



**Por un Desarrollo  
Agrario Integral  
y Sostenible**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMIA**

## *Trabajo de Graduación*

Evaluación de la línea de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) ICSVLM -92512, bajo tres dosis y distintas fuentes de Nitrógeno en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

### **AUTORES**

Br. Delver José Juárez Machado

Br. Vidal E. Martínez Merlo

### **ASESOR**

Ing. Msc. Leonardo García Centeno

**Managua, Nicaragua  
2011**

## **DEDICATORIA**

Luego de haber superado una meta más en mi vida doy gracias a Dios todo poderoso que en toda esta larga labor de estudio me dio protección y valentía para vencer cada obstáculo. A la Virgen María, a quien profeso mucha fe por ser una madre intercesora ante mi Dios.

De manera muy especial agradezco a mis padres quienes me supieron forjar con sus innumerables esfuerzos y sacrificios.

Norma Francisca Cortez Machado y José Leonidas Juárez García.

A mis hermanos, quienes también aportaron sus sacrificios para poder llegar a este momento, gracias por todo.

A mis amigos, quienes sin duda fueron un apoyo moral y espiritual invaluable, por su ayuda desinteresada, gracias a todos.

A mi gran amigo y compañero de tesis por la valentía mostrada para terminar este trabajo.

Y finalmente a mi gran amiga y novia Danielle María Constanza, la mujer que me ha brindado su apoyo incondicional sobre todas las cosas.

**Delver José Juárez Machado**

## **DEDICATORIA**

El mayor Don de un ser humano es el ser capaz de aceptar la perfección de Dios y tratar y dar todo de sí para entender sus maravillosos designios.

Por ser un momento tan especial como la culminación de un proyecto tan importante en mi vida agradezco a nuestro Padre Celestial por orientarme el camino correcto para poder culminar tan anhelado sueño; por su infinita misericordia y por situar en mi camino a tanta gente, gracias a quienes hoy puedo sonreír satisfecho.

A mi santa Madre quien con todo el sacrificio y la fe del mundo, logró sacarme adelante, y con este trabajo ver realizado su sueño.

A mis hermanos y hermana, Orlando, Heydi y Hernán David por su apoyo incondicional y confianza y cariño.

A mis amigos y compañeros, todos quienes me hubieron acompañado en este largo pero glorioso camino.

A mi compañero de tesis, sin quien, nada de esto hubiese sido posible. Hermano, gracias.

A todos, de corazón, Gracias.

**Vidal M. Merlo**

## **AGRADECIMIENTO**

Somos el instrumento de Dios para llevar su mensaje al mundo, en nuestras manos está la decisión de escuchar su voz y marcar la diferencia en esta tierra, que le necesita.

Gracias al Ing. MSc. Leonardo García Centeno, por su apoyo y su guía durante el proceso investigativo y su asesoría total para la culminación del mismo, así como al Programa **INTSORMIL** por el apoyo financiero para nuestro estudio.

A nuestra sagrada y respetada Alma Mater, mediante la cual logramos desarrollar nuestras habilidades profesionales y cuna en la que conseguimos la bendición de un título universitario, a todos los docentes que hicieron posible nuestro desarrollo en la misma, gracias.

Agradecemos profundamente toda muestra de apoyo recibida durante nuestros estudios, antes y después de este trabajo. Gracias a quienes influyeron positivamente en nuestras vidas, decidimos prepararnos y aportar en lo posible con nuestros conocimientos mediante el buen ejemplo y el profesionalismo al desarrollo agrario de nuestra patria.

**Delver José Juárez Machado**

**Vidal Martínez Merlo**

## INDICE GENERAL

<b>SECCION</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
<b>III MATERIALES Y METODOS</b>	<b>4</b>
3.1 Descripción del sitio experimental y ubicación	4
3.1.1 Ubicación Geográfica	4
3.1.2 Suelo	4
3.1.3 Clima	5
3.2 Metodología experimental	5
3.2.1 Descripción del diseño experimental	5
3.2.2 Descripción de los tratamientos	6
3.3 Variables evaluadas	6
3.3.1 Altura de la planta (cm)	6
3.3.2 Diámetro del tallo (cm)	7
3.3.3 Número de Hojas por planta	7
3.3.4 Longitud de la panoja (cm)	7
3.3.5 Longitud de Raquis (cm)	7
3.3.6 Biomasa seca producida (kg ha <sup>-1</sup> )	7
3.3.7 Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	7
3.3.8 Nitrógeno en la biomasa (%)	8
3.3.9 Nitrógeno en el grano (%)	8

3.3.10	Uso eficiente de nitrógeno	8
3.4	Análisis estadístico	9
3.5	Análisis económico	9
3.6	Manejo agronómico	10
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	10
4.1	VARIABLES DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO	10
4.1.1	Altura de la planta (cm)	10
4.1.2	Número de hojas	12
4.1.3	Diámetro del tallo (cm)	13
4.2	VARIABLES DEL RENDIMIENTO	15
4.2.1	Longitud de panoja (cm)	15
4.2.2	Longitud de raquis (cm)	16
4.2.3	Biomasa seca $\text{kg ha}^{-1}$	17
4.2.4	Rendimiento de grano $\text{kg ha}^{-1}$	19
4.2.5	Análisis económico	20
4.2.6	Nitrógeno en el grano (%)	24
4.2.7	Nitrógeno en la biomasa (%)	25
4.3	Uso eficiente de la fertilización nitrogenada	26
4.3.1	Acumulación de nitrógeno en la biomasa ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )	27
4.3.2	Acumulación de nitrógeno en el grano ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )	28
4.3.3	Eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa ( $\text{kg biomasa kg}^{-1}$ N aplicado)	28
4.3.4	Eficiencia del uso del nitrógeno por el grano ( $\text{kg de grano kg}^{-1}$ de N absorbido ha)	29
4.3.5	Incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado ( $\text{kg de grano kg}^{-1}$ de N aplicado)	31
<b>V</b>	<b>CONCCLUCIONES</b>	32
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	33
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	34

## INDICE DE TABLAS

<b>Nº Tabla</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Características físicas y químicas del suelo de la comunidad Guadalupe, Municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, donde se realizó el ensayo.	4
Tabla 2	Descripción de los tratamientos.	6
Tabla 3	Comportamiento de la línea (ICSVLM_92512) bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre la altura (cm), de la planta de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.	11
Tabla 4	Comportamiento de la línea (ICSVLM_92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el número de hojas de la planta de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa	13
Tabla 5	Comportamiento de la línea (ICSVLM_92512) bajo dos fuentes de nitrógeno sobre el diámetro del tallo (cm) de las plantas de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.	14
Tabla 6	Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno en la longitud de panoja (cm) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.	15
Tabla 7	Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre la longitud del raquis (cm) en la planta de sorgo en el Municipio de san ramón Matagalpa.	17
Tabla 8	Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512) bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el rendimiento de Biomasa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.	18
Tabla9	Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el rendimiento del grano (kg ha <sup>-1</sup> ) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.	20
Tabla 10	Análisis de tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM – 92512) en el municipio de San Ramón Matagalpa.	21
Tabla 11	Calculo de presupuesto parcial de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM – 92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.	22
Tabla 12	Análisis de dominancia y cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM – 92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.	22
Tabla 13	Análisis marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM - 92512), en el municipio de San Ramon, Matagalpa.	23
Tabla 14	Incremento de rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano / kg de N aplicado).	5 31

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el municipio de San Ramón, Matagalpa en la finca de **Señor Catalino Figueroa** en la época de postrera, con el objetivo de determinar la respuesta de la línea CSVLM- 92512 de sorgo a la aplicación de nitrógeno, la misma, corresponde al proyecto del programa INTSORMIL. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con tres repeticiones , tres niveles de fertilización nitrogenada (37, 66, 96 kg N ha<sup>-1</sup>), un testigo y frijol mungo (*Vigna radiata*), sembrado a los 15 días después de la siembra del sorgo e incorporado a los 30 días después de la siembra del mungo como fuente alternativa de nitrógeno. Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizaron 4 muestreos en intervalos de 15 días, en altura de la planta (cm), número de hojas y diámetro del tallo (cm). Durante la cosecha se tomaron los parámetros de longitud de panoja (cm), longitud de raquis (cm). Biomasa seca (kg ha<sup>-1</sup>), nitrógeno en la biomasa (%), nitrógeno en el grano (%), rendimiento de grano kg ha<sup>-1</sup>. Todos los datos de campo fueron sometidos al análisis estadístico SAS ver 9.1 2006. Para las variables de crecimiento solo el diámetro de tallo fue influenciado significativamente lográndose los mayores diámetros con la aplicación de 37 kg N ha<sup>-1</sup>. Para las variables de rendimiento el tratamiento que sobresalió en rendimiento de biomasa y rendimiento de grano fue el tratamiento 2 con 5621.53 kg ha<sup>-1</sup> y 3078 kg de grano, aunque para esta última no se diferenció del resto de tratamientos. Para el análisis económico el tratamiento 2 presento la mayor tasa marginal con 193.84%. De igual manera la mayor eficiencia se obtuvo con el tratamiento 2.



