

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN 16  
LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) CON DOS NIVELES DE  
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL MUNICIPIO DE TISMA, MASAYA**

**AUTOR**

**Br. NELSON ERVIN ALVARADO FIGUEROA**

**ASESOR**

**Ing. MSc. LEONARDO GARCÍA CENTENO**

**MANAGUA, NICARAGUA  
JULIO, 2007**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



*“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”*

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN 16  
LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) CON DOS NIVELES DE  
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL MUNICIPIO DE TISMA, MASAYA**

**PRESENTADO A LA CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE TRIBUNAL  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO  
PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO GENERALISTA**

**AUTOR**

**Br. NELSON ERVIN ALVARADO FIGUEROA**

**ASESOR**

**Ing. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO**

**MANAGUA, NICARAGUA  
JULIO, 2007**

## **DEDICATORIA**

A nuestro creador “DIOS” todo poderoso por brindarme sabiduría y fuerza para poder llegar a una meta, gracias por brindarme el don de la existencia y cumplir con algunos objetivos propuestos en mi vida.

A mis padres ERNESTO ANTONIO ALVARADO TORRES e INÉS FIGUEROA GUZMÁN, por haberme traído a este mundo, por inculcarme buenos valores morales, por siempre apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida y que siempre depositaron en mi la mayor confianza, comprensión y amor ya que sin esos consejos y esperanzas no fuese lo que hoy en día soy gracias por ser los padres maravillosos que un hijo puede tener.

A mis hermanos William Alvarado, Henry Alvarado, Ariel Alvarado, Katy Alvarado y en especial a Hellen Alvarado que de una u otra forma fueron un motivo de inspiración en mi vida y siempre hemos estado juntos en los momentos de gloria y de penas.

A mi compañera de vida Guadalupe Sánchez Rivas y mi mayor orgullo, mi hijo Nelson Xavier Alvarado Sánchez por ser las personas más importantes en mi vida y por haberme ayudado a conseguir lo que más quería, ser un gran profesional y dedicarme tiempo, espacio, amor y comprensión para poder llegar a culminar mi trabajo de diploma.

A la memoria de mis abuelitos Marcos Figueroa e Isabel Guzmán, que estén donde estén siempre estarán conmigo.

*NELSON ERVIN ALVARADO FIGUEROA*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón primeramente a Dios por la vida, la fuerza, sabiduría y motivación para culminar con éxitos mis estudios universitarios.

A la Universidad Nacional Agraria por haberme brindado formación profesional a la facultad de agronomía por su interés en el desarrollo de buenos profesionales.

A todos los docentes que me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi preparación.

Al Departamento de Servicios Estudiantiles, en especial a la Lic. Idalia Casco de Oporta, por su comprensión y apoyo brindado.

Al programa INTSORMIL por financiar el tema de investigación y así poder concluir con el trabajo de investigación. Al Ing. MSc. Leonardo García Centeno por brindarme su apoyo incondicional durante la investigación y la asesoría del mismo.

A mis amigos y amigas del grupo I y II de agronomía generalista, por compartir tantas experiencias a lo largo de la vida universitaria. A Rebeca Centeno y Roberto Martínez por su apoyo en la etapa de campo y me brindaron sugerencias en mi trabajo para su buen desarrollo.

Al personal del CENIDA por haberme facilitado toda la documentación necesaria.

A mis amigas María Mercedes Escobar Medrano y Karla María Loáisiga. Morán por ayudarme en tiempos difíciles y por estar siempre dispuesta a ayudarme.

A Norvin Lex Herrera por ser un excelente amigo y por todo el apoyo que siempre me brindo.

A todos aquellos que de forma directa e indirecta han colaborado para la realización de este trabajo de investigación.

*NELSON ERVIN ALVARADO FIGUEROA*

## INDICE GENERAL

| <b>CONTENIDO</b>       | <b>Página</b>                               |          |
|------------------------|---|----------|
| Dedicatoria            | i   |          |
| Agradecimiento         | ii  |          |
| Índice general         | iii   |          |
| Resultados y discusión | iv  |          |
| Índice de tablas       | v   |          |
| Índice de figuras      | vi  |          |
| Resumen                | vii   |          |
| <b>I.</b>              | <b>INTRODUCCION</b>                         | <b>1</b> |
| <b>II.</b>             | <b>OBJETIVOS</b>                            | <b>3</b> |
|                        | 2.1 Objetivo general                        | 3        |
|                        | 2.2 Objetivos específicos                   | 3        |
| <b>III.</b>            | <b>MATERIALES Y METODOS</b>                 | <b>4</b> |
|                        | 3.1 Descripción de lugar                    | 4        |
|                        | 3.1.1 Ubicación                             | 4        |
|                        | 3.1.2 Clima                                 | 4        |
|                        | 3.1.3 Suelo                                 | 5        |
|                        | 3.2 Metodología experimental                | 5        |
|                        | 3.2.1 Descripción del diseño experimental   | 5        |
|                        | 3.2.2 Descripción de la unidad experimental | 5        |
|                        | 3.2.3 Variables evaluadas                   | 6        |
|                        | 3.2.4 Análisis estadístico                  | 9        |
|                        | 3.2.5 Manejo agronómico                     | 9        |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>   | <b>Página</b> |
| 4.1 Variables evaluadas durante el crecimiento  | 11            |
| 4.1.1 Altura de planta (cm.)  | 11            |
| 4.1.2 Diámetro del tallo (cm.)  | 13            |
| 4.1.3 Numero de hojas por plantas   | 15            |
| 4.2 Variables evaluadas al momento de la cosecha  | 17            |
| 4.2.1 Longitud de la panoja   | 17            |
| 4.2.2 Longitud del raquis   | 19            |
| 4.2.3 biomasa seca producida (kg ha <sup>-1</sup> )   | 21            |
| 4.2.4 Rendimiento del grano (kg ha <sup>-1</sup> )  | 24            |
| 4.2.5 Nitrógeno en biomasa (%)  | 27            |
| 4.2.6 Acumulación de nitrógeno en biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )                                      | 29            |
| 4.2.7 Nitrógeno en el grano (%)   | 30            |
| 4.2.8 Acumulación de nitrógeno en el grano (kg ha <sup>-1</sup> )                                     | 32            |
| 4.2.9 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada   | 33            |
| 4.2.10 Eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa (kg biomasa/kg N<br>absorbido)                  | 34            |
| 4.2.11 Eficiencia de uso del nitrógeno por el grano (kg grano/kg N<br>absorbido kg ha <sup>-1</sup> ) | 35            |
| 4.2.12 Incremento del rendimiento de grano con respecto al nivel 0                                    | 37            |
| <b>V. CONCLUSIONES</b>  | 39            |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b>  | 41            |
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>  | 42            |

## NDICE DE TABLAS

| <b>TABLA N°</b>   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1. Análisis químico de suelo. Tisma, Masaya, 2004.  | 5             |
| 2. Descripción de los tratamientos  | 6             |
| 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta con dos factores en estudio; factor: líneas (genotipos), factor B: niveles de fertilización nitrogenada       | 11            |
| 4. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la altura de planta (cm) a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004.                                   | 13            |
| 5. Análisis de varianza para el diámetro del tallo  | 14            |
| 6. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el diámetro del tallo (cm) a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004.                                 | 15            |
| 7. Análisis de varianza para el numero de hojas con dos factores en estudio; factor A: líneas (genotipos), factor B: niveles de fertilización nitrogenada               | 16            |
| 8. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el número de hojas por planta para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004. | 17            |
| 9. Análisis de varianza en la variable longitud de panoja   | 18            |
| 10. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud de panoja (cm), Tisma, Masaya.  | 19            |
| 11. Análisis de varianza para la variable longitud de raquis  | 20            |
| 12. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud del raquis (cm), Tisma, Masaya.   | 21            |
| 13. Análisis de varianza para el rendimiento de biomasa seca  | 22            |
| 14. Resultados de la separación de medias para la variable de rendimiento de biomasa seca ( $\text{Kg N ha}^{-1}$ ). Tisma, Masaya.                                     | 23            |
| 15. Efecto de interacción de líneas x niveles de nitrógeno aplicado sobre la producción de biomasa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).   | 24            |
| 16. Análisis de varianza para el rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).  | 25            |
| 17. Resultados de la separación de medias para la variable rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).  | 26            |
| 18. Efecto de interacción de líneas x niveles de nitrógeno aplicados sobre el rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).   | 27            |
| 19. Uso eficiente del nitrógeno por las líneas de sorgo en estudio con relación al incremento del grano por kilogramo de nitrógeno aplicado.                            | 38            |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA N°</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Representación gráfica de los datos climatológicos del municipio de Tisma, Departamento de Masaya, 2004.<br>Fuente: (INETER, 2004). | 4             |
| 2. Contenido de nitrógeno (%), en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.   | 28            |
| 3. Acumulación de nitrógeno en biomasa para cada línea y nivel de fertilización.   | 30            |
| 4. Concentración de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización.  | 31            |
| 5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización   | 33            |
| 6. Eficiencia de uso del N por la biomasa  | 35            |
| 7. Eficiencia de uso del N por el grano.   | 36            |



