2.06	4.75	
Adicional	1	1.70666667	0.71	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.724000	0.30	4.75	
Error	12	2.396111			
Total	17				

C.V.: 15.00%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 12.60

13.19

13.54

13.78

13.94

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	45.63	T2
A	43.03	T1
A	42.43	T3
A	40.60	T6
A	37.43	T4
A	32.23	T1

13. Análisis de Variancia Area foliar - Tercera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	21197.291	0.55	3.11	
Factorial	3	18901.909	0.49	3.49	
Especies	1	15950.520	0.41	4.75	
Cepas	1	31263.020	0.81	4.75	
Esp*Cep.	1	9492.1875	0.25	4.75	
Adicional	1	5704.1667	0.15	4.75	
Fact.vs Adic.	1	43576.554	1.13	4.75	
Error	12	38513.888			
Total	17				



C.V.: 19.23%  
Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 2.75

2.88

2.96

3.01

3.04

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	11.26	T2
A	10.93	T3
A	10.56	T6
A	10.16	T4
A	9.50	T5
A	9.46	T1

14. ANVA Nitrógeno en la parte aérea -Tercera evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00426667	0.97	3.11	
Factorial	3	0.00187500	0.42	3.49	
Especies	1	0.00020833	0.05	4.75	
Cepas	1	0.00100833	0.23	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00440833	1.00	4.75	
Adicional	1	0.00201667	0.50	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.01435922	3.26	4.75	
Error	12	0.00437222			
Total	17				

15. Análisis de Variancia Longitud de Planta -Cuarta evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.03893333	0.48	3.11	
Factorial	3	0.00850000	0.10	3.49	
Especies	1	0.01203333	0.15	4.75	
Cepas	1	0.01333333	0.16	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00013333	0.00	4.75	
Adicional	1	0.00106667	0.01	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.16810667	2.05	4.75	
Error	12	0.08194444			
Total	17				

C.V.: 15.52 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 0.509

0.533

0.547

0.557

0.563

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	1.98	T4
A	1.91	T2
A	1.90	T3
A	1.85	T1
A	1.72	T6
A	1.69	T5

16. ANVA Peso fresco de la parte aérea - Cuarta evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	147.013333	1.39	3.11	
Factorial	3	184.396667	1.74	3.49	
Especies	1	308.0533333	2.91	4.75	
Cepas	1	244.8033333	2.31	4.75	
Esp*Cep.	1	0.3333333	0.00	4.75	
Adicional	1	25.6266667	0.24	4.75	
Fact.vs Adic.	1	156.25000	1.48	4.75	
Error	12	105.852778			
Total	17				

C.V.: 11.51 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 18.30

19.16

19.68

20.02

20.26

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	101.16	T4
A	91.80	T3
A	90.70	T2
A	87.23	T6
A	83.10	T5
A	82.00	T1

17. ANVA Materia seca de la parte aérea - Cuarta evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	22.0888889	1.60	3.11	
Factorial	3	20.7777778		3.49	
Especies	1	6.33333333	1.51	4.75	
Cepas	1	3.00000000	4.09	4.75	
Esp*Cep.	1	3.00000000	0.22	4.75	
Adicional	1	42.6666666	0.22	4.75	
Fact.vs Adic.	1	5.444454	3.10	4.75	
Error	12	13.7769444	0.39		
Total	17				

C.V.: 15.72 %

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 6.60

6.91

7.09

7.22

7.30

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	27.16	T4
A	25.50	T6
A	25.16	T3
A	21.83	T1
A	21.83	T2
A	20.16	T5

18. Análisis de Variancia Area foliar - Cuarta evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	158191.822	0.98	3.11	
Factorial	3	243919.861	1.51	3.49	
Especies	1	36180.7500	3.92	4.75	
Cepas	1	73476.7500	0.45	4.75	
Esp*Cep.	1	22102.0833	0.14	4.75	
Adicional	1	36348.1667	0.22	4.75	
Fact.vs Adic.	1	22851.3613	0.14	4.75	
Error	12	161917.278			
Total	17				

C.V.: 15.75%

Prueba de Duncan

$\alpha$  (0.05)