## SUMMARY

This study was conducted in the municipality of San Ramón, Matagalpa on the farm of **Mr. Catalino Figueroa** at the time of season, in order to determine the response of the line-92512 CSVLM sorghum to nitrogen application, the same, the proposed program corresponds INTSORMIL. Design was a randomized complete block (RCB) with three repetitions, three levels of nitrogen fertilization (37, 66, 96 kg N ha<sup>-1</sup>), a witness and mung bean (*Vigna radiata*), inoculated at 15 days after planting of sorghum and incorporated within 30 days after sowing of green gram as an alternative source of nitrogen. During growth and development of the crop there were 4 samples in 15 days, plant height (cm), leaf number and stem diameter (cm). During harvest parameters were taken panicle length (cm), rachis length (cm). Dry biomass (kg ha<sup>-1</sup>), nitrogen in biomass (%), nitrogen in the grain (%), gram yield kg ha<sup>-1</sup>. All field data were subjected to statistical analysis see 9.1 SAS 2006. For growth variables only stem diameter was significantly influenced achieving the largest diameters by applying 37 kg N ha<sup>-1</sup>. For the treatment performance variables that excelled in biomass yield and grain yield was treating 2 with 5621.53 kg ha<sup>-1</sup> and 3078 kg of grain, although the latter did not differ from other treatments. For the economic analysis treatment 2 had the highest marginal rate to 193.84%. Similarly, the highest efficiency was obtained with treatment 2.

## {I INTRODUCCION

El origen de la línea de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), con el código ICSVLM-92512, del programa ICRISAT/LASIP; ICSVLM significa en inglés ICRISAT Sorghum Variety Latin América Program, los dos primeros dígitos indican el año en que fue generada la línea y los últimos tres dígitos el número de código, el cual es correlativo según se generan.

En estudios anteriores la línea ICSVLM-92512 obtuvo resultados satisfactorios respecto de diferentes variables evaluadas, principalmente en acumulación de Nitrógeno y porcentaje de Nitrógeno en el grano, en la eficiencia de recuperación de Nitrógeno, longitud de panoja, producción de biomasa y rendimiento de grano aun con aplicaciones de  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, por lo que es importante investigar en que dosis de fertilización se obtienen mejores resultados dado que se ha comprobado que la línea sí responde a aplicaciones de Nitrógeno.

En Nicaragua el sorgo para los agricultores, es un cultivo considerado sustituto del maíz tanto en la alimentación humano como animal y en la actualidad ha tomado gran importancia debido al uso en la producción de concentrados para alimentación de aves, cerdos, ganado bovino entre otros, (FAO 2002).

El sorgo se siembra en diversas regiones de nuestro país, principalmente en la zonas del pacifico norte y sur que corresponden a los departamento de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas, en su orden respectivo. La mayor cantidad del área se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos, variedades mejoradas y maquinarias agrícolas. En esta zona se siembra la mayor cantidad de grano (38% del área sembrada y 40% de la producción nacional). En la zona de las Segovias se estima un área sembrada de 11 268 ha (16 000mz), en la zona centro sur y centro norte 3521 ha (5000mz), entre híbridos y variedades criollas (INTA, 2006).

A pesar de ser un cultivo importante, los rendimientos obtenidos son muy bajos, lo que se debe principalmente al uso deficiente de la fertilización nitrogenada, así como también a las

condiciones climáticas, el mal uso de tecnología, falta de financiamiento entre otros INTA, (2006).

Demolón (1995), plantea que en la agricultura, el nitrógeno es de vital importancia, pues este elemento se destaca dentro de los esenciales para el crecimiento de la planta, por sus funciones relevantes en la producción y síntesis de aminoácidos que son el componente básico de proteínas, enzimas y vitaminas.

El uso de fórmulas y dosis de fertilizantes para un cultivo determinado debe de estar en función de las características edafoclimáticas del área de producción, debe de obtenerse información a través del análisis de suelo, de la disponibilidad de los nutrientes existentes, especialmente N.P.K, así como la variedad a usarse a fin de no incurrir en gastos innecesarios y por consiguiente disminuir el beneficio que se pueda obtener del cultivo Pineda, (1997).

Salmerón y García (1994), afirma que la planta de sorgo exige una constante y bien distribuida aplicación de nitrógeno (entre 1 y 3 quintales de N), desde la siembra hasta el llenado de grano, ya que lo demanda para crecer, elaborar sus reservas y formar sus semillas.

Lo anterior conduce a examinar de manera detallada la dosis óptima del fertilizante necesario para la producción de sorgo, de igual forma el momento más apropiado durante el desarrollo de las plantas para aplicar dicho fertilizante.

Con este fin se realizó el presente trabajo de investigación sobre la línea de sorgo ICSVLM-92512 proponiendo los siguientes objetivos.

## **II OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de dos fuentes de nitrógeno (fertilizante sintético y de la incorporación de abono verde) así como el uso eficiente del nitrógeno sobre el rendimiento de la línea de sorgo (ICSVLM-92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

### 2.2 Objetivos específicos

Comparar el efecto de las fuentes de nitrógeno proveniente de fertilizante sintético y de la incorporación de frijol mungo sobre el crecimiento y rendimiento de la línea (ICSVLM-92512).

Determinar el mejor tratamiento de acuerdo a los rendimientos de granos obtenidos.

Evaluar el contenido de nitrógeno en la biomasa y grano de la línea (ICSVLM-92512).

Evaluar el uso eficiente de nitrógeno en la fertilización química.

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del sitio experimental y ubicación

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El presente experimento se realizó en el período de postre comprendido entre agosto y diciembre de 2008 en la Finca de Don Catalino Figueroa, las coordenadas de la propiedad son: 12° 55 24" latitud Norte y 85° 50 33" longitud Oeste, está ubicado a 4 km al sur del municipio de San Ramón en la comunidad Guadalupe, Matagalpa.

##### 3.1.2 Suelo.

El tipo de suelo donde se realizó el ensayo va desde arcilloso a franco arcilloso, estos son de color rojizo claro a oscuro, dependiendo del grado de oxidación del hierro (Fe) y su contenido de materia orgánica. Los tipos de suelo predominante son los alfisoles y molisoles; la profundidad varía de 10-30 cm, con una pendiente que oscila entre 5 y 10% y con un drenaje regular. La tabla 1, presenta las características del suelo donde se desarrolló el estudio.

Tabla 1 Características físicas y químicas del suelo de la comunidad Guadalupe, Municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, donde se realizó el ensayo.

Elementos	Valor	Clasificación
pH (H <sub>2</sub> O)	6.63	Ligeramente ácido
MO (%)	3.34	Medio
N (%)	0.16	Medio
P (ppm)	3.19	Alto
K (Cmol <sup>+</sup> /100g suelo)	0.44	Alto
Ca (Cmol <sup>+</sup> /100g suelo)	8.02	Alto
Mg (Cmol <sup>+</sup> /100g suelo)	5.72	Alto
CIC (Cmol <sup>+</sup> /100g suelo)	46.78	Alta
	Textura	Franco arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelo y agua (UNA), 2008

### 3.1.3 Clima

Este municipio presenta un clima sub-tropical y un período de lluvia mayor de siete meses iniciando en mayo y terminando en noviembre-diciembre, prolongándose algunas veces hasta febrero, el período seco es de enero a abril. Las precipitaciones anuales son de 1000 -2500 mm., los meses de mayor intensidad de lluvia son septiembre y octubre, la humedad relativa en el período lluvioso es mayor del 80%, la temperatura máxima en la parte más baja durante los meses de marzo-mayo, oscilan alrededor de 33°C y la temperatura mínima en las partes altas durante los meses de enero febrero son de 20°C.

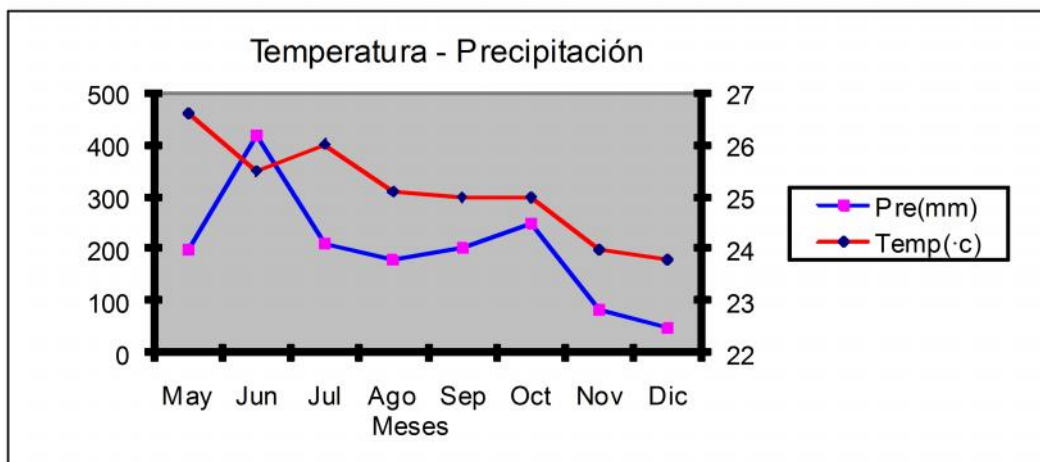


Figura 1 Promedios mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C) presentado durante el experimento. San Ramón, Matagalpa 2008. Fuente (INETER, 2008).

## 3.2 Metodología experimental

### 3.2.1 Descripción del diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar (BCA), con tres réplicas. Fueron evaluados 5 tratamientos distribuidos al azar en la unidad experimental, la distancia entre surco fue de 0.8m, resultando 6 surcos por parcelas de 4m<sup>2</sup> de longitud, de esta se tomaron 4 surcos como parcela útil, el área de la parcela útil fue de 16m<sup>2</sup>. El área de la parcela fue de 20m<sup>2</sup> de forma rectangular, y en cada bloque

había 5 parcelas para un área de 100m<sup>2</sup> y 300m<sup>2</sup> en los 3 bloques. Entre cada bloque se dejó un espacio de 2m<sup>2</sup> para un área total del experimento de 340m<sup>2</sup>. El ensayo corresponde a un diseño unifactorial.