## RESUMEN

El presente estudio se realizó en época de postrera del 2004 en la finca Las Esquinas ubicada en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, con coordenadas 11°53'7" latitud norte y 86°12'9" longitud oeste a una altura de 56 msnm. Se evaluaron 15 líneas de sorgo y una variedad local (Pinolero) como testigo, con dos niveles de fertilización nitrogenada de 0 y 37 kg N ha<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (BCA), con arreglos en parcelas divididas con tres replicas. Los resultados reflejan que todas las variables evaluadas presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y de igual manera para la interacción. Los mayores rendimientos de grano en la interacción de líneas por niveles de nitrógeno se presentaron cuando se aplicó los 37 kg N ha<sup>-1</sup> al suelo, sobresaliendo la línea ICSVLM - 93075 con 6,418 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en la producción de biomasa sobresalió ICSVLM- 90520 con 7,909 kg ha<sup>-1</sup>. El análisis de uso eficiente de nitrógeno, demostró que existió efecto positivo en el incremento del rendimiento de las líneas de sorgo, con la aplicación de nitrógeno, destacándose ICSVLM-93075 con 3,410 kg ha<sup>-1</sup> con respecto al nivel de 0 kg N ha<sup>-1</sup>, en cuanto al incremento por kg N aplicado a las líneas, se obtuvo por ICSVLM- 93075, con 92.16 kg ha<sup>-1</sup> al obtener la mayor producción de granos y la mejor eficiencia de uso del N por la biomasa lo realiza la línea ICSVLM-89524 con 108.29 kg de biomasa ha<sup>-1</sup> y en el grano lo presenta la línea ICSVLM-92512 con 62.49 kg de grano ha<sup>-1</sup>.

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) es el cereal que le sigue al maíz, tanto en área como en volumen de producción. Es un cultivo que se produce para el consumo interno y no para la exportación; su gran importancia radica en su demanda como materia prima para la elaboración de alimentos balanceados para animales (avícolas, equino, porcino y vacuno) también para consumo humano (IICA, 2003).

Este cultivo se adapta a una amplia gama de ambiente y producción de grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los cereales debido a su resistencia a la sequía. Se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvias erráticas (Compton, 1990); es una planta de días cortos y de noches largas.

En nuestro país existen zonas catalogadas como óptimas para la producción de este importante rubro. (Alemán y Tercero, 1991) afirman que dentro de éstas se destaca la zona de Masaya, pudiendo ser sembrado de forma rentable en época de primera y postrera; otras zonas consideradas de buena aptitud son: Granada, Rivas, León, Chinandega, Managua y Estelí, en la mayoría de ellas, se obtiene mejores resultados en siembra de postrera siendo posible utilizar un cultivo precedente.

La mayor cantidad del área se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos y variedades mejoradas, las zonas antes mencionadas son las que tienen mayor área de siembra representando el 53% del área cultivada y por lo tanto la mayor producción de grano en el ambiente nacional con un 78 % (IICA, 2003).

Entre los factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso de líneas (genotipos), condiciones ambientales y practicas de manejo, otro problema es, la cantidad de fertilizante requerido para la planta de sorgo, la que varía dependiendo del tipo y las condiciones de suelo, por lo que las respuestas del cultivo varían según las condiciones en que se establece.

Actualmente los rendimientos de granos no satisfacen la demanda interna, el promedio de producción doméstica para el año 2003-2004 fue de 1, 262,000 quintales y la demanda total de la industria ascendió a 3, 114,000 quintales, de modo que la oferta nacional representa el 41% del total de la demanda.

Uno de los elementos que más limita los rendimientos es el nitrógeno; en primer lugar debido a que las reservas de nitrógeno en el suelo dependen fundamentalmente de la materia orgánica y segundo, a que el nitrógeno es un elemento muy dinámico por lo que requiere un manejo cuidadoso, sobretodo aumentar su disponibilidad y que la planta haga uso eficiente del mismo, una práctica recomendada para aumentar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, es la aplicación fraccionada del mismo. Lo anterior conduce a un mejor uso del fertilizante, mayor absorción por el cultivo y mayor rendimiento por unidad de fertilizante (Lang y Mallet, 1986).

El nitrógeno juega un papel importante en la etapa de crecimiento vegetativo, floración y formación de grano, semillas y favorece el macollamiento; durante la fase vegetativa la actividad consiste en una formación de nuevos tejidos (Vieira *et al*; 1999).

Las cantidades de nitrógeno extraídas por los cereales alimenticios supera la de cualquier otro nutriente, su movilidad en la fase líquida y gaseosa pueden ser causa de importantes pérdidas del suelo; tras su aplicación como fertilizante. El agricultor debe conocer por tanto no solo la cantidad total de nitrógeno que el cultivo necesita, sino también el período en el que más extrae este nutriente para lograr su totalidad máxima (FAO, 1984).

Dada la importancia del cultivo del sorgo y su utilización para la producción de grano, es conveniente conocer una dosis adecuada para cada línea, así como su influencia sobre los componentes de rendimiento y otros parámetros agronómicos como son: altura de planta número de hojas, diámetro del tallo, longitud de la panoja y longitud del raquis con el fin de obtener mayor conocimiento sobre dicha respuesta.

Con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico productivo y el uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo en la finca Las Esquinas se realizó el presente trabajo de investigación, definiendo los siguientes objetivos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

Evaluar el comportamiento agronómico productivo y el uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo más una variedad local (Pinolero 1) (*Sorghum bicolor* L. Moench) con dos niveles de nitrógeno.

### **2.2 Objetivos específicos:**

1. Identificar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico en base a caracteres de crecimiento y rendimiento bajo condiciones del municipio de Tisma.
2. Conocer el contenido y acumulación de nitrógeno en la biomasa y grano de cada línea en estudio.
3. Evaluar el uso eficiente de nitrógeno en cuanto a eficiencia de uso de este elemento en biomasa seca producida y en grano con dos niveles de nitrógeno.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

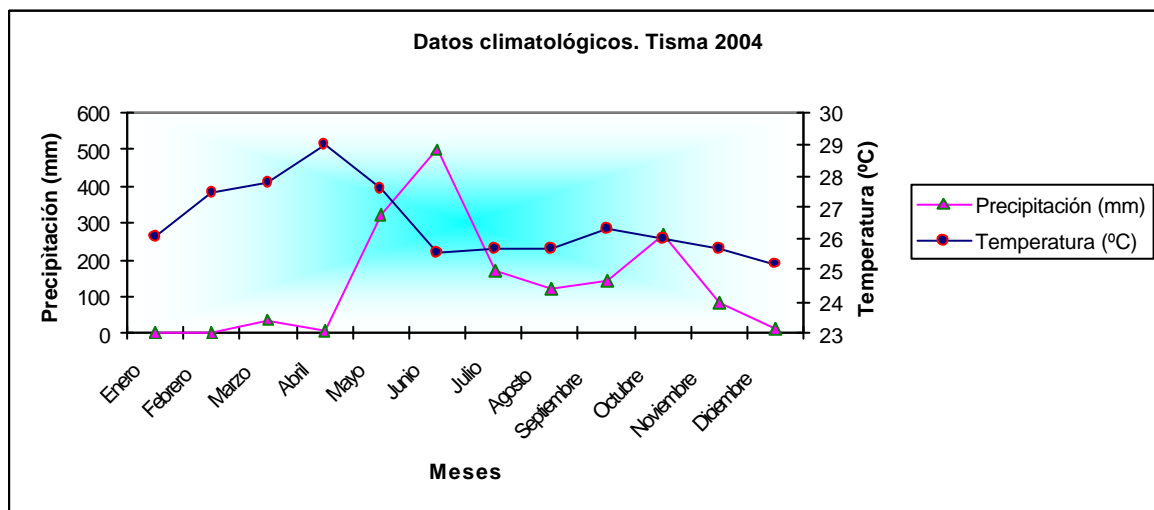
#### 3.1 Descripción del lugar

##### 3.1.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la finca “Las Esquinas” ubicada en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, con coordenadas 12°09’07” y 11°53’47” latitud Norte y 85°58’41” y 86°12’39” longitud Oeste, con una altura de 56 msnm.

##### 3.1.2 Clima

La zonificación ecológica en que se encuentra es Bosque Tropical seco y Bosque Subtropical húmedo según la clasificación de Holdridge, 1982. Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el ensayo se presentan en la figura 1.



**Figura 1.** Representación gráfica de los datos climatológicos del municipio de Tisma, departamento de Masaya.  
Fuente: INETER (2004).