G.L. error: 12

Número de medias: 2

3

4

5

6

Rango crítico: 715.9

749.3

769.5

783.0

792.3

Grupo Duncan	Medias	Tratamiento
A	2844.3	T4
A	2773.7	T3
A	2581.0	T6
A	2469.7	T2
A	2425.3	T5
A	2227.3	T1

19. ANVA Nitrógeno en la parte aérea -Cuarta evaluación

F.V.	G.L.	C.M.	Fc	Ft	$\alpha$ (0.05)
Tratamiento	5	0.00359667	0.18	3.11	
Factorial	3	0.00389722	0.21	3.49	
Especies	1	0.01020833	0.53	4.75	
Cepas	1	0.00140833	0.07	4.75	
Esp*Cep.	1	0.00007500	0.00	4.75	
Adicional	1	0.00426667	0.21	4.75	
Fact.vs Adic.	1	0.00271352	0.14	4.75	
Error	12	0.01915556			
Total	17				

C.V.: 23.93 %

20. Variables Biométricas – Primera evaluación

Repetición	Tratamiento	Especie	Cepa	Long. Planta (m)	Peso aéreo (g)	Materia Seca (g)	Area Foliar (cm <sup>2</sup> /pl)
I	T1	MN	MN	0.32	2.10	0.32	87.0
I	T2	MN	MC	0.31	2.50	0.36	86.3
I	T3	MC	MN	0.30	2.60	0.29	87.5
I	T4	MC	MC	0.30	2.50	0.33	86.5
I	T5	MN	.	0.29	2.20	0.27	86.1
I	T6	MC	.	0.32	2.30	0.28	87.0
II	T1	MN	MN	0.27	2.00	0.31	82.1
II	T2	MN	MC	0.32	2.00	0.30	84.0
II	T3	MC	MN	0.36	2.70	0.35	86.0
II	T4	MC	MC	0.28	2.10	0.25	82.0
II	T5	MN	.	0.31	2.50	0.33	82.1
II	T6	MC	.	0.29	2.20	0.30	83.1
III	T1	MN	MN	0.29	2.60	0.27	84.0
III	T2	MN	MC	0.32	2.90	0.29	85.3
III	T3	MC	MN	0.31	2.50	0.36	81.2
III	T4	MC	MC	0.32	1.90	0.28	78.0
III	T5	MN	.	0.27	1.60	0.25	79.0
III	T6	MC	.	0.28	2.50	0.30	78.9

21. Variables Biométricas – Segunda evaluación

Repet.	Trat.	Especie	Cepas	Alt. Pl. (m)	Peso aéreo (g)	Mat. Seca (g)	Area foliar (cm <sup>2</sup> /pl.)
I	T1	MN	MN	0.39	11.20	1.92	380.00
I	T2	MN	MC	0.44	10.69	2.05	394.10
I	T3	MC	MN	0.46	11.53	1.99	406.00
I	T4	MC	MC	0.44	11.90	2.21	400.10
I	T5	MN	.	0.38	10.80	2.15	399.00
I	T6	MC	.	0.42	11.98	2.15	398.01
II	T1	MN	MN	0.42	10.90	1.90	402.50
II	T2	MN	MC	0.40	11.92	1.98	399.02
II	T3	MC	MN	0.44	11.93	2.56	397.03
II	T4	MC	MC	0.43	11.80	2.40	390.50
II	T5	MN	.	0.41	11.78	1.89	401.00
II	T6	MC	.	0.46	11.29	2.30	390.00
III	T1	MN	MN	0.45	11.90	2.20	403.15
III	T2	MN	MC	0.43	11.07	2.10	395.30
III	T3	MC	MN	0.45	11.38	2.01	390.00
III	T4	MC	MC	0.44	11.97	2.35	405.20
III	T5	MN	.	0.45	10.99	1.93	387.15
III	T6	MC	.	0.40	11.27	2.42	404.01