### 3.2.2 Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos se definieron con base en los requerimientos del cultivo y las condiciones químicas del suelo. En la siguiente tabla se describen los tratamientos.

Tabla 2 Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto (sin fertilizante).
2	65 kg ha <sup>-1</sup> de completo 12-30-10 al momento de la siembra + 65 kg ha <sup>-1</sup> de urea al 46% a los 45 dds. (37 Kg de N)
3	65 kg ha <sup>-1</sup> de completo 12-30-10 al momento de la siembra + 129 kg ha <sup>-1</sup> de urea al 46% a los 45 dds. (67 Kg de N)
4	65 kg ha <sup>-1</sup> de completo 12-30-10 al momento de la siembra + 194 kg ha <sup>-1</sup> de urea al 46% a los 45 dds. (97 Kg de N)
5	Asocio con mungo incorporado a los 30 dds en período de floración

### 3.3 Variables evaluadas

Durante el crecimiento del cultivo se evaluaron los siguientes parámetros.

#### 3.3.1 Altura de la planta (cm)

Se midió con una regla graduada desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo de la planta, esta variable fue tomada en cuatro momentos: 30, 45, 60 y 75 dds.

### 3.3.2 Diámetro del tallo (cm)

Se tomó el área ubicada entre la superficie del suelo y el primer nudo de la planta por medio de un vernier y fue tomada en cuatro momentos: 30, 45, 60 y 75 dds.

### 3.3.3 Número de hojas por planta

Se tomó como hojas aquellas que presentaron el collar foliar visible, la medición de ésta variable fue tomada en cuatro momentos considerado a los 30, 45, 60, 75 dds.

## Parámetros evaluados a la cosecha

### 3.3.4 Longitud de la panoja (cm)

Se determinó a partir de la base de la panoja hasta el ápice de la misma, se tomó un promedio de 10 panojas de las plantas cosechadas de las parcelas experimentales obteniendo sus longitudes y determinando las medias a cada grupo de panojas.

### 3.3.5 Longitud de raquis (cm)

Tomado a partir de la inserción del raquis en la hoja bandera hasta la espiguilla basal de la panoja, esta se mide con una regla graduada.

### 3.3.6 Biomasa seca producida ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

De dos metros cuadrados seleccionados en la parcela útil, se tomaron las plantas de sorgo, dentro de esta área se determinó el peso fresco y se pusieron al horno a  $65^\circ\text{C}$  durante 72 horas y se registró el peso seco en  $\text{kg ha}^{-1}$  de materia seca.

### 3.3.7 Rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Se seleccionaron dos surcos centrales de cada tratamiento y se tomó una muestra que corresponde a 2 metros lineales de las plantas que se encuentran dentro de éstos surcos;



(utilizadas también para la medición de raquis y panoja). Posteriormente se desgranó la panoja de cada planta, el grano obtenido se secó al sol hasta el 14 % de humedad, se pesó y el resultado se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$ . De esta manera se obtiene el rendimiento de grano por cada tratamiento. Se contaron el número de plantas por parcela para estimar la población final de plantas.

### 3.3.8 Nitrógeno en la biomasa (%)

Se tomó de la muestras homogenizadas de las plantas a las que se les determinó la materia seca producida y se llevaron al laboratorio en donde se les realizó el análisis de nitrógeno total a través del método semi-micro-kjedhal.

### 3.3.9 Nitrógeno en el grano (%)

Una muestra del sorgo cosechado por parcela útil fue enviada al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano mediante el método semi-micro-kjedhal.

### 3.3.10 Uso eficiente de nitrógeno

Con los datos obtenidos de rendimientos de granos y biomasa y sus respectivos porcentajes de N, se calculó la eficiencia de la fertilización y la cantidad de granos producido por  $\text{kg}$  de fertilizantes aplicados usando las siguientes formulas (Maranville *et al*, 1980).

$$\text{NUE1} = \frac{\text{Rendimiento de grano} + \text{Rendimiento en biomasa (kg ha}^{-1})}{\text{N en grano} + \text{N en biomasa (kg ha}^{-1})}$$

$$\text{NUE2} = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1})}{\text{N en grano} + \text{N en biomasa (kg ha}^{-1})}$$

$$\text{IRG/kg N} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{grano producido C/N} - \text{kg ha}^{-1} \text{grano producido S/N}}{(37 - 67 - 97) \text{ kg N ha}^{-1}}$$

$$\text{IRG/kg N} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{grano producido C/N} - \text{kg ha}^{-1} \text{grano producido S/N}}{(37 - 67 - 97) \text{ kg N ha}^{-1}}$$

$$\text{IRG/kg N} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{grano producido C/N} - \text{kg ha}^{-1} \text{grano producido S/N}}{(37 - 67 - 97) \text{ kg N ha}^{-1}}$$

$$(37 - 67 - 97) \text{ kg N ha}^{-1}$$

NUE1: Eficiencia de uso del N por la biomasa

NUE2: Eficiencia de uso del N por el grano

IRG/kg N: Incremento de rendimiento de grano por kg de N aplicado

C/N: Con Nitrógeno

S/N: Sin Nitrógeno

### 3.4 Análisis estadístico

Los datos provenientes de las mediciones en la planta de sorgo y los componentes del rendimiento como tal, fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el programa (SAS) Versión 9.1 y la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95 por ciento de confianza. Los modelos de regresión también fueron ajustados mediante este programa.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

En donde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, r$$

**$Y_{ij}$** : Es la  $j$  - ésima observación del  $i$  - ésimo tratamiento.

**$\mu$** : Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

**$T_i$** : Es el efecto del  $i$ - ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

**$\beta_j$** : Es el efecto debido al  $j$  - ésimo bloque.

**$E_{ij}$** : Es el efecto aleatorio de variación.

### 3.5 Análisis económico

Los resultados obtenidos se sometieron a un Análisis Económico para determinar la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio, con el fin de brindar información acerca de cuál de las alternativas es la más adecuada desde el punto de vista económico para el productor. La metodología empleada en este análisis fue el método CIMMYT:

**Costos Fijos (C\$)**: Incluyen los costos de limpieza del terreno, preparación de suelo (arado y surcado tradicional), fertilización, control de plagas y cosecha.

**Costos Variables (C\$)**: Incluyen los tratamientos evaluados, semillas y mano de obra.

**Costos Totales (C\$)**: Sumas de los costos fijos y los costos variables

**Beneficio Bruto (C\$):** El rendimiento de cada uno de los tratamientos se multiplica por el precio del producto en el mercado al momento de la cosecha.

**Beneficio Neto (C\$):** Beneficio bruto menos los costos totales de producción.

**Beneficio/Costo (C\$):** Es la relación entre el beneficio neto sobre los costos totales de producción.

### 3.6 Manejo agronómico.

La preparación del terreno se inició con la limpieza del área de siembra, posteriormente se realizó un paso de arado tradicional con tracción animal, la siembra se efectuó de forma manual el 27 de Agosto, el rayado fue realizado también con arado tradicional.

La distancia entre surco fue de 0.80 m en una siembra a chorrillo con una densidad de 102,500 plantas por hectárea. Se utilizó como fuente de nutrientes completo 12-30-10, urea al 46% de nitrógeno y frijol mungo.

El mungo se sembró a los 15 días después de la siembra del sorgo y se incorporó a los 30 días después de la siembra del mungo, momento en que presenta su período de floración.

El control de malezas se realizó de forma mecánica y se eliminaron plantas ajenas al cultivo durante el período de desarrollo del sorgo.

La recolección de la cosecha se realizó de forma manual utilizando tijeras para el corte de panojas.

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Variables de crecimiento del cultivo

#### 4.1.1 Altura de la planta (cm)

La altura del sorgo es una característica variable que se encuentra sometida a control genético (FAO, 2002).

Según Rodríguez & Orozco, (2002), la altura de planta varía entre rangos de 160 – 170 cm, estas alturas son óptimas para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores de 190 cm, traen inconvenientes a la hora de la cosecha debido a la dificultad que tienen las cosechadoras para procesar los tallos de éstos tamaños.

La altura de la planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo del sorgo y la misma está determinada por diferentes factores, entre ellos, la humedad, temperatura y la fertilización nitrogenada, éste último es señalado por López & Galeato, (1982), como uno de los determinantes en el descenso de la altura del sorgo.

Según el ANDEVA realizado para la variable altura de plantas no se encontró efecto significativo entre los tratamientos.

Herrera & García, (2004), obtuvieron datos de altura similares a los nuestros con 69.5 cm, por lo que podemos afirmar, de acuerdo a los resultados de altura de planta, que la incorporación de mungo T (5), es una práctica recomendable para esta línea ya que no se diferencia de ninguno de los tratamientos con aplicación de fertilizantes sintéticos.

Tabla 3 Comportamiento de la línea (ICSVLM\_92512) bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre la altura (cm), de la planta de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.