### 3.1.3 suelo

Los suelos pertenecen a la serie Tisma (MAG, 1971) van de profundos a poco profundos, francos a arcillosos con drenaje superficiales hacia el Rio Tipitapa, la topografía es plana a ligeramente ondulada, moderada permeabilidad y alta disponibilidad de agua. Los datos del análisis del suelo donde se estableció el experimento se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1. Análisis químico de suelo. Tisma, Masaya 2004**

| Localidad | pH   | %                |      | ppm  |      | Meq/ 100 g de suelo |        | Textura |       |
|-----------|------|------------------|------|------|------|---------------------|--------|---------|-------|
|           |      | H <sub>2</sub> O | M.O. | N    | P    | K                   | CIC    | Arena   | Limo  |
| Tisma     | 6.9  | 4.7              | 0.25 | 17.3 | 2.81 | 41.7                | 28.47  | 36.00   | 35.04 |
|           | L.A. | A                | C.M. | R    | A    | A                   | FRANCO |         |       |

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, UNA 2004.

L.A: Ligeramente ácido.

A: Alta.

C.M: Contenido Medio.

R: Rico.

## 3.2 Metodología experimental

### 3.2.1 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar (BCA) con arreglos en parcelas divididas con tres replica y un total de 32 tratamientos.

### 3.2.2 Descripción de la unidad experimental

Se evaluaron treinta y dos tratamientos, los que se asignaron al azar a las unidades experimentales, la distancia entre surco fue de 0.80 metros. Se sembraron seis surcos por parcelas de una longitud de 5 metros, y de los cuales se tomaron los cuatro surcos centrales como parcela útil (dos surcos fertilizados y los otros dos no fertilizados). La separación entre las parcelas experimentales de los bloques fue de un metro dando un área total del experimento de 1 260 m<sup>2</sup>.

Del 28 de agosto al 11 de diciembre se evaluaron 15 líneas de sorgo (genotipos) y una variedad comercial pinolero 1, con dos niveles de fertilización nitrogenada dando un total de treinta y dos tratamientos, utilizando fertilizante de la fórmula (12-30-10) y urea al 46% aplicando ésta última en forma fraccionada a los 30 y 45 días después de la siembra.

**Tabla 2. Descripción de los tratamientos**

---

**Factor A: Líneas a evaluar.**

|                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| a <sub>1</sub> ICSVLM-89513 | a <sub>9</sub> ICSVLM- 92512        |
| a <sub>2</sub> ICSVLM-89524 | a <sub>10</sub> ICSVLM- 93074       |
| a <sub>3</sub> ICSVLM-89527 | a <sub>11</sub> ICSVLM- 93075       |
| a <sub>4</sub> ICSVLM-89537 | a <sub>12</sub> ICSVLM- 93076       |
| a <sub>5</sub> ICSVLM-89544 | a <sub>13</sub> ICSVLM- 93079       |
| a <sub>6</sub> ICSVLM-89551 | a <sub>14</sub> ICSVLM- 93081       |
| a <sub>7</sub> ICSVLM-90510 | a <sub>15</sub> JOCORO              |
| a <sub>8</sub> ICSVLM-90520 | a <sub>16</sub> PINOLERO 1(Testigo) |

**Factor B: Niveles de nitrógeno aplicado.**

---

|   |  |
|---|--|
| b <sub>1</sub> 37 kg N ha <sup>-1</sup> | b <sub>2</sub> 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
|---|--|

---

**3.2.3 Variables evaluadas**

Durante el crecimiento del cultivo, a los 30, 45 y 60 dds se tomaron 5 plantas al azar fertilizadas y 5 no fertilizadas por parcela útil, se marcaron y se les midieron las siguientes características en cada fecha de muestreo.

### **Durante el crecimiento del cultivo.**

- ❖ **Altura de la planta (cm.):** Se registró desde la superficie del suelo hasta el nudo ciliar de la última hoja formada (usando cinta métrica).
- ❖ **Diámetro del tallo (cm.):** Se determinó a 10 cm de la superficie del suelo (usando un vernier).
- ❖ **Número de hojas por planta:** Se contaron las hojas funcionales de la planta.

### **Al momento de la cosecha**

- ❖ **Longitud de panoja (cm.):** De una muestra de 15 panojas por parcela útil se midió la longitud de la misma desde la base hasta el ápice de la misma.
- ❖ **Longitud del raquis (cm.):** A las mismas 15 panojas se les midió la longitud del raquis hasta la base de la panoja y se promedió.
- ❖ **Biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Al momento de la cosecha se registró el peso fresco, posteriormente se seleccionó una muestra de 500 gramos y se seco al horno a una temperatura de 65 °C durante 72 horas y posteriormente se determinó el peso seco.
- ❖ **Rendimiento del grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Se colectó el grano proveniente de cada una de las parcelas útil, las muestras fueron pesadas y los valores obtenidos fueron ajustados al 14% de humedad.
- ❖ **Nitrógeno en biomasa (%):** De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se trasladó una muestra homogeneizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método semi-micro Kjeldhal.



- ❖ **Nitrógeno en el grano (%):** Una muestra del grano de sorgo cosechado fue enviado al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno, el método utilizado fue el mismo al de la variable anterior.
- ❖ **Uso eficiente del nitrógeno:** Con los datos obtenidos de rendimiento de grano y biomasa y sus respectivos porcentajes de nitrógeno se calculó la eficiencia de la fertilización y la cantidad de grano por kg de fertilizante aplicado usando las siguientes formulas (Maranville *et al.*, 1980).

$$UEN_1 = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)} + \text{Rendimiento de biomasa (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N en grano (kg ha}^{-1}\text{)} + \text{N en Biomasa (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

$$UEN_2 = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N en grano (kg ha}^{-1}\text{)} + \text{N en Biomasa (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

$$\text{IRG/kg N} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{ grano producido c/N} - \text{kg ha}^{-1} \text{ grano producido s/N}}{37 \text{ kg N ha}^{-1}}$$

UEN 1: Eficiencia de uso del N por la biomasa

NUE2: Eficiencia de uso del N por el grano.

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

c/N = con nitrógeno.

s/N = sin nitrógeno.

### 3.2.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de medias por rangos múltiples de Tukey al 95% fuente de confianza, utilizando el programa computarizado para análisis estadístico SAS. Se estableció el siguiente modelo aditivo lineal que corresponde a un diseño en parcelas divididas (Pedroza, 1993).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + T_i + (\beta T)_{ik} + a_j + (Ta)_{ij} + E_{ijk}$$

En donde:

**Y<sub>ijk</sub>**: Es el valor medio de las observaciones medias en los distintos tratamientos.

**μ**: Es el efecto de la media poblacional.

**β<sub>k</sub>**: Es el efecto de K-ésimo bloque.

**T<sub>i</sub>**: Es el efecto de la i-ésima líneas.

**(βT)<sub>ik</sub>**: Es el error para evaluar la parcela grande.

**a<sub>j</sub>**: Es el efecto de j-ésima dosis de fertilizante nitrogenado (0 y 37 kg N ha<sup>-1</sup>).

**(Ta)<sub>ij</sub>**: Es el efecto de i-ésima línea y la j-ésimo nivel de fertilización nitrogenada.

**E<sub>ijk</sub>**: Es el error para evaluar la parcela pequeña.

### 3.3.5 Manejo agronómico

El terreno fue preparado con tracción animal, utilizando un pase de arado y uno de rayado. La siembra se realizó de manera manual el 26 de agosto del 2004, depositando la semilla a chorrillo con una distancia entre hileras de 0.80 metros.

La fertilización se realizó de forma manual aplicando completo de formula 12-30-10, al momento de siembra en los tratamientos fertilizados; posteriormente se aplicó la urea al 46% de forma fraccionada a los 30 y 45 dds.

Las malezas se controlaron de forma manual con machete y azadón, a lo 45 dds.

La cosecha fue manual, al completar el ciclo biológico del cultivo. (116 dds). Como indicador se tomó en cuenta el desprendimiento de los granos al tacto, además de constatar un pequeño punto negro en el grano.

El origen de las líneas con el código ICSVLM, son del programa ICRISAT/LASIP; ICSVLM significa en inglés ICRISAT Sorghum Variety Latin America Program, los dos primeros dígitos indican el año que fue generada la línea y los últimos tres dígitos el número de código, el cual es correlativo según se generan.

JOCORO es una variedad comercial en El Salvador y su origen es también del ICRISAT/LASIP.

El testigo Pinolero posee una altura de 190 cm, panoja semi-abierta, grano de color blanco, días a floración a los 64 días después de la germinación, excursión y tamaño de la panoja 10 y 30 cm respectivamente; días a la cosecha 110 días; con un potencial genético de 4,852 kg ha<sup>-1</sup> equivalente a 75 qq/mz.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables evaluadas durante el crecimiento

#### 4.1.1 Altura de planta (cm)

La altura de la planta de sorgo es un parámetro importante, como un indicador de la velocidad de crecimiento. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son translocados al grano durante el llenado del mismo. Además está fuertemente influenciado por las condiciones ambientales como: temperatura, humedad relativa, cantidad y calidad de luz (Cuadra, 1998)

Morales (2002) plantea que la altura de planta de sorgo es una característica esencial debido a que alturas de plantas de 160 a 170 cm es óptima para la cosecha mecanizada, en cambios alturas mayores o menores traen inconveniente, como cortes no uniformes al cosecharlos, restos de hojas, tallos, semillas de malezas, etc.