22. Variables Biométricas – Tercera evaluación

Rep.	Trat.	Especie	Cepa	Alt. Planta (m)	Peso aéreo (g)	Mat. Seca (g)	Area fol. (cm <sup>2</sup> /pl.)
I	T1	MN	MN	0.94	35.60	8.30	1062.50
I	T2	MN	MC	0.95	42.80	9.60	837.50
I	T3	MC	MN	0.95	37.80	10.60	1137.50
I	T4	MC	MC	0.97	44.40	13.00	1300.00
I	T5	MN	.	0.93	29.80	8.80	820.00
I	T6	MC	.	0.97	39.20	10.60	910.00
II	T1	MN	MN	0.94	48.90	10.40	1287.50
II	T2	MN	MC	0.95	38.80	11.60	962.50
II	T3	MC	MN	0.94	43.70	11.90	1212.50
II	T4	MC	MC	0.95	29.80	8.10	800.00
II	T5	MN	.	0.84	25.20	8.10	850.00
II	T6	MC	.	0.90	47.30	11.10	950.00
III	T1	MN	MN	0.88	44.60	9.70	775.00
III	T2	MN	MC	0.90	55.30	12.60	1187.50
III	T3	MC	MN	0.92	45.80	10.30	1162.50
III	T4	MC	MC	0.94	38.10	9.40	937.50
III	T5	MN	.	0.96	41.70	11.60	1275.00
III	T6	MC	.	0.90	35.30	10.00	900.00

23. Variables Biométricas – Cuarta evaluación

Repet.	Tratm.	Especie	Cepa	Alt pl. (m)	Peso aéreo (g)	Mat. Seca (g)	Area fol. (cm <sup>2</sup> /pl.)
I	T1	MN	MN	1.80	75.30	25.20	1794
I	T2	MN	MC	1.67	89.40	23.10	2659
I	T3	MC	MN	1.66	88.80	22.25	2660
I	T4	MC	MC	1.88	99.90	30.05	2720
I	T5	MN	.	1.55	85.50	22.20	2374
I	T6	MC	.	1.23	79.10	25.15	2640
II	T1	MN	MN	1.85	67.70	14.15	2093
II	T2	MN	MC	1.70	98.70	20.10	2999
II	T3	MC	MN	1.80	95.00	24.20	2977
II	T4	MC	MC	2.12	96.20	22.30	2810
II	T5	MN	.	1.60	90.80	19.10	2621
II	T6	MC	.	1.98	83.60	24.15	2098
III	T1	MN	MN	1.90	103.00	26.15	2795
III	T2	MN	MC	2.36	84.00	22.30	1751
III	T3	MC	MN	2.26	91.60	29.05	2684
III	T4	MC	MC	1.94	107.40	29.15	3003
III	T5	MN	.	1.93	73.00	19.20	2281
III	T6	MC	.	1.95	99.00	27.20	3005



24. Nitrógeno parte aérea (g/pl.)- Primera - Cuarta evaluación

Repet.	Tratm.	Especie	Cepa	Nitrog. Parte aérea (g/pl.) 2ª Eval.	Nitrog. Parte aérea (g/pl.) 3ª Eval.	Nitrog. Parte aérea (g/pl.) 4ª Eval.
I	T1	MN	MN	0.062	0.26	0.85
I	T2	MN	MC	0.049	0.27	0.64
I	T3	MC	MN	0.064	0.24	0.31
I	T4	MC	MC	0.054	0.40	0.53
I	T5	MN	.	0.072	0.22	0.65
I	T6	MC	.	0.067	0.33	0.58
II	T1	MN	MN	0.057	0.28	0.37
II	T2	MN	MC	0.062	0.42	0.62
II	T3	MC	MN	0.083	0.37	0.61
II	T4	MC	MC	0.081	0.25	0.48
II	T5	MN	.	0.062	0.22	0.47
II	T6	MC	.	0.075	0.29	0.64
III	T1	MN	MN	0.080	0.28	0.54
III	T2	MN	MC	0.060	0.30	0.58
III	T3	MC	MN	0.064	0.30	0.68
III	T4	MC	MC	0.066	0.20	0.64
III	T5	MN	.	0.063	0.31	0.58
III	T6	MC	.	0.072	0.24	0.64