Tratamiento	30dds	45dds	60dds	75dds
1	21.36	32.40	50.93	66.59
2	23.63	34.60	54.86	68.33
3	22.50	28.93	58.79	67.06
4	23.26	31.86	57.43	69.13
5	22.36	31.19	51.26	69.06
ANDEVA	NS	NS	NS	NS
CV	12.75%	15.14%	9.62%	5.76%
Pr	0.095	0.878	0.067	0.721

dds (días después de la siembra)

#### 4.1.2 Número de hojas

Las hojas son órganos primarios que salen del tallo y ejecutan dos importantísimas funciones en la vida del vegetal, el proceso de fotosíntesis destinado a la elaboración de materia orgánica y la transpiración destinada a eliminar el exceso de agua por lo que tiene una relación directamente proporcional con el crecimiento y rendimiento del cultivo, Peña, (1984).

Según Compton, (1990), el número de hojas varía de 7-24 según la variedad y longitud del período de crecimiento, siendo esto también un factor determinante en la producción de biomasa seca al igual que el tallo.

El análisis de varianza realizado no mostró efecto significativo entre los tratamientos. Sin embargo el T (2), produjo el mayor número de hojas (7 hojas), lo que confirma lo establecido por Compton (1990), que el número de hojas varía de 7-24. Estos resultados

concuerdan con los encontrados por Manzanares & Calero, (2004), quienes reportaron 8 hojas.

Según Compton (1990), el número de hojas producidas es controlado mayormente por

Tratamiento	30dds	45dds	60dds	75dds
1	2	2	4	6
2	2	3	5	7
3	2	3	6	7
4	2	3	5	6
5	2	3	4	6
ANDEVA	NS	NS	NS	NS
CV%	10.25%	18.06%	12.76%	13.66%
Pr	0.098	0.957	0.895	0.869

características genéticas, condiciones ambientales y densidad poblacional, lo que explica los datos obtenidos por Herrera & García, (2004), con mayor numero de hojas, ya que la temperatura en Zambrano favorecen el crecimiento del sorgo.

Dados los resultados obtenidos con el mungo T (5), debe considerarse su uso con esta línea ya que el número de hojas es similar respecto a los demás tratamientos.

Tabla 4 Comportamiento de la línea (ICSVLM\_92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el número de hojas de las plantas de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.

dds (días después de la siembra)

#### 4.1.3 Diámetro del tallo (cm)

Las cañas o tallos están formados de una serie de nudos y entrenudos, es delgado y muy vigoroso, midiendo de 0.5 – 3 cm de diámetro cerca de la base, volviéndose mas angosta en el extremo superior. En cuanto a su consistencia, el tallo es sólido, con una corteza o tejido exterior duro y una médula suave, Somarriba (1997).

Según Phoelman, (1985), el diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de altos rendimientos, ya que el acame en el sorgo se produce como resultado del encorvado o la rotura de los tallos debido a su vigor. El sorgo acamado constituye un medio favorable para el desarrollo de hongos y enfermedades.

Cuadra, (1998), plantea que el diámetro del tallo se puede ver influenciado por factores genéticos, factores ambientales y la densidad de población de plantas usadas.

Herrera & García (2004), plantean que es necesaria la aplicación de N para que la planta adquiriera un diámetro adecuado y evitar el acame de éstas.

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro de tallo mostró diferencias estadísticas significativas en dos de las tres fechas evaluadas. A como se aprecia en la tabla 5, el T (2) superó estadísticamente a los demás tratamientos al presentar el mayor diámetro de tallos.

Resultados obtenidos a los 60 dds por Herrera & García (2004), y Ponce & Leiva, (2007), al evaluar esta misma línea en el municipio de Zambrano reportaron 1.83 cm y 1.78 cm de diámetro respectivamente, ambos trabajos evaluados con aplicación de 37 kg N ha<sup>-1</sup>, lo que concuerda con lo planteado por Somarriba, (1997), que el diámetro del tallo mide de 0.5 a 3 cm, y lo que indica que esta línea de sorgo responde a bajas aplicaciones de N para alcanzar este diámetro.

Tabla 5 Comportamiento de la línea (ICSVLM\_92512) bajo dos fuentes de nitrógeno sobre el diámetro del tallo (cm) de las plantas de sorgo en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.

Tratamientos	30dds	45dds	60dds	75dds
1	0.83ab	1.23	1.06c	0.73 c
2	0.93a	1.2	1.93a	1.20a
3	0.90ab	1.26	1.40b	1.16a
4	0.76b	1.23	1.10c	0.96 b
5	0.86ab	1.1	1.30bc	0.80c
ANDEVA	**	NS	**	**
CV%	13.3	19.17	19.38	11.1
Pr	0.0105	0.978	0.010	0.0104

dds (días después de la siembra)

## 4.2 Variables del rendimiento

### 4.2.1 Longitud de panoja (cm)

Según Millar, (1980), la longitud de panoja es un componente fundamental del rendimiento de grano y está en dependencia de los factores ambientales y nutricionales en que se desarrolla el cultivo.

La panoja es una continuación del eje vegetativo, este puede ser compacto o suelto según la distancia entre las ramillas, posición, longitud y la demanda de flores por ramas, la posición puede ser erecta o curva, León (1987). La panícula puede tener de 4 a 25 cm de largo, Compton, (1990).

Según resultados del análisis estadístico (tabla 6), no se encontró efecto significativo entre tratamientos. Numéricamente el T (3), alcanzó la mayor longitud con 25 cm y el T (4), la menor longitud de panoja con 19.96 cm. Similares resultados fueron encontrados por Manzanares & Calero (2004), con 19.73 cm, y concuerdan por lo establecido por



Compton (1990), quien indica que las longitudes pueden variar de 4 a 25 cm de largo. Los resultados también muestran, que con la utilización de mungo T (5), como fuente de nitrógeno, se puede alcanzar la misma longitud de panoja ya que no hay diferencia entre los tratamientos con aplicación de nitrógeno sintético.

Tabla 6 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno en la longitud de panoja (cm) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

Tratamiento	Longitud de panojas (cm)	
1	22.23	
2	22.23	
3	25.16	
4	19.96	
5	21.56	
ANDEVA	NS	
CV%	15.87	
Pr	0.098	Longitud de raquis (cm)

La excerción de panoja es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo que se encuentra entre la panoja y el tallo. Se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja Álvarez y Talavera (1991).

Las líneas con intervalos de 5 – 10 cm de longitud del raquis son aceptables; aunque lo recomendable es que sean mayores para no tener inconvenientes por la incorporación de materia indeseable en la cosecha y su influencia en la calidad del grano, Espinoza (1992). La longitud del raquis determina la inserción de la panoja.

Este parámetro es muy importante, Compton (1990), expresa que la longitud de excerción es considerada muy importante en la recolección mecanizada; si se tiene un genotipo de poca excerción de panoja, al cosecharse se corta la hoja y el tallo de la planta lo que

implica un aumento en la proporción de material extraño, ocasionando una baja en la calidad del grano.

El ANDEVA realizado no mostró efecto significativo en ninguno de los tratamientos, sin embargo se encontraron rangos entre 20 – 22cm de longitud de raquis. Manzanares & Calero (2004) reportaron 28.16 cm con aplicación de 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>, lo cual indica que la longitud de excerción de panojas está ligada con un sinnúmero de parámetros que están vinculados en el desarrollo como la fertilización, el contenido de humedad en el suelo y por múltiples factores genéticos que están presentes en cuanto al desarrollo, lo que concuerda por Compton (1990), que la excerción es un factor que está controlado por factores genéticos, pero algunos factores pueden producir efectos diversos en su desarrollo.

Tabla 7 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre la longitud del raquis (cm) en la planta de sorgo en el municipio de San Ramón Matagalpa.

Tratamientos	Longitud de Raquis (cm)
1	22
2	20.13
3	21.6
4	22.59
5	21.56
ANDEVA	NS
CV%	21.8
Pr	0.123

#### 4.2.3 Biomasa seca kg ha<sup>-1</sup>

La biomasa es una forma de evaluar la masa de los tejidos vivos de una planta, agrónomicamente hablando se evalúan como biomasa con el propósito de utilizar los rastrojos como suplemento alimenticio del ganado en la época de verano Compton (1990).

La materia seca acumulada está estrechamente relacionada con el índice del área foliar (el cual alcanza unos días antes de la antesis) condiciones climáticas, población, así como también lo está la absorción de nitrógeno por el cultivo, Paul (1990).

Compton (1990), menciona que para obtener un buen desarrollo del área foliar es necesario la aplicación de nitrógeno, por ende la tasa de materia seca será mayor.

Según el ANDEVA realizado, se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, es interesante observar (tabla 8) que los tratamientos con fertilización sintética mostraron una tendencia a disminuir el volumen de biomasa producida en la medida que se incrementó la cantidad de N aplicado, produciendo el T (2), (5621.52 kg ha<sup>-1</sup>), el mayor rendimiento de biomasa seca producida, disminuyendo hasta el T (4), con (4366.4 kg ha<sup>-1</sup>).

En trabajos realizados en años anteriores, esta línea fue parte de 24 materiales evaluados y fue reportada como una línea de alto rendimiento con bajos requerimientos de nitrógeno, razón por la cual fue seleccionada para este trabajo de investigación.

Manzanares & Calero (2004), al evaluar esta línea en San Ramón, Matagalpa, reportaron 4147.50 kg ha<sup>-1</sup>, de biomasa, sin embargo Ponce & Leiva (2007), obtuvieron 7572.20 kg ha<sup>-1</sup>, al evaluarlo en el municipio de Zambrano, ambos utilizando la misma dosis 37 kg N ha<sup>-1</sup>. Es interesante resaltar las variaciones de rendimiento de acuerdo a las zonas de estudio, ya que se puede señalar como un resultado de los factores climáticos.