La variable altura de planta evaluada a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, de acuerdo al ANDEVA (Tabla 3) indica que existe efecto significativo entre líneas y niveles de nitrógeno, resultados similares a los obtenidos por Fonseca & López (2004), Valle & Toledo (2003), Green & González (2004), Herrera & García (2004) y Manzanares & Calero (2004).

**Tabla 3.** Análisis de varianza para la variable altura de planta con dos factores en estudio; factor a: líneas (genotipos), factor B: niveles de fertilización nitrogenada.

| Fuente de Variación       | 30dds | 45dds | 60dds |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| <b>Factor A</b>           | **    | **    | **    |
| <b>Factor B</b>           | **    | **    | **    |
| <b>Interacción (A xB)</b> | **    | **    | **    |
| <b>CV %</b>               | 2.33  | 1.80  | 1.51  |

dds: días después de la siembra,” \*\* “altamente significativo.

La (tabla 4) muestra que durante el primer muestreo a los 30 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que presentó mayor altura con diferencia significativa sobre las demás líneas es ICSVLM-89537 con 26.70 cm. y la línea ICSVLM- 89524 fue la que presentó la menor altura con 16.50 cm. y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que obtuvo la mayor altura fue ICSVLM-93081 con 20.80 cm e ICSVLM-89551 obtuvo la menor altura con 8.50 cm.

A los 45 dds la mayor altura estadísticamente con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la presentó la variedad comercial pinolero 1 con 55.43 cm, obteniendo la menor altura la línea ICSVLM-89524 con 23.23 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-90510 obtuvo la mayor altura con 41.60 cm y la menor altura ICSVLM-90510 con 23.93 cm y JOCORO con 22.53 cm. A los 60 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> sobresalieron las líneas ICSVLM-89537 con 97.96 cm, ICSVLM-89544 con 97.40cm, ICASVLM-93076 con 97.33 cm, ICSVLM-89527 con 96.93 cm ambas estadísticamente iguales y en menor lugar la variedad comercial pinolero 1 con 31.60 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, las líneas con mayor altura fueron ICSVLM-93076 con 93.41 cm, ICSVLM-89544 con 92.60 cm, ICSVLM-89513 con 91.50 cm, siendo estadísticamente iguales altura ambas son estadística y numéricamente iguales. Estos datos son similares a los encontrados por (Valle y Toledo, 2003).

Los resultados obtenidos para la variable altura de la planta no cumplen con el óptimo para la cosecha mecanizada debido a que se obtuvieron datos inferiores a lo sugerido por Morales (2002).

**Tabla 4.** Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la altura de planta (cm.) a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004.

| Líneas       | 30dds                    |                         | 45dds                    |                         | 60dds                    |                         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|              | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
| ICSVLM-89513 | 22.20 cde                | 16.10 e                 | 33.63 g                  | 37.43 b                 | 65.50 e                  | 91.50 a                 |
| ICSVLM-89524 | 16.5 g                   | 13.33 gh                | 23.23 k                  | 33.20 de                | 85.30 c                  | 65.30 f                 |
| ICSVLM-89527 | 17.50 fg                 | 14.43 fg                | 32.07 gh                 | 28.70 f                 | 96.93 a                  | 61.07 g                 |
| ICSVLM-89537 | 26.70 a                  | 18.20 bc                | 48.60 c                  | 31.73 e                 | 97.96 a                  | 86.80 b                 |
| ICSVLM-89544 | 18.43 f                  | 14.43 fg                | 36.25 f                  | 36.50 b                 | 97.40 a                  | 92.60 a                 |
| ICSVLM-89551 | 23.13 bc                 | 8.50 j                  | 46.80 c                  | 41.60 a                 | 53.46 f                  | 54.60 h                 |
| ICSVLM-90510 | 17.30 fg                 | 16.53 de                | 37.60 f                  | 23.93 g                 | 82.80 c                  | 83.03 c                 |
| ICSVLM-90520 | 17.40 fg                 | 16.60 ef                | 31.63 h                  | 28.10 f                 | 74.83 d                  | 81.20 cd                |
| ICSVLM-92512 | 23.53 b                  | 10.60 i                 | 44.40 d                  | 31.50 e                 | 42.50 b                  | 77.60 e                 |
| ICSVLM-93074 | 21.80 de                 | 17.50 cd                | 39.70 e                  | 27.50 f                 | 85.33 c                  | 79.45 de                |
| ICSVLM-93075 | 21.10 e                  | 14.70 f                 | 28.60 i                  | 34.53 cd                | 48.60 g                  | 76.23 e                 |
| ICSVLM-93076 | 21.50 de                 | 12.43 h                 | 44.43 d                  | 35.60 bc                | 97.33 a                  | 93.41 a                 |
| ICSVLM-93079 | 22.70 bcd                | 18.33 bc                | 52.40 b                  | 27.60 f                 | 62.73 e                  | 57.60 h                 |
| ICSVLM-93081 | 23.43 bc                 | 20.80 a                 | 37.13 f                  | 37.11 b                 | 76.40 d                  | 83.00 c                 |
| JOCORO       | 23.40 bc                 | 19.25 b                 | 25.70 j                  | 22.53 g                 | 56.63 f                  | 44.30 i                 |
| PINOLERO I   | 21.33 e                  | 16.37 de                | 55.43 a                  | 31.60 e                 | 31.60 h                  | 34.80 j                 |
| ANDEVA       | **                       |                         | **                       |                         | **                       |                         |

#### 4.1.2 Diámetro del tallo (cm)

Las cañas o tallos, están formados de una serie de nudos y entrenudos, son delgados y muy vigorosos. En cuanto a su consistencia, el tallo es sólido, con una corteza o tejido exterior duro y una médula suave (Somarriba, 1998)

Una planta de sorgo con un tallo débil es propensa a acamarse dado que su consistencia no tolera vientos fuertes, lo que coincide con Phoelman (1985), quien planteó que el acame de las plantas se produce como resultado del pobre vigor de los tallos; el sorgo acamado constituye un medio favorable para el desarrollo de hongos y enfermedades, también afirma que el diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de alto rendimiento.

Cuadra (1998) plantea que el diámetro puede estar influenciado por factores genéticos, ambientales y por la densidad de población usada.

El análisis de varianza (ANDEVA), realizado para la variable diámetro del tallo, demostró que existe efecto significativo en las tres toma de datos para ambos factores y de igual manera para la interacción. Estos datos muestran similitud a los resultados de Fonseca & López (2004), Manzanares & Calero (2004), pero superiores a los de Valle & Toledo (2003), Herrera & García (2004).

**Tabla 5.** Análisis de varianza para el diámetro del tallo

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>30dds</b> | <b>45dds</b> | <b>60dds</b> |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Factor A</b>            | **           | **           | **           |
| <b>Factor B</b>            | **           | **           | **           |
| <b>Interacción (AxB)</b>   | **           | **           | **           |
| <b>CV (%)</b>              | 5.08         | 3.13         | 3.04         |

dds: días después de la siembra, “ \*\* “altamente significativo

La tabla 6 muestra que a los 30 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que alcanzó el mayor diámetro fue ICSVLM-90510 con 1.43 cm, seguida de las líneas ICSVLM- 89537 con 1.40cm, ICSVLM-90520 con 1.37 cm, 905101, siendo iguales estadísticamente y en ultimo lugar JOCORO con 0.50 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que obtuvo el mayor diámetro es ICSVLM-89551 con 1.35 cm, seguida por ICSVLM-89544 con 1.33 cm, estadísticamente iguales y el menor diámetro lo presenta ICSVLM-89524 con 0.63 cm. A los 45 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> el mayor diámetro lo obtuvieron las líneas ICSVLM-90520 con 2.7 cm., ICSVLM-89537 con 2.65 cm, estadísticamente iguales, obteniendo el menor diámetro ICSVLM-93079 con 1.05 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas que alcanzaron los mayores diámetros ICSVLM-89524, 89551 con 2.21cm, ambas estadística iguales, ICSVLM-90520 con 2.20 cm, ICSVLM-89513 con 2.17 cm, ICSVLM-89537 con 2.12 cm, estadísticamente iguales y el menor diámetro lo obtuvo ICSVLM-93075 con 1.20 cm. A los 60 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas que presentaron los mayores diámetros ICSVLM- 90520 con 2.61 cm., ICSVLM-89524 con 2.50 cm, ICSVLM-90510 con 2.49 cm, siendo estadísticamente iguales y el menor diámetro ICSVLM-93079 con 1.50 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-92512 alcanzó el mayor diámetro con 2.70 cm. Somarriba (1998), afirma que el diámetro del tallo varia de 5 a 30 mm (0.5 y 3 cm), los cuales se manifiestan dentro de este rango.

Estos resultados son similares a los que presentan Herrera & García (2004), Manzanares & Calero (2004), Valle & Toledo (2003), superando a los datos presentados por Fonseca & López (2004).