25. Evolución de los valores de las Variables Biométricas en el tiempo

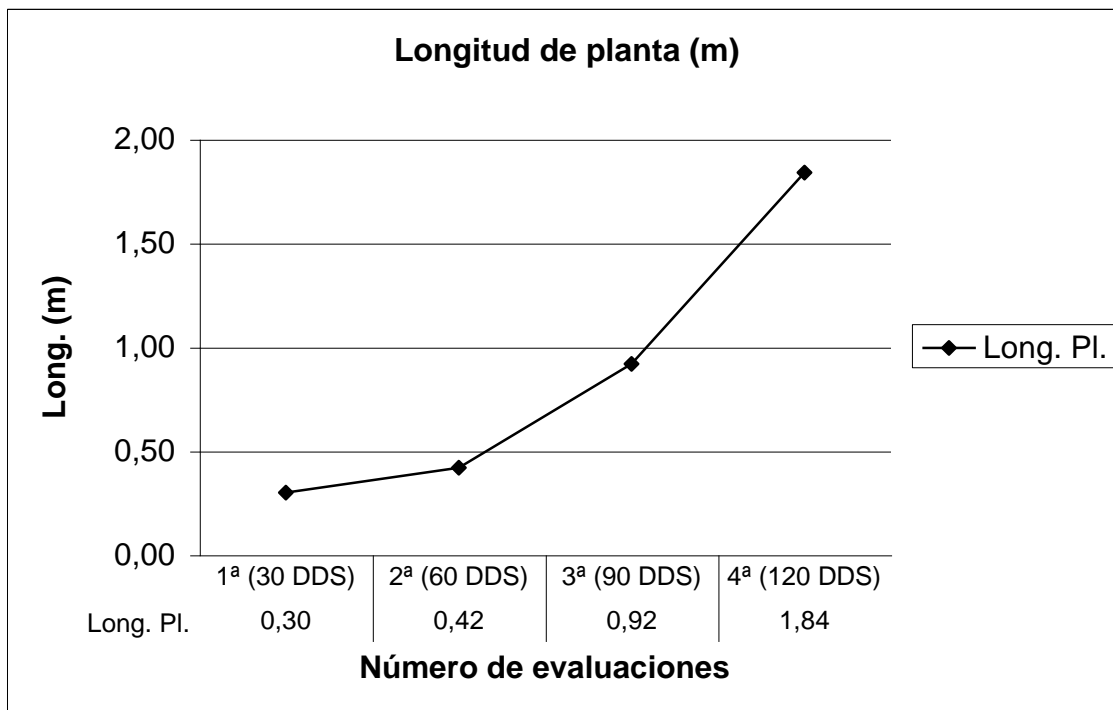
Número de evaluación	Variables Biométricas			
	Longitud Planta (m)	Peso fres. Aér. (g)	Mat. Seca aér. (g)	Area fol. (cm <sup>2</sup> /pl.)
Primera (30 DDS)	0.30	2.32	0.30	83.68
Segunda (60 DDS)	0.42	11.46	2.14	396.78
Tercera (90DDS)	0.92	40.22	10.31	1020.41
Cuarta (120DDS)	1.84	89.33	23.61	2533.55