Tabla 8 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512) bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el rendimiento de biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

Tratamiento	Rendimiento de biomasa $\text{kg ha}^{-1}$	Dif **
2	5621.53	a
3	5056.63	b
4	4434.76	c
5	4366.4	c
1	2185.22	d
ANDEVA		**
CV%		3.61
Pr		0.0106

Por otra parte se puede señalar que la utilización de mungo T (5), (ver tabla 8), se constituye en una alternativa viable en la producción de grano, ya que este se correlaciona positivamente con la producción de biomasa y que resulta ser una forma de producción sencilla y económico para el pequeño productor.

#### 4.2.4 Rendimiento de grano $\text{kg ha}^{-1}$

El rendimiento del sorgo es severamente reducido por la baja fertilidad de los suelos, así como también por problemas en su condición física. Las condiciones de humedad y aireación son importantes en ese sentido, como sus características químicas. La mayoría de los nutrientes están disponibles a un pH entre 6,0 y 7,0 aunque no es éste el único factor que influye en su disponibilidad, particularmente en el caso del Nitrógeno (N), donde es afectado por el nivel de acción microbiana del suelo, Miller (1980). El sorgo tiene un alto potencial de rendimiento, en condiciones de campo, los rendimientos pueden llegar a superar los  $11000 \text{ kg ha}^{-1}$  con rendimientos promedios que fluctúan entre los  $7000$  y los  $9000 \text{ kg ha}^{-1}$  cuando la humedad no es un factor limitante, House (1982). En aquellas áreas donde es un cultivo común, sostiene rendimientos de  $3,000$  a  $4,000 \text{ kg ha}^{-1}$ ,

bajo buenas condiciones y bajan de 300 a 1,000 kg ha<sup>-1</sup> cuando la humedad se vuelve limitante.

El rendimiento es el resultado de factores biológicos y ambientales los cuales interaccionan entre sí, también está determinada por la eficiencia, que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio Compton (1990). Espinosa (1992), expresa que para lograr buenos rendimientos de grano es necesaria la aplicación de nitrógeno y que las líneas presenten características agronómicas adecuadas tales como panojas semi-abiertas y longitud superior a los 30cm. Aproximadamente el 90% del rendimiento de grano se debe a la fotosíntesis de las panículas y las cuatro hojas superiores, Compton (1990).

La variable rendimiento de grano, al someterse al análisis estadístico, no mostró efecto significativo entre los tratamientos evaluados. Es importante resaltar, que la diferencia en kilogramos entre el tratamiento de mayor y menor rendimiento fue de 639 kg ha<sup>-1</sup>, lo que equivale aproximadamente a 11 quintales, lo cual no es despreciable en términos económicos.

Green & González (2004), al evaluar esta línea en Posoltega, Chinandega con 112 kg N ha<sup>-1</sup>, reportaron 3093.06 kg ha<sup>-1</sup>, lo que confirma lo expuesto por Salmerón & García (1994), que el rol del nitrógeno sobre los rendimientos de grano varía con las variedades de acuerdo al potencial genético de estas. Por su parte, Compton (1990), señala que estos factores son biológicos y ambientales e interactúan entre sí. Es importante señalar que el rendimiento de los tratamientos con mayor aplicación de fertilizantes es mayor. El análisis económico muestra que los tratamientos (2) y (5), presentan inversión de costos menores y sus unidades monetarias son mayores.

Tabla 9 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de Nitrógeno sobre el rendimiento del grano (kg ha<sup>-1</sup>) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

Tratamiento	Rendimiento de grano kg ha <sup>1</sup>
1	2459.79
2	3078.53
3	3088.53
4	3099.37
5	2943.12
ANDEVA	NS
CV	24.8
Pr	0.213

#### 4.2.5 Análisis económico

El análisis económico de los tratamientos evaluados es esencial, pues ayuda a los investigadores a considerarlos desde el punto de vista del agricultor a decidir cual tratamiento merece mayor investigación y cuales recomendaciones deben proponérseles a los agricultores, (CYMMIT, 1988).

La mayoría de pequeños y medianos productores de granos básicos tienen como interés primordial asegurar un suministro adecuado de alimentos para el autoconsumo a la vez que valoran el rendimiento económico que genera su actividad cuando se les presentan diferentes alternativas tecnológicas, estos consideran los costos de cambiar de una práctica a otra y los posibles beneficios económicos que resultan de dicho cambio. Orozco, (1996).

Los resultados agronómicos fueron sometidos a análisis económico para determinar la rentabilidad de los tratamientos en estudio, debido a que ninguno de los tratamientos presentaron efecto estadístico significativo, no así los rendimientos como los costos de producción respecto al testigo fueron mayores en las 4 repeticiones evaluadas.

Con el fin de evaluar los diferentes tratamientos en términos de tasa de retorno marginal y no en términos de incremento de los rendimientos, es necesario realizar este proceso de análisis con el que se podrá recomendar cuál de los tratamientos evaluados será el más adecuado para ser adoptado por el productor. Para empezar se hace un análisis sobre la tasa de retorno marginal a cada uno de los tratamientos.

Tabla 10 Análisis de tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM-92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

<b>Componentes</b>	<b>Cambio en rendimiento</b>	<b>Cambio en ingreso bruto</b>	<b>Cambio en costo</b>	<b>Cambio en utilidad bruta</b>	<b>Tasa retorno marginal</b>	<b>Cambio en utilidad neta</b>
<b>Punto de Partida T(1): 2459.79</b>						
<b>T(2)</b>	618.74	2685.33	1000	1685.33	168.53 %	1435.33
<b>T(3)</b>	628.74	2728.33	1350	1378.73	102.13 %	1041.23
<b>T(4)</b>	639.58	2775.78	1700	1075.78	63.28 %	650.78
<b>T(5)</b>	483.33	2097.65	800	1297.65	162.21 %	1097.65

A continuación, se presenta el cálculo de presupuesto parcial para los datos presentados en la tabla anterior, en este presupuesto solo se incluyeron los costos necesarios para obtener mayores rendimientos respecto del tratamiento testigo que representan la inversión necesaria en caso de adquirir las tecnologías propuestas.

Tabla 11 Cálculo de presupuesto parcial de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM-92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

<b>Tratamiento</b>	<b>T(2)</b>	<b>T(3)</b>	<b>T(4)</b>	<b>T(5)</b>
--------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

<b>Rendimiento</b>	3078.53	3088.53	3099.37	2943.12
<b>Beneficio Bruto</b>	13360.82	13404.22	13451.26	12773.14
<b>Costos Variables</b>				
<b>Fertilizante</b>	1000	1350	1700	800
<b>Total CV</b>	1000	1350	1700	800
<b>BNP</b>	12360.82	12054.22	11751.26	11973.14

El paso siguiente es el análisis de dominancia de los tratamientos evaluados, en este caso se denominan tratamientos dominados a aquellos cuyos costos variables son mayores y los rendimientos menores, estos tratamientos serán dominados por aquellos que presentan los más bajos costos variables y los mejores rendimientos, en este caso, tal y como se muestra en la tabla siguiente, el T (3) y el T (4) son dominados por el T (2) y el T (5) respectivamente. Todos los tratamientos dominados se eliminan y no se tienen en cuenta en los análisis subsiguientes.

Tabla 12 Análisis de dominancia y cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM-92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

<b>Tratamiento</b>	<b>BNP</b>	<b>CV</b>	<b>Incremento BNP</b>	<b>CV Marginal</b>	<b>Tasa de Retorno Marginal</b>
<b>T(2)</b>	12360.82	1000	387.68	200	193.84 %
<b>T(3)</b>	12054.22	1350			
<b>T(5)</b>	11973.14	800	1297.66	800	162.21 %
<b>T(4)</b>	11751.26	1700			
<b>T(1)</b>	10675.48	0			

El Análisis Marginal es el paso final para la selección del tratamiento óptimo económico. Con un costo del capital estimado del 25% semestral, la elección óptima lleva a escoger



el tratamiento que ofrezca el más alto beneficio neto parcial compatible con una tasa marginal de retorno no inferior al 25%. En todo caso es importante mencionar que la selección del tratamiento óptimo se basa en el beneficio neto parcial más alto sin que su tasa de retorno marginal llegue a caer por debajo del 25% sobre una alta tasa de retorno marginal, como es el caso del T (2) sobre el T (5), a como se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13 Análisis marginal de los tratamientos evaluados sobre la línea (ICSVLM-92512), en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

<b>Tratamiento</b>	<b>BNP</b>	<b>CV</b>	<b>Incremento BNP</b>	<b>CV Marginal</b>	<b>Tasa de Retorno Marginal</b>	<b>Costo de Capital (Interés 25%)</b>	<b>BNP (después de pagar interés)</b>
<b>T(2)</b>	12360.82	1000	387.68	200	193.84 %	250	12110.82
<b>T(5)</b>	11973.14	800	1297.66	800	162.21 %	200	11773.14

Los resultados agronómicos fueron sometidos al análisis marginal, selección de tratamiento óptimo económico para determinar la rentabilidad de los tratamientos en estudio.

De acuerdo a la tabla 10, el tratamiento que obtuvo la mayor tasa de retorno marginal fue el T (2), con 193.84%, lo que deja un margen suficiente para cubrir el 25% de la tasa de interés, además de haber obtenido el mayor beneficio neto parcial, lo que da al productor un margen de ganancias suficiente para hacer la inversión de la fertilización del cultivo, sin correr el riesgo de pérdida de capital. Respecto al T (5), queda a consideración del productor el uso de esta tecnología, ya que este tratamiento también responde con una buena tasa de retorno marginal y un buen beneficio neto parcial, incurriendo en menos costos.