**Tabla 6.** Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el diámetro del tallo (cm) a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004.

| Líneas       | 30dds                    |                         | 45dds                    |                         | 60dds                    |                         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|              | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
| ICSVLM-89513 | 1.11 cde                 | 1.07 cd                 | 1.86 cd                  | 2.17 a                  | 2.33 bcd                 | 2.20 cd                 |
| ICSVLM-89524 | 1.15 cde                 | 0.63 h                  | 1.76 def                 | 2.21 a                  | 2.50 ab                  | 2.33 bc                 |
| ICSVLM-89527 | 1.13 cde                 | 0.95 def                | 1.96 c                   | 1.62 bc                 | 2.39 bc                  | 2.43 b                  |
| ICSVLM-89537 | 1.40 ab                  | 1.12 c                  | 2.95 a                   | 2.12 a                  | 2.30 cd                  | 2.24 c                  |
| ICSVLM-89544 | 1.06 de                  | 1.33 ab                 | 1.84 cde                 | 1.70 b                  | 2.01 ef                  | 2.23 c                  |
| ICSVLM-89551 | 1.17 cde                 | 1.35 a                  | 1.77 def                 | 2.21 a                  | 2.18 de                  | 2.35 bc                 |
| ICSVLM-90510 | 1.20 cd                  | 0.70 gh                 | 1.93 cd                  | 1.24 e                  | 2.21 cd                  | 2.70 a                  |
| ICSVLM-90520 | 1.43 a                   | 1.12 c                  | 2.71 a                   | 1.53 cd                 | 2.49 ab                  | 1.73 f                  |
| ICSVLM-92512 | 1.37 ab                  | 1.19 bc                 | 2.35 b                   | 2.20 a                  | 2.61 a                   | 2.49 b                  |
| ICSVLM-93074 | 1.06 de                  | 1.06 cd                 | 2.46 b                   | 1.60 bc                 | 2.37 bc                  | 2.04 de                 |
| ICSVLM-93075 | 0.86 g                   | 0.90 ef                 | 1.33 h                   | 1.20 e                  | 1.60 hi                  | 1.50 g                  |
| ICSVLM-93076 | 0.89 fg                  | 0.87 ef                 | 1.55 g                   | 1.60 bc                 | 1.82 g                   | 1.60 fg                 |
| ICSVLM-93079 | 1.25 bc                  | 0.85 efg                | 1.05 i                   | 1.50 cd                 | 1.50 i                   | 1.60 fg                 |
| ICSVLM-93081 | 1.04 ef                  | 0.96 de                 | 1.56 g                   | 1.60 bc                 | 1.70 gh                  | 1.70 f                  |
| JOCORO       | 0.50 h                   | 0.82 efg                | 1.67 fg                  | 1.60 bc                 | 1.88 fg                  | 2.00 e                  |
| PINOLERO I   | 0.80 g                   | 0.80 fg                 | 1.69 efg                 | 1.43 d                  | 1.84 fg                  | 1.50 g                  |
| ANDEVA       | **                       |                         | **                       |                         | **                       |                         |

#### 4.1.3 Número de hojas por planta

Los principales órganos para la realización de la fotosíntesis en la planta son las hojas y la concentración de nutrientes en las mismas influyen en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Barahona y Gago, 1996)

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del periodo de crecimiento (Compton, 1990), siendo este también un factor determinante en la producción de biomasa seca igual que el tallo.



Las hojas son los principales órganos de la fotosíntesis que junto con la extracción de nutrientes influyen en el crecimiento y el rendimiento del cultivo (Barahona y Gago, 1996). Al hacer un conteo de hojas, se debe de considera como hojas desarrolladas aquellas que presentan el cuello, la vaina y la lámina totalmente visible (Somarriba, 1998).

La variable número de hojas, de acuerdo a los resultados obtenidos del ANDEVA (tabla 7), indica que existe efecto significativo para ambos factores durante las tres evaluaciones (30,45 y 60 dds) y de igual forma en la interacción.

**Tabla 7.** Análisis de varianza para el número de hojas con dos factores en estudio; factor A: líneas (genotipos), factor B: niveles de fertilización nitrogenada.

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>30dds</b> | <b>45dds</b> | <b>60dds</b> |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Factor A</b>            | **           | **           | **           |
| <b>Factor B</b>            | **           | **           | **           |
| <b>Interacción (AxB)</b>   | **           | **           | **           |
| <b>CV %</b>                | 4.32         | 3.26         | 2.26         |

En la (tabla 8), dentro del factor A (líneas), con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> demuestran que en la tercera evaluación que la línea con mayor número de hojas fue ICSVLM-90520 con 9.30 hojas y la que presentó menor número de hojas es el testigo pinolero 1 con 5.80 hojas y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que presentó el mayor número de hojas es ICSVLM-89551 con 8.40 hojas.

Estos resultados obtenidos en el número de hojas son similares a los encontrados por Manzanares & Calero (2004) que obtuvieron como promedio 8 hojas; Fonseca & López (2004) con 9 hojas; pero son inferiores a los encontrados por Herrera & García (2004) con un promedio de 11 hojas.

Los resultados obtenidos en esta variable confirman lo descrito por Compton (1990), quien plantea que, el número de hojas en la planta de sorgo varía según la variedad.

**Tabla 8.** Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el número de hojas por planta para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds. Tisma, 2004

| Líneas       | 30dds                    |                         | 45dds                    |                         | 60dds                    |                         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|              | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
| ICSVLM-89513 | 2.70 bcd                 | 2.60 ab                 | 5.30 ab                  | 4.40 a                  | 5.83 g                   | 7.60 b                  |
| ICSVLM-89524 | 2.60 cde                 | 2.60 ab                 | 4.73 cd                  | 3.50 de                 | 7.40 d                   | 6.50 e                  |
| ICSVLM-89527 | 2.30 ef                  | 2.50 ab                 | 4.70 cd                  | 4.10 abc                | 8.30 bc                  | 6.80 de                 |
| ICSVLM-89537 | 2.53 cde                 | 2.60 ab                 | 5.60 a                   | 3.73 cde                | 8.63 b                   | 7.60 b                  |
| ICSVLM-89544 | 2.60 cde                 | 2.80 a                  | 4.50 d                   | 4.50 a                  | 8.40 bc                  | 7.70 b                  |
| ICSVLM-89551 | 2.60 cde                 | 2.80 a                  | 4.73 cd                  | 4.50 a                  | 8.60 b                   | 8.40 a                  |
| ICSVLM-90510 | 2.30 ef                  | 2.40 b                  | 4.50 d                   | 3.70 cde                | 8.21 bc                  | 7.30 bc                 |
| ICSVLM-90520 | 3.00 ab                  | 2.50 ab                 | 3.90 e                   | 3.90 bcd                | 7.40 d                   | 7.40 bc                 |
| ICSVLM-92512 | 2.60 cde                 | 2.60 ab                 | 4.50 d                   | 4.30 ab                 | 9.30 a                   | 7.56 bc                 |
| ICSVLM-93074 | 2.70 bcd                 | 2.40 b                  | 4.50 d                   | 4.50 a                  | 8.10 c                   | 7.43 bc                 |
| ICSVLM-93075 | 2.80 bc                  | 2.40 b                  | 3.33 f                   | 3.53 de                 | 6.10 fg                  | 7.10 cd                 |
| ICSVLM-93076 | 2.43 def                 | 2.70 ab                 | 5.10 bc                  | 4.40 a                  | 8.00 c                   | 7.30 bc                 |
| ICSVLM-93079 | 2.20 f                   | 2.40 b                  | 3.50 ef                  | 4.30 ab                 | 7.40 d                   | 7.43 bc                 |
| ICSVLM-93081 | 1.80 g                   | 2.60 ab                 | 5.20 ab                  | 4.40 a                  | 6.50 ef                  | 7.60 b                  |
| JOCORO       | 3.20 a                   | 2.60 ab                 | 5.30 ab                  | 4.40 a                  | 6.60 e                   | 6.60 e                  |
| PINOLERO I   | 2.70 bcd                 | 1.60 c                  | 4.50 d                   | 3.43 e                  | 5.80 g                   | 4.73 f                  |
| ANDEVA       | **                       |                         | **                       |                         | **                       |                         |

## 4.2 Variables evaluadas al momento de la cosecha

### 4.2.1. Longitud de panoja

Según León (1987), la panoja es una continuación del eje vegetativo, ésta puede ser compacta o suelta según la distancia entre las ramillas, posición, longitud y la densidad de flores por ramas, la posición puede ser erecta o curva.

La longitud de la panoja en el cultivo del sorgo es una variable que esta en dependencia de los factores genéticos ambientales y nutricionales es de gran importancia en el rendimiento, ya que panojas de mayor tamaño tienen mayor número de espigas y de granos, lo que aumenta el rendimiento (Compton, 1990).