DDS: Días después de la siembra

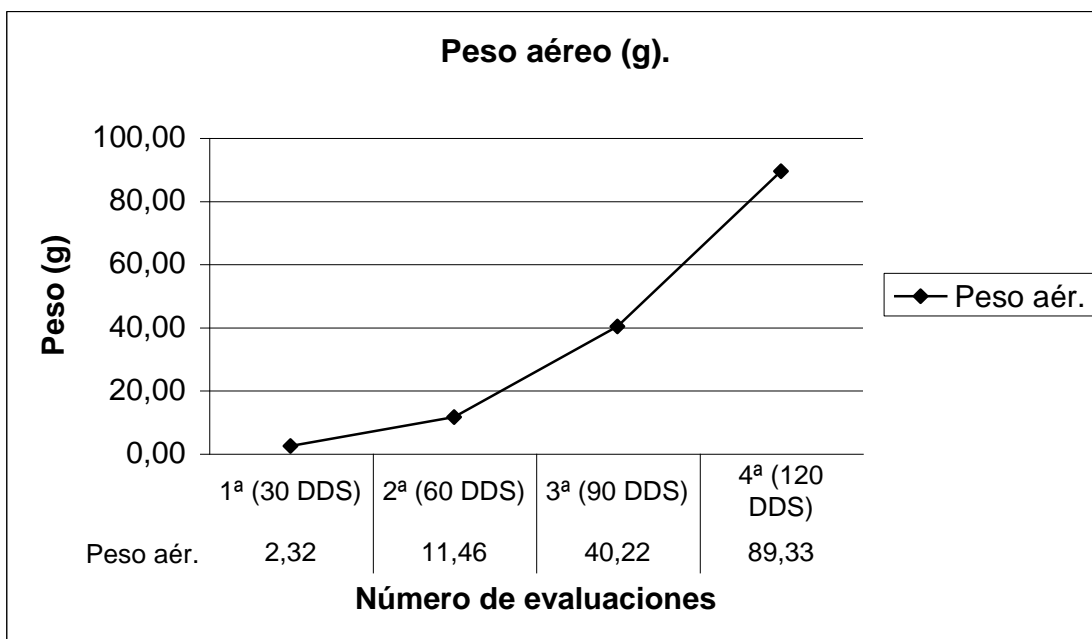
26. Evolución de los valores de las Variables Microbiológicas en el tiempo

Número de evaluaciones	Variables Microbiológicas			
	Número de nódulos/planta	Peso del nódulo/100 g. de raíz (g)	Diámetro del nódulo (mm)	Actividad del nódulo
Primera (30 DDS)	-	-	-	-
Segunda (60 DDS)	-	-	-	-
Tercera (90DDS)	-	-	-	-
Cuarta (120DDS)	-	-	-	-

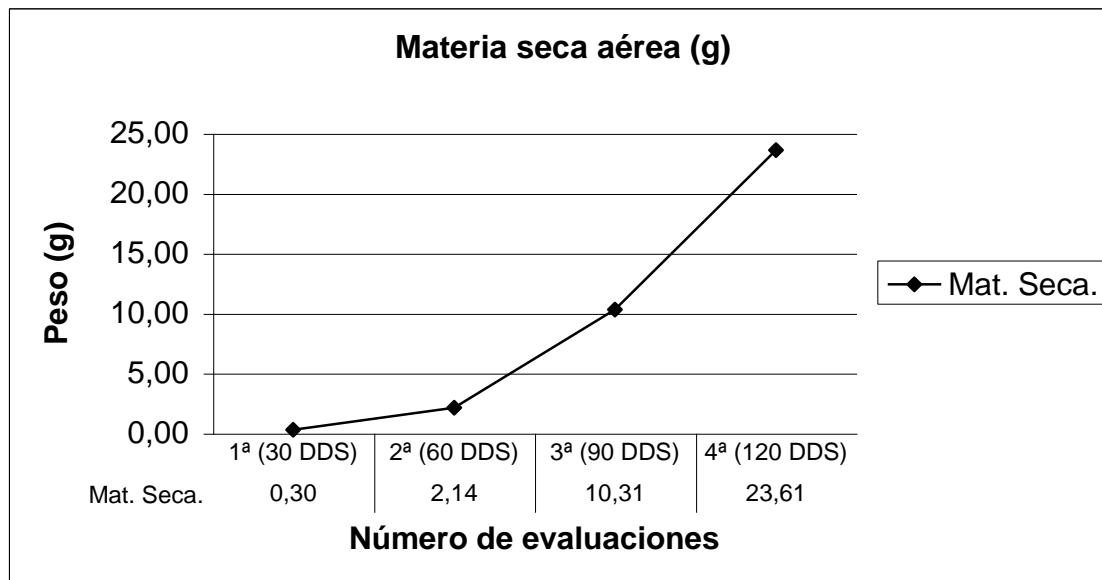
27. Evolución de los valores de la Longitud de planta en el tiempo



28. Evolución de los valores del Peso fresco aéreo en el tiempo



29. Evolución de los valores de la Materia seca aérea en el tiempo.



30. Evolución de los valores del Area foliar en el tiempo