#### 4.2.6 Nitrógeno en el grano (%)

Según Carlson (1990), el contenido de nitrógeno en el grano depende de varios factores, entre ellos la capacidad de las plantas para traslocar el nitrógeno de la parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo. El nitrógeno juega un papel importante en las plantas, en los cereales su influencia la ejerce aumentando el número de granos por espiga y el peso de los granos, Salmerón y García (1994).

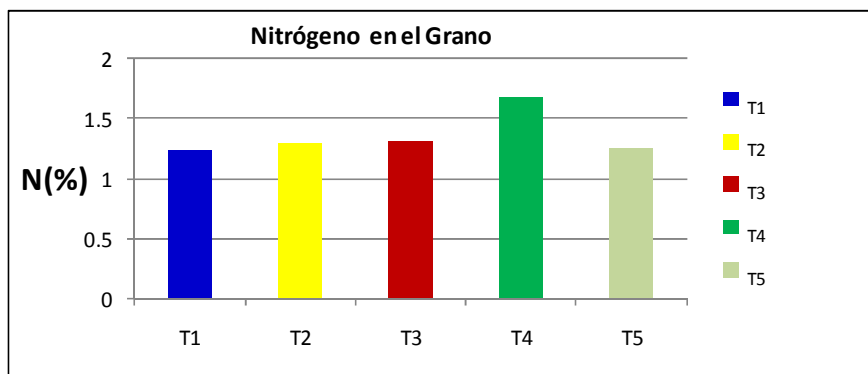
Según Paul (1990), se ha encontrado que el llenado de granos de sorgo está asociado con grandes reducciones en los contenidos de nitrógeno y fósforos de las hojas y los tallos especialmente bajo condiciones de secano. Las plantas sujetas a la deficiencia de nitrógeno en los primeros 30 días después de la siembra (dds), pueden sufrir la producción de pequeñas panículas con menores ramas primarias y secundarias y menos florecillas.

La cantidad de nitrógeno en el grano reveló que el tratamiento T (4), obtuvo el mayor porcentaje con 1.68%, y el tratamiento T (1), presentó la menor cantidad de nitrógeno en el grano con 1.23%. Estos resultados son similares a los encontrados por Ponce & Leiva (2007), quienes reportan 1.53 %, y los de Manzanares & Calero (2004), que reportaron 1.38% de nitrógeno en el grano.

Se puede asegurar, por su comportamiento, que esta línea posee una alta capacidad de absorber nitrógeno del suelo y de acumulación y traslocación de nitrógeno de la biomasa hacia el grano.

Esto afirma lo expuesto por Paúl (1990), que el llenado de grano corresponde a grandes reducciones en los contenidos de nitrógeno de las hojas y los tallos debido a la traslocación de nutrientes de la planta hacia el grano.

Figura 2 Comportamiento de la línea (ICSVLM - 92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre el porcentaje de nitrógeno en el grano (%) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.



#### 4.2.7 Nitrógeno en la biomasa (%)

El nitrógeno permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas no solo por estar involucrados en la captación de energía solar, sino también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular, Villalobos (2001).

La concentración de nitrógeno que se almacena en las diferentes partes de las plantas, se expresa en porcentaje sobre la materia seca producida, Valle y Toledo (2003).

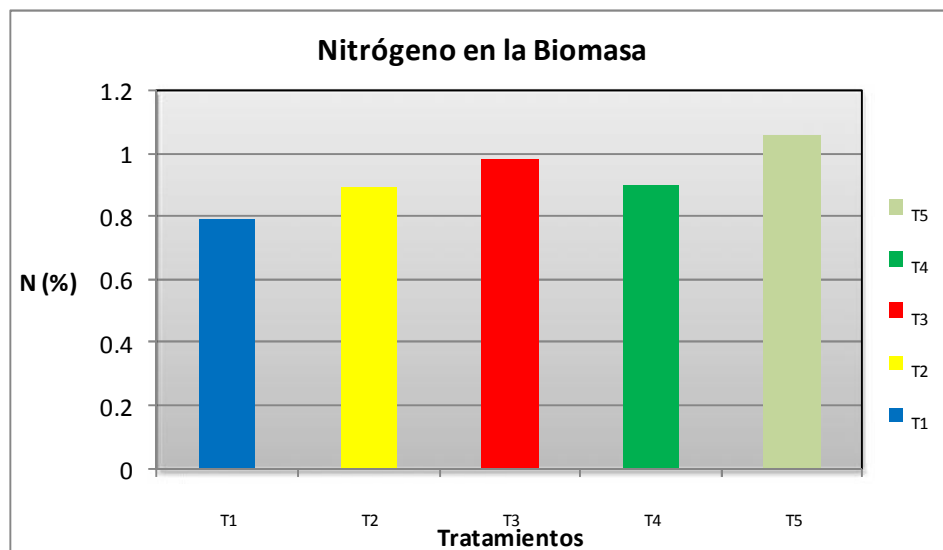
El aprovechamiento del nitrógeno por las plantas y la respuesta de estas al mismo, esta también asociada a la disponibilidad de agua y otros factores ecológicos como la radiación, por lo tanto, el rendimiento del nitrógeno es bajo y depende del clima y oscila entre 30 y 50 %, Salmerón y García (1994).

Fuentes (1994), plantea que en menor proporción con relación al contenido total, también se encuentra en las plantas formas inorgánicas de N (compuestos amoniacal, nitratos y nitritos), aumentando esta proporción cuando se presentan anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas.

Los contenidos promedios de nitrógeno en la biomasa durante los análisis correspondientes a la cosecha, se muestran en la figura 3, en esta se observa que el tratamiento con mayor porcentaje de nitrógeno en la biomasa fue el T (5), con 1.06 %, seguido del T (3), con un porcentaje de 0.98% y en último lugar el T (1), con 0.79 %. Es importante resaltar, que el mungo juega un rol muy importante en todas las variables que hemos evaluado, ya que después de dos semanas de incorporado, el mungo aporta elementos nitrogenados que son asimilados por la planta como si fueran fertilizantes químicos. Sin embargo podemos encontrar en la figura 3, que la diferencia del porcentaje entre los tratamientos evaluados con fertilizante químico no presenta ningún efecto marginal entre ellos.

Los resultados encontrados por Ponce & Leiva (2007), con 0.42% y Manzanares & Calero (2004) con 1.39%, al aplicar 37 kg N ha<sup>-1</sup>, son similares a los encontrados en este estudio.

Figura3 Comportamiento de la línea (ICSVLM- 92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre el porcentaje de nitrógeno en la biomasa (%) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.



#### 4.3 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada

Según Youngquist (1992), el uso eficiente del nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que lo describe como la eficiencia de absorción y otro sobre la utilización eficiente del nitrógeno, siendo esta última más importante porque describe el uso que las plantas hacen del fertilizante. La eficiencia de absorción de nitrógeno, es definida como el total de nitrógeno contenido en la planta por unidad de fertilizante aplicado mientras que el uso eficiente de nitrógeno (UEN), es definido como el rendimiento de grano por unidad de nitrógeno en la planta a la maduración.

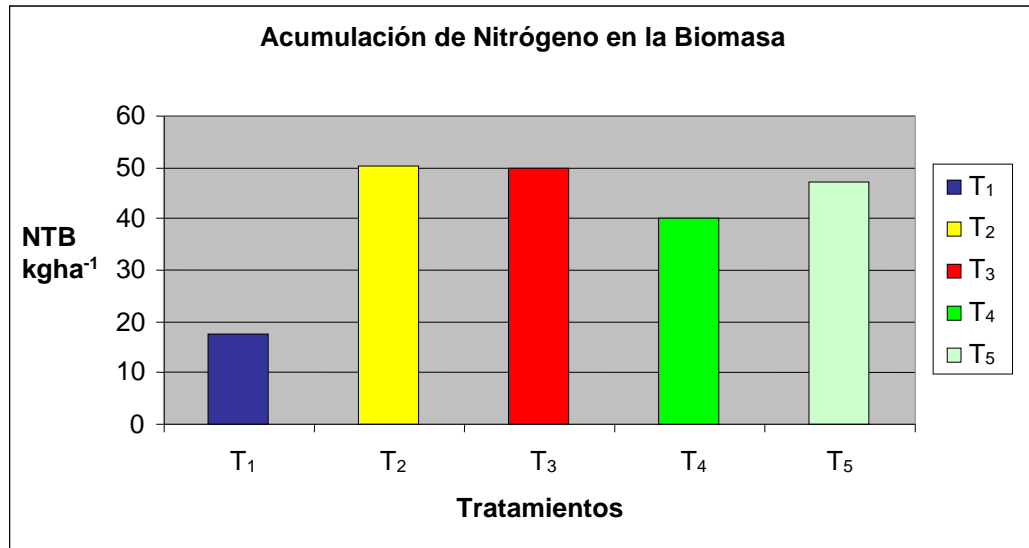
La eficiencia en la utilización de fertilizante consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutriente que añade el suelo. El cultivo responde a la aplicación de nutrientes tales como el nitrógeno cuando el suelo tiene deficiencia de este nutriente, Hardarson (1990).

Un análisis de eficiencia de uso de nutrientes debe de enfatizar la respuesta del vegetal en cuanto a la producción de grano por unidad de nitrógeno absorbido en la planta o eficiencia fisiológica o la eficiencia de la utilización de nitrógeno.