El ANDEVA presentado en la tabla 7 realizado por Tukey al 95 % de confianza, muestra que los resultados obtenidos en esta variable presentaron diferencias significativas en ambos factores en estudio (A y B) y de igual forma la interacción.

**Tabla 9.** Análisis de varianza en la variable longitud de panoja

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>A la cosecha</b> |
|----------------------------|---------------------|
| <b>Factor A</b>            | **                  |
| <b>Factor B</b>            | *                   |
| <b>Interacción (A x B)</b> | **                  |
| <b>CV %</b>                | 1.59                |

Los valores obtenidos en la variable longitud de panoja para el factor A (líneas), fueron de 20 a 30 cm. Según lo citado por Compton (1990), la longitud de la panoja varía de 4 a 25 cm de largo, en este estudio los resultados son superiores a lo referido.

La tabla 10 muestra que dentro del factor A (líneas), con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas que presentaron mayor longitud de panoja es ICSVLM-90374 con 29.43 cm, JOCORO con 29.27 cm y la variedad pinolero 1 con 28.25 cm., estadísticamente iguales y la línea que presentó menor longitud ICSVLM- 93075 con 19.11 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que mostró la mayor longitud de panoja es ICSVLM-93074 con 30.73 cm y en menor lugar ICSVLM-93079, 93081 ambas con 20.94 y 20.69 cm respectivamente. Estos datos presentados son superiores a los de Valle & Toledo (2003), Manzanares & Calero (2004), Fonseca & López (2004), Herrera & García (2004); con excepción la línea JOCORO es inferior a los resultado de Valle & Toledo (2003).

En ambos niveles de fertilización nitrogenada presentaron diferencias significativas, cabe señalar la importancia que tiene la fertilización nitrogenada en la determinación última en esta variable de rendimiento.

Según Compton (1990) las plantas sujetas a la deficiencia de nitrógeno en la etapa de crecimiento uno (Ec1), producen pequeñas panículas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecillas visibles en la emergencia de la panoja.

**Tabla 10.** Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud de panoja (cm), Tisma, 2004.

| Líneas       | Longitud de panoja       |                         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|
|              | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
| ICSVLM-89513 | 27.17 bcd                | 23.51 h                 |
| ICSVLM-89524 | 26.00 de                 | 26.57 cde               |
| ICSVLM-89527 | 24.13 f                  | 25.40 efg               |
| ICSVLM-89537 | 25.37 e                  | 25.58 ef                |
| ICSVLM-89544 | 26.67 cd                 | 27.38 bc                |
| ICSVLM-89551 | 27.12 bcd                | 28.14 b                 |
| ICSVLM-90510 | 27.46 bc                 | 28.42 b                 |
| ICSVLM-90520 | 26.34 cde                | 26.17 de                |
| ICSVLM-92512 | 26.37 cde                | 24.55 fgh               |
| ICSVLM-93074 | 29.43 a                  | 30.73 a                 |
| ICSVLM-93075 | 19.11 h                  | 24.35 gh                |
| ICSVLM-93076 | 23.89 f                  | 23.40 h                 |
| ICSVLM-93079 | 20.04 gh                 | 20.94 i                 |
| ICSVLM-93081 | 20.67 fg                 | 20.69 i                 |
| JOCORO       | 29.27 a                  | 26.90 cd                |
| PINOLERO 1   | 28.25 ab                 | 26.95 cd                |
| ANDEVA       |                          | **                      |

#### 4.2.2 Longitud del raquis

La ejerción de la 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, 1991).

La longitud de raquis determina la ejerción de la panoja. Este parámetro es muy importante, debido que si la planta de sorgo no presenta una ejerción uniforme o una buena ejerción se dificulta la cosecha mecanizada. Esto es afirmado por Compton (1985), quien expresa que la longitud de ejerción es considerada de mucha importancia en la recolección mecanizada; si

se tiene un genotipo de poca ejerción de panoja, al cosecharse se corta la hoja y el tallo de la planta, lo cual ocasiona una mayor cantidad de material extraño, ocasionando una baja en la calidad del grano.

Las líneas con intervalos de 5 a 10 cm de longitud del raquis son aceptables; aunque lo recomendable es que sean mayores para no tener inconveniente en la incorporación de materia indeseable en la cosecha que tiene influencia en la calidad del grano (Espinoza, 1992).

Según el ANDEVA (tabla 11) los factores estudiados tienen efecto significativo sobre la longitud del raquis existiendo además significancia en la interacción de los factores.

**Tabla 11.** Análisis de varianza para la variable longitud de raquis

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>A la cosecha</b> |
|----------------------------|---------------------|
| <b>Factor A</b>            | **                  |
| <b>Factor B</b>            | **                  |
| <b>Interacción (A x B)</b> | **                  |
| <b>CV %</b>                | 5.76                |

La tabla 12 demuestra que dentro del factor A (líneas), con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que obtuvo la mayor longitud del raquis es ICSVLM-89551 con 9.56 cm y con diferencia altamente significativa del resto de líneas presentando la menor longitud la línea ICSVLM-93075 con 1.33 cm, siendo también estadísticamente diferente a las otras líneas y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que obtuvo la mayor longitud del raquis es ICSVLM-89551 con 12.75 cm y en menor lugar la línea ICSVLM-89513 con 1.44 cm. Estos datos son similares con los de Valle & Toledo (2003) e iguales con los de Fonseca & López (2004).

**Tabla 12.** Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud del raquis (cm), Tisma, 2004.

| Líneas       | Longitud del raquis      |                         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|
|              | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
| ICSVLM-89513 | 2.62 h                   | 1.44 g                  |
| ICSVLM-89524 | 5.36 g                   | 2.41 hi                 |
| ICSVLM-89527 | 2.51 h                   | 2.24 ij                 |
| ICSVLM-89537 | 5.56 efg                 | 1.59 ij                 |
| ICSVLM-89544 | 6.39 def                 | 9.51 b                  |
| ICSVLM-89551 | 9.56 a                   | 12.75 a                 |
| ICSVLM-90510 | 8.39 b                   | 8.36 c                  |
| ICSVLM-90520 | 7.94 bc                  | 5.63 de                 |
| ICSVLM-92512 | 7.88 bc                  | 9.40 b                  |
| ICSVLM-93074 | 6.49 de                  | 5.71 de                 |
| ICSVLM-93075 | 1.33 i                   | 1.62 ij                 |
| ICSVLM-93076 | 3.32 h                   | 3.35 gh                 |
| ICSVLM-93079 | 8.56 b                   | 7.49 c                  |
| ICSVLM-93081 | 7.29 cd                  | 6.47 d                  |
| JOCORO       | 5.34 g                   | 4.29 fg                 |
| PINOLERO 1   | 5.53 fg                  | 4.82 ef                 |
| ANDEVA       | **                       |                         |

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

El forraje del sorgo se utiliza como alimento para ganado en época seca, siendo así la materia seca producida un factor importante para la alimentación animal en tiempo de escasez de alimento (MAG, 1991).

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.

Casi todas las variedades de sorgo aumentan de peso aproximadamente hasta los 34 a 38 días después de la antesis; que es el momento que se registra el máximo nivel de peso seco. La tasa máxima de acumulación de materia seca se registra entre los 8 y 14 días después de la antesis (Álvarez, 1991)

Según los resultados obtenidos del análisis de ANDEVA, indica como se muestra en la tabla 13, que los factores estudiados tienen efecto significativo al igual que la interacción. Estos datos son iguales a los que presentan Valle & Toledo (2003), Manzanares & Calero (2004), Fonseca & López (2004).

**Tabla 13.** Análisis de varianza para el rendimiento de biomasa seca.

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>Ala cosecha</b> |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Factor A</b>            | **                 |
| <b>Factor B</b>            | **                 |
| <b>Interacción (A x B)</b> | **                 |
| <b>CV (%)</b>              | 11.36              |

Se puede observar que en la tabla 14, que el factor A presentó trece categorías estadísticas, obteniendo el mayor rendimiento en promedio de materia seca la línea ICSVLM-90520 con 6 418 kg ha<sup>-1</sup> y la que produjo menor materia seca fue la línea ICSVLM-93081 con 2 958 kg ha<sup>-1</sup>. Estos datos son inferiores a los obtenidos por Manzanares & Calero (2004) y similares con los datos de Herrera & García (2004), Fonseca & López (2004), Valle & Toledo (2003) cuando evaluaron las mismas líneas.

Cabe destacar que el mayor rendimiento de biomasa presente en las líneas ICSVLM-89513 e ICSVLM-89527 se debió posiblemente a la ganancia en altura de planta experimentada por estas líneas, lo que concuerda con García (2001) al decir que la ganancia de altura de la planta está estrechamente ligada con la ganancia en peso de materia seca de la planta.

Respecto al factor B, (Tabla 14) la separación de medias mostró diferencias entre ambos niveles, indicando que la aplicación de nitrógeno aumenta la producción de biomasa.

Según lo citado por Compton (1990), es necesario la aplicación de nitrógeno para obtener un buen desarrollo de área foliar, por ende la tasa de materia seca es mayor.

Los bajos rendimientos obtenidos del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> se debe a que algunas líneas no fueron capaces de asimilar el nitrógeno disponible, disminuyendo el desarrollo vegetativo de la planta y por ende reduciendo así la cantidad de materia seca.

**Tabla 14.** Resultados de la separación de medias para la variable de rendimiento de biomasa seca en (kg N ha<sup>-1</sup>).Tisma, 2004.

| Factor A                         | Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|--------------------------------|
| ICSVLM-89513                     | 5 695 ab                       |
| ICSVLM-89524                     | 4 390 def                      |
| ICSVLM-89527                     | 4582 cde                       |
| ICSVLM-89537                     | 4 697 bcde                     |
| ICSVLM-89544                     | 4 538 de                       |
| ICSVLM-89551                     | 5 631 abc                      |
| ICSVLM-92512                     | 4 878 bcd                      |
| ICSVLM-90510                     | 3723 efgh                      |
| ICSVLM-90520                     | 6 418 a                        |
| ICSVLM-93074                     | 4 320 def                      |
| ICSVLM-93075                     | 3 062 gh                       |
| ICSVLM-93076                     | 3 385 fgh                      |
| ICSVLM-93079                     | 4 918 bcd                      |
| ICSVLM-93081                     | 2 958 h                        |
| JOCORO                           | 4 491 de                       |
| PINOLERO 1                       | 4 102 defg                     |
| <b>ANDEVA</b>                    | **                             |
| Factor B: kg. N ha <sup>-1</sup> |                                |
| b1: 37 kg N ha <sup>-1</sup>     | 4 748 a                        |
| b2: 0 kg. N ha <sup>-1</sup>     | 4 225 b                        |
| <b>ANDEVA</b>                    | **                             |

Para la interacción de ambos factores (tabla 15), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> se obtuvieron 12 categorías estadísticas y 9 categorías estadísticas para el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>.

Significa que cuando se aplicó el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> aumentó la producción de biomasa en la línea ICSVLM-90520 con 7 908 kg ha<sup>-1</sup>, ocupando el último lugar la línea ICSVLM-93081 con 2 920 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la mayor producción de biomasa la presentan las líneas ICSVLM-89513, ICSVLM-89527, siendo estadísticamente iguales.



**Tabla 15.** Efecto de interacción de líneas x niveles de nitrógeno aplicado sobre la producción de biomasa (kg ha<sup>-1</sup>).

| Tratamiento   | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
|---------------|--------------------------|-------------------------|
| ICSVLM-89513  | 5 285 bcde               | 6 105 a                 |
| ICSVLM-89524  | 3 437 gh                 | 5 342 abc               |
| ICSVLM-89527  | 3 269 gh                 | 5 895 a                 |
| ICSVLM-89537  | 6 033 b                  | 3 361 e                 |
| ICSVLM-89544  | 5 372 bcde               | 3 705 de                |
| ICSVLM-89551  | 5 721 bcd                | 5 540 ab                |
| ICSVLM-92512  | 5 468 bcde               | 4 288 bcde              |
| ICSVLM-90510  | 4 158 efgh               | 3,287 e                 |
| ICSVLM-90520  | 7 909 a                  | 4 927 abcd              |
| ICSVLM-93074  | 4 326 defgh              | 4 314 bcde              |
| ICSVLM-93075  | 3 209 gh                 | 2 916 e                 |
| ICSVLM-93076  | 3 557 fgh                | 3 213 e                 |
| ICSVLM-93079  | 5 823 bc                 | 4 014 cde               |
| ICSVLM-93081  | 2 920 h                  | 2 996 e                 |
| JOCORO        | 5 024 bcdef              | 3 958 cde               |
| PINOLERO 1    | 4 465 cdefg              | 3 740 de                |
| <b>ANDEVA</b> |                          | **                      |

#### 4.2.4. Rendimiento del grano (kg ha<sup>-1</sup>)

El rendimiento del grano es el producto del número de granos por unidad de área de terreno y el peso por grano; el número de grano está relacionado con el rendimiento final del grano y éste es influenciado por el número de inflorescencias, de espiguillas por inflorescencia, florecillas por espiguillas y por la producción de florecillas que llegan a producir el grano. El desarrollo de la panoja, desde su iniciación hasta la antesis (Ec<sub>1</sub>), es muy importante en la determinación del rendimiento final, ya que el límite más alto al número de granos se establece durante este período (Evans y Wardlaw, 1976; citado por Compton, 1990).

Según Compton (1990), el rendimiento esta determinado por la eficiencia que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio, también el nitrógeno conduce a menudo a un rendimiento más alto del grano, que a un contenido más elevado de proteínas del grano.

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto comparable al del arroz, trigo y maíz. En condiciones de campo, los rendimientos pueden llegar a superar los 11 000 kg ha<sup>-1</sup>; con rendimientos promedios que fluctúan entre 7 000 y 9 000 kg ha<sup>-1</sup> cuando la humedad no es un factor limitante. En aquellas áreas donde es un cultivo común sostiene rendimientos de 3 000 a 4 000 kg ha<sup>-1</sup> bajo buenas condiciones bajan a 300 - 1 000 kg ha<sup>-1</sup> cuando la humedad se vuelve limitante (House, 1982). Para las condiciones edafoclimáticas de nuestro país el rendimiento promedio es de 2000 kg ha<sup>-1</sup> (MAGFOR, 2005).

Según los resultados obtenidos del ANDEVA (tabla 16), se encontró que existen diferencias altamente significativas para ambos factores en estudio y para la interacción.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para el rendimiento de grano.

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>Ala cosecha</b> |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Factor A</b>            | **                 |
| <b>Factor B</b>            | **                 |
| <b>Interacción (A x B)</b> | **                 |
| <b>CV %</b>                | 6.09               |

En la (tabla 17) se puede observar que en la separación de medias resultaron 13 categorías estadísticas, dentro del factor A, las líneas que obtuvieron mayor rendimiento en promedio de peso en grano es ICSVLM-90520 con 5 202 kg ha<sup>-1</sup> y la línea que presentó el menor rendimiento en promedio es la ICSVLM-93076 con 2 536 kg ha<sup>-1</sup>. Este dato es superior que los de Herrera & García (2004), Fonseca & López (2004), Manzanares & Calero (2004) e inferior al de dato de Valle & Toledo.

En los datos obtenidos por el rendimiento del grano con aplicación de nitrógeno al momento de la cosecha la línea ICSVLM- 90520 fue la que presentó el mayor rendimiento tanto el grano como en biomasa seca no siendo así en el caso de longitud de panoja y raquis.

Respecto al factor B, cuando se aplicó 37 kg N ha<sup>-1</sup> incrementó el rendimiento en promedio superando al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> en 4,082 kg de grano aproximadamente.

**Tabla 17.** Resultados de separación de medias para la variable rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>). Tisma, 2004.

| Factor A                         | Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|---|
| ICSVLM-89513                     | 4 280 bcd                                   |
| ICSVLM-89524                     | 4 135 cde                                   |
| ICSVLM-89527                     | 3 104 gh                                    |
| ICSVLM-89537                     | 3 569 fg                                    |
| ICSVLM-89544                     | 3 884 cdef                                  |
| ICSVLM-89551                     | 3 866 cdef                                  |
| ICSVLM-92512                     | 3 809 def                                   |
| ICSVLM-90510                     | 4 356 bc                                    |
| ICSVLM-90520                     | <b>5 202 a</b>                              |
| ICSVLM-93074                     | 3 879 cdef                                  |
| ICSVLM-93075                     | 4 713 ab                                    |
| ICSVLM-93076                     | <b>2 536 i</b>                              |
| ICSVLM-93079                     | 4 677 b                                     |
| ICSVLM-93081                     | 2 848 hi                                    |
| JOCORO                           | 4 051 cdef                                  |
| PINOLERO 1                       | 3 654 ef                                    |
| <b>ANDEVA</b>                    | **  |
| Factor B: kg. N ha <sup>-1</sup> |   |
| b1: 37 kg N ha <sup>-1</sup>     | 4 082 a                                     |
| b2: 0 kg. N ha <sup>-1</sup>     | 3 738 b                                     |
| <b>ANDEVA</b>                    | **  |

Para la interacción de ambos factores (tabla 18), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> se obtuvieron 7 categorías estadísticas y 8 categorías estadísticas para el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>.

Esto significa que con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> se aumento el rendimiento, siendo la línea ICSVLM-93075 con 6,418 kg ha<sup>-1</sup> estadísticamente diferente de las demás, el menor rendimiento lo presento la línea ICSVLM- 93076 con 2,605 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, se obtuvo mayor rendimiento en las líneas ICSVLM-90520, ICSVLM-90510 y JOCORO ambas estadísticamente iguales, pero la línea ICSVLM-90520 difiere numéricamente de las líneas antes mencionadas.