#### 4.3.1 Acumulación de nitrógeno en la biomasa ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )

El nitrógeno permite el crecimiento vegetativo de las plantas, no solo por estar involucrado en la captación de energía solar, sino también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular, Villalobos, (2001).

Figura4 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuente de nitrógeno sobre la acumulación de nitrógeno en la biomasa  $\text{kg N ha}^{-1}$ , en el municipio de San Ramón, Matagalpa.



De acuerdo con los resultados obtenidos por los diferentes tratamientos en estudio (fig. 4), se comprobó que el tratamiento que obtuvo mayor acumulación de nitrógeno fue el T (2), con 50.38 kg ha<sup>-1</sup>, seguido del T (3), con 49.79 kg ha<sup>-1</sup>.

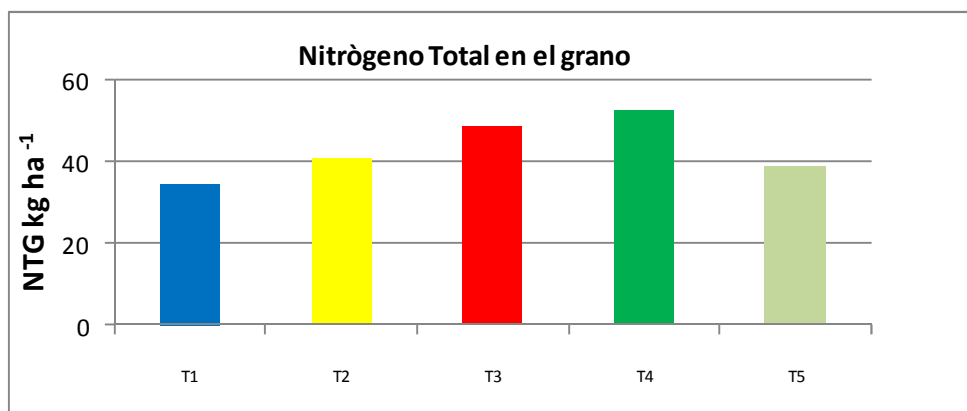
Posteriormente se ubicó el T (5), con 47.02 kg ha<sup>-1</sup>. Esto indica que la incorporación de mungo como fuente de nitrógeno, juega un papel fundamental en la acumulación de nitrógeno en la biomasa ya que reporta valores similares a los demás tratamientos con aplicación de nitrógeno sintético. El T (4), presentó 40.12 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual no significa ningún incremento con relación a los demás tratamientos, siendo este el que recibió mayor cantidad de nitrógeno aplicado. Posteriormente se ubicó el T (1), con 17.67 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Fonseca & López (2004), que esta línea responde a la aplicación baja de nitrógeno

#### 4.3.2 Acumulación de nitrógeno en el grano (kg N ha<sup>-1</sup>)

Según Salmerón y García, (1994), el nitrógeno juega un papel importante en las plantas, en los cereales su influencia la ejerce aumentando el número de granos por espiga y el elevado peso y tamaño de los granos. La eficiencia de absorción de nitrógeno en la producción de grano requiere que aquellos procesos asociados con: la absorción, traslocación, asimilación, y la redistribución de nitrógeno, estén operando efectivamente en la producción de este elemento. ISCA, (1984).

Como se muestra en la figura 5, el incremento del nitrógeno en el grano aumenta a medida que se aumenta la cantidad de fertilizantes nitrogenados. El T (5), representa una tasa de aporte de 38.85 kg ha<sup>-1</sup>, lo que implica una respuesta positiva a las diferentes aplicaciones. Por otra parte Herrera & García (2004), reportaron 64.3 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que Ponce & Leiva reportaron 22.3 kg ha<sup>-1</sup>, ambos resultados evaluados con dosis de 37 kg N ha<sup>-1</sup>.

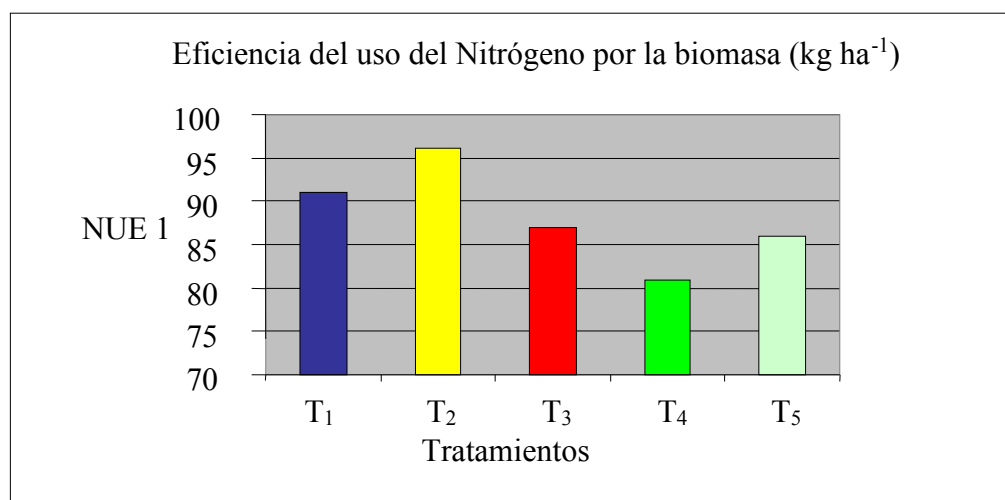
Figura 5 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre la acumulación de nitrógeno en el grano kg N ha<sup>-1</sup>, en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.



#### 4.3.3 Eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa (kg biomasa kg<sup>-1</sup> N aplicado)

La figura 6, demuestra que la mayor eficiencia del uso del nitrógeno en el grano se obtuvo en el T (2), con 96.16 kg biomasa kg<sup>-1</sup> N aplicado, seguido del T (1), con 91.08kg biomasa kg<sup>-1</sup> N aplicado y en menor eficiencia los tratamientos 3, 4 y 5. Como se puede observar en la figura 6, los resultados explican que la eficiencia es un factor que se vincula directamente a bajos contenidos de aplicación de nitrógeno. Ponce & Leiva (2007), reportan valores de 122 kg ha<sup>-1</sup>, aplicando 37 kg N ha<sup>-1</sup>. Es evidente que esta línea utiliza los contenidos de nitrógenos presentes en el suelo y no específicamente la cantidad de nitrógeno aplicada.

Figura 6 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre la eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa (kg biomasa / kg de N absorbido) en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.



Mendieta (1999), estima una fijación entre 75 y 400 kg N, por parte de las leguminosas, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades requeridas por el cultivo.

#### 4.3.4 Eficiencia del uso del nitrógeno por el grano ( $\text{kg de grano kg}^{-1}$ de N absorbido ha)

Una práctica recomendada para incrementar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, es la aplicación fraccionada del mismo, esto conduce a un mejor uso del fertilizante, mayor absorción por el cultivo y mayor rendimiento por unidad de fertilizante, Lang & Mallet (1986).

Según Youngquist *et. al* (1992), el uso eficiente del nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que describe eficiencia de absorción, y otra sobre la utilización eficiente de nitrógeno, siendo esta última la más importante, por que describe el uso que la planta hace del fertilizante en sus procesos metabólicos. La eficiencia de absorción del nitrógeno, es definida como el contenido total en la planta por unidad de fertilizante aplicado, mientras el uso eficiente del nitrógeno como la cantidad de fertilizante aplicado. Las cantidades de fertilizantes requeridas por las plantas de sorgo varían dependiendo del tipo y las condiciones de suelo.

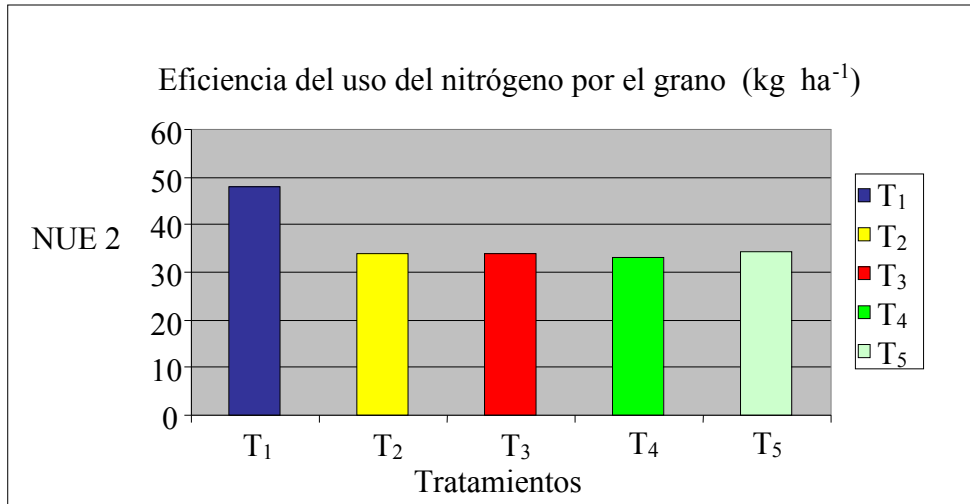
La figura 7 muestra que el T (1), obtuvo la mejor eficiencia del uso del nitrógeno por el grano con un valor de 47.96 , esto se debe a que este tratamiento no recibió nitrógeno, de manera que la biomasa total no es dividida (según la fórmula de cálculo) por ninguna cantidad de fertilizante, de cualquier manera, se comprueba que esta línea tiene una alta eficiencia para aprovechar y convertir en biomasa el poco nitrógeno nativo del suelo, el resto de los tratamiento obtuvieron valores similares entre 32 - 34  $\text{kg N ha}^{-1}$ . Resultados superiores fueron encontrados por Ponce & Leiva (2007), al evaluar esta misma línea en Zambrano, reportando alta eficiencia al aplicar 37  $\text{kg N ha}^{-1}$ , con 51  $\text{kg N ha}^{-1}$ .

Por otra parte es importante señalar que el T (5), demostró ser una buena fuente de nitrógeno, lo que afirma lo expuesto por Mendieta (1999), que el 80% de esta se



descomponen en las primeras dos semanas de incorporado y está disponible para ser absorbido fácilmente por la planta.

Figura 7 Comportamiento de la línea (ICSVLM-92512), bajo dos fuentes de nitrógeno sobre la eficiencia del uso del nitrógeno por el grano (kg biomasa kg<sup>-1</sup> de N absorbido) en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.



#### 4.3.5 Incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano kg<sup>-1</sup> de N aplicado).

Los rendimientos de grano de sorgo se elevan con la aplicación de nitrógeno, aunque la magnitud en la respuesta a la producción está influenciada por el nivel ó potencial de rendimiento para cada línea ó variedad, García, (2001).

Padilla & Pereira (2003), plantean que la extracción de nitrógeno es mayor cuando se incrementa el rendimiento, a si como la concentración de nitrógeno en varias partes de la planta.

El incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado, fue el mayor en el T (2), con 16.7 kg de grano kg<sup>-1</sup> de N aplicado y en menor cantidad el T (4), con 6.7 kg N ha<sup>-1</sup>. Compton (1990) expone que generalmente el incremento del rendimiento del grano son bajos cuando suben los niveles o dosis de nitrógeno aplicado.

Tabla 14 Incremento de rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano / kg de N aplicado).

Tratamiento	Rdto. grano kg ha <sup>-1</sup>	% Respecto testigo	Incremento de rendimiento(IR) kg de grano / kg de N aplicado
1	2459.79		
2	3078.53	25	16.7
3	3088.53	25	9.5
4	3099.37	26	6.7
5	2943.121	19	

En esta tabla no se muestra el T (5), por que no se recopiló datos de la aportación de nitrógeno de esta leguminosa.

## V CONCLUSIONES

Para las variables de crecimiento evaluadas solamente diámetro de tallo presentó diferencia estadística, obteniendo el mayor diámetro el T (2).

Respecto a las variables longitud de panoja y longitud de raquis, no mostraron diferencias estadísticas, pero sí se encontró para la variable biomasa producida, alcanzando el mayor rendimiento el T (2).

Para la variable rendimiento de grano, no se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

El tratamiento con mayor tasa de retorno marginal y mejor beneficio neto parcial fue el T (2), seguido del T (5).

La eficiencia del nitrógeno y la acumulación de nitrógeno en la biomasa obtuvieron mejores resultados en el T (2). En cambio la mayor acumulación de nitrógeno en el grano la presentó el T (4), con 52.87 kg ha<sup>-1</sup>.

El tratamiento más eficiente para el uso del nitrógeno por la biomasa fue el tratamiento (2) con 96.16 kg ha<sup>-1</sup>, en cambio para eficiencia en grano vario entre 32-34 kg en los tratamientos que recibieron fertilización nitrogenado.

El T (5), asocio con mungo, demostró ser un excelente fijador de nitrógeno, tanto para las variables de crecimiento, así como las variables del rendimiento y de igual manera para la acumulación de nitrógeno en la biomasa y en grano

## **VI RECOMENDACIONES**

Recomendamos dosis de aplicación de 37 kg de 12-30-10 y 37 kg N ha<sup>-1</sup> para obtener rendimientos cercanos a 3000 kg ha<sup>-1</sup> de grano y buenos rendimiento de biomasa con esta línea.

Evaluar diferentes fuentes de suministro de nitrógeno para buscar nuevas alternativas viables para los pequeños productor

## VII BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, G. M y Talavera, S. F. T. 1991.Efecto de 4 densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedad pinolero 1 Segundo seminario del programa de ciencias de las plantas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias 151, 161 pp.

CIMMYT, 1988, la formulación de las recomendaciones a partir de datos agronómicos. INISOKMI, SIMMIT, México D.F. pp. 37.

Compton, L. P 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador. 80 pp.

Cuadra, R. M. 1998. Efectos de diferentes niveles de N, espaciamientos y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays*) Vr NB-6 instituto superior de ciencias agropecuarias – Nicaragua escuela de producción vegetal. Tesis Ing. Agrónomo. 39 pp.

Demolón. 1995. Principios de agronomía. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y educación, La Habana Cuba, 4º edición 587 pp.

Espinoza A.1992. Evaluación de generaciones F7 de sorgo para formación de variedades mejoradas en Nicaragua. En XXXVIII reunión anual PCCMCA. Managua, Nicaragua.62-63 pp.

FAO. (Food and agriculture organization of the United Nations) 2002, production year book. FAO, Rome. p107-p108.

Fonseca M.A.M & López G.L.A 2004, Evaluación del comportamiento agronómico y la eficiencia del nitrógeno para 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Trabajo de diploma U.N.A. FAGRO. Managua, Nicaragua.

Fuentes, J. L. 1994. el suelo y los fertilizantes. Mundi prensa. Madrid, España. 121-122pp.

García. L.L; 2001 fertilidad del suelo y fertilización de cultivo. Texto básico. UNA. Managua, Nicaragua 182 pp.

Green, CH, W. J & González, D, A.F.2004. Evaluación Agronómica y uso eficiente de Nitrógeno en 24 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L, Moench) en el municipio de Posoltega departamento de Chinandega. Tesis Universidad nacional Agraria. Managua, Nicaragua. p.11 – p 25.

Hardarson, G. 1990. Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo planta. OIA. Viena.

Herrera CH, Y. M & García, P, CH, C. 2004. Evaluación agronómica y uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), con dos niveles de fertilización nitrogenada en el municipio Zambrano, Trabajo de diploma. UNA. FAGRO. Managua, Nicaragua.

House, L. R. 1982. El Sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial. Gaceta, SA, 29-30pp.

INETER (Instituto Nacional de Estudios Territoriales). 2008. Resumen meteorológico anual. Dirección general de meteorología. Managua, Nicaragua.

INTA, 2006. Cultivo del sorgo. Guia tecnológica. Managua, Nicaragua 25 pp.

ISCA, 1984. Seminario del programa ciencias de las plantas. Managua, Nicaragua. 9pp.

Lang & Malet. 1986. The effects of tillage system and rate and time of nitrogen application on maize performance on a sandy. Avalon soil. S Afr Journalplant. Soil. 125pp.

León, L. 1987. Fundamento botánico de los cultivos tropicales interamericano de ciencia agrícola de la OEA, San José Costa Rica. p198- p 203.

López, J. A & Galeato, A. 1982. Efectos de competencia de distintos estados de crecimiento del sorgo. Publicaciones técnicas N°. 25. INTA, Argentina. 20 pp.

Manzanares, R, E de J & Calero, R, F, J. 2004. Evaluación del comportamiento agronómico y uso eficiente del nitrógeno en 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en el municipio San Ramón, Matagalpa. Trabajo de diploma. UNA. FAGRO. Managua, Nicaragua.

Maranville, J. W; R. B. Clark. & W. M. Ross. 1980. Nitrogen efficiency in grain Sorghum. Plant.nutre.2:577-589 pp.

Mendieta, L. M. 1999. Monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* y *Mucuna pruriens*), usa como abono verde en el municipio San. Dionisio Matagalpa, UNA Managua, Nicaragua. 66pp.

Miller F, R. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), 2da ed. San José, Costa Rica, pp. 297-298.

Orozco, H. 1996. Evaluación de diferentes alternativas de tecnología de producción de granos básicos U.N.A, Managua, Nicaragua.

Padilla, Cerda, L. I, Pereira, Aguilar, J.A.(2003) Evaluación de arreglos de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) variedad pinolero. Managua, Nicaragua.

Paul, C.L.1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El salvador. p1-p63

Peña, S. E. 1984. Influencia de rotación de cultivo y control de malezas sobre la senescencia de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del sorgo. 50pp.

Pineda L, L. 1997. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instituto Técnico Agropecuario Managua, Nicaragua.55 pp.

Phoelman J. N. 1985. Mejoramiento genético en las cosechas, Limusa, México. 453pp.

Ponce, E. B. & Leiva, H. J., (2007). Evaluación agronómica y uso eficiente del nitrógeno en 15 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con dos niveles de fertilización. Zambrano- Masaya. U.N.A Managua- Nicaragua.

Rodríguez, R. A. & Orozco.2002. Evaluación de dosis y momento de aplicación de urea 46% de nitrógeno en el sistema tradicional de producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. UNA. Managua, Nicaragua .1-25pp.

Salmerón, M. F. y García, C. L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos texto básico Managua Nicaragua. 141pp.

Somarriba, R. C. 1997. Granos básicos. Texto 1997.escuela de producción vegetal UNA Managua, Nicaragua, 197 pp.

Valle K. & Toledo. 2003. Evaluación agronómica de veinte y cuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Zambrano. Tesis, Escuela de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua. 11 pp.

Villalobos. E. 2001. Fisiología de los cultivos tropicales. Editorial de la universidad de San José. Costa Rica. 2003pp.

Youngquist J. & Granel, Cox. P & Mararambille, J. W. 1992. Evaluations of alternative creening criteria for selection nitrogen- Use Efficient genotype in sorghum, crop- science.1310-1313pp.