**Tabla 18.** Efecto de interacción de líneas x niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>).

| Tratamiento   | 37 kg N ha <sup>-1</sup> | 0 kg N ha <sup>-1</sup> |
|---------------|--------------------------|-------------------------|
| ICSVLM-89513  | 4 571 c                  | 3 990 bc                |
| ICSVLM-89524  | 4 122 cd                 | 4 114 bc                |
| ICSVLM-89527  | 3 162 ef                 | 3 025 def               |
| ICSVLM-89537  | 4 020 cd                 | 3 118 def               |
| ICSVLM-89544  | 4 199 cd                 | 3 569 cde               |
| ICSVLM-89551  | 3 756 de                 | 3 476 bc                |
| ICSVLM-92512  | 3 622 de                 | 3 396 bc                |
| ICSVLM-90510  | 4 084 cd                 | 3 995 ab                |
| ICSVLM-90520  | 5 293 b                  | 5 111 a                 |
| ICSVLM-93074  | 3 676 de                 | 2 985 bc                |
| ICSVLM-93075  | 6 418 a                  | 3 008 ef                |
| ICSVLM-93076  | 2 605 f                  | 2 466 f                 |
| ICSVLM-93079  | 5 669 b                  | 3 685 cde               |
| ICSVLM-93081  | 3 090 ef                 | 2 607 f                 |
| JOCORO        | 3 578 de                 | 2 996 ab                |
| PINOLERO 1    | 3 550 de                 | 3 220 cd                |
| <b>ANDEVA</b> |                          | **                      |

#### 4.2.5 Nitrógeno en biomasa (%)

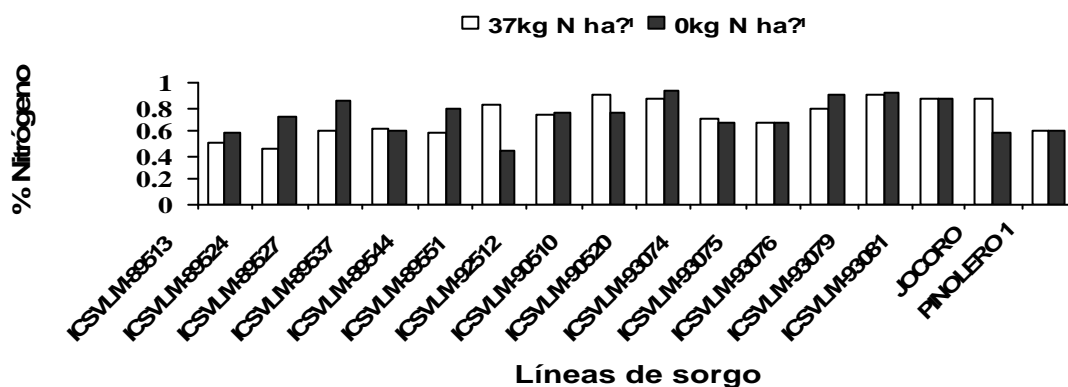
El nitrógeno permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, no solo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular (Villalobos, 2001).

El nitrógeno en las plantas se encuentra en promedios de 2 a 4 % (Gardner *et al*, 1985 citado por Compton, 1990).

En los análisis realizados, las líneas que obtuvieron el mayor porcentaje de nitrógeno en la biomasa al aplicarle 37 kg N ha<sup>-1</sup> fueron: ICSVLM-90510 y 93079 con 0.91%, ambas con el mismo porcentaje, seguido por las líneas ICSVLM-90520, 93081 con 0.88% de nitrógeno, JOCORO con 0.87%, ICSVL89551 con 0.83% presentando menor concentración de nitrógeno en la biomasa la línea ICSVLM-89524 con 0.46%.

Con respecto al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, la mayor concentración de nitrógeno en biomasa la obtuvo la línea ICSVLM-90520 con 0.93%, seguido de las líneas ICSVLM-93079 con 0.91% de nitrógeno, ICSVLM-90520, y la línea que presentó menor concentración de nitrógeno es ICSVLM-89551 con 0.45%.

La figura 2 muestra que las líneas ICSVLM- 90520, 93076, 93079 con 0.93, 0.91 y 0.92% respectivamente, presentaron mayor porcentaje de nitrógeno en la biomasa con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> que con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup>, seguido de las líneas ICSVLM-93081 con 0.87%, ICSVLM-89527 con 0.86%, ICSVLM-89544 con 0.80 respectivamente. Esto debido a que algunas de las líneas en estudio no son exigentes al elemento nitrógeno, es decir, son capaces de realizar todas sus funciones con los nutrientes existentes en el suelo, ya que existe reserva nutricional de nitrógeno con las cuales son capaces de obtener buenos rendimientos con pocas cantidades de nitrógeno disponible o tal vez el nitrógeno absorbido por la biomasa no es trasladado al grano.



**Figura 2.** Contenido de nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización

#### **4.2.6 Acumulación de nitrógeno en biomasa (kg ha<sup>-1</sup>)**

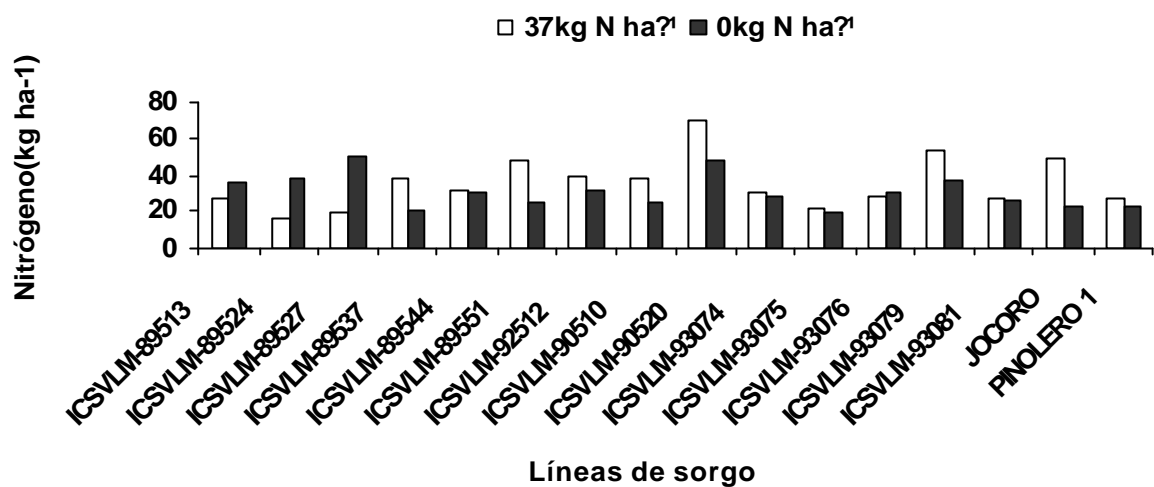
El exceso de nitrógeno ofrece signos contrarios a lo originado por deficiencia, las plantas adquieren un desarrollo aéreo, las hojas toman una coloración verde muy oscura y se retrasa la maduración, la calidad de los frutos desciende notablemente (Fuentes, 1994).

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

En los análisis realizados la figura 3 muestra las líneas que obtuvieron la mayor acumulación de nitrógeno en biomasa al aplicarle 37 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM-90520 con 69.60 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por ICSVLM-93079 con 52.99 kg ha<sup>-1</sup> y la que presentó menor acumulación es la línea ICSVLM-89524 con 16.81 kg ha<sup>-1</sup>.

Con el nivel 0 kg ha<sup>-1</sup> la línea que presentó mayor acumulación de nitrógeno es, ICSVLM-89527 con 50.70 kg ha<sup>-1</sup> y la que presentó menor acumulación es la línea ICSVLM-93075 con 19.54 kg ha<sup>-1</sup>, esto pudo haber sido a que estas líneas tienen una gran capacidad de asimilar el nitrógeno disponible en el suelo por lo tanto podemos decir que estas líneas no requieren de altas dosis de fertilizantes.

La presencia de líneas con acumulaciones similares de nitrógeno en la biomasa con o sin aplicación de nitrógeno, sugiere que estas hacen uso eficiente de las fuentes de nutrientes presentes en el suelo. Por otro lado estas líneas pueden ser material promisorio para aquellos suelos que tienen presencia de nutrición media o bajos.



**Figura 3.** Acumulación de nitrógeno en biomasa para cada línea y nivel de fertilización

#### 4.2.7 Nitrógeno en el grano (%)

Según Carlson (1990) el contenido de nitrógeno en el grano depende de varios factores entre ellos la capacidad de plantas para traslocar el nitrógeno de su parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo de la misma.

El nitrógeno produce efectos favorables en las plantas, en los cereales aumenta la corpulencia de los granos y su porcentaje de proteínas (Buckman & Brady, 1985).

Se ha demostrado que la calidad nutritiva del grano de sorgo es similar a la del maíz siendo una buena fuente calórica, proteica, donde los carbohidratos constituyen el 82% del grano incluye almidón, celulosa, azúcar y otros, siendo el principal componente el almidón que representa el 83% del endosperma (Metcafe & Elkins, citados por Reyes & Romero, 2003)

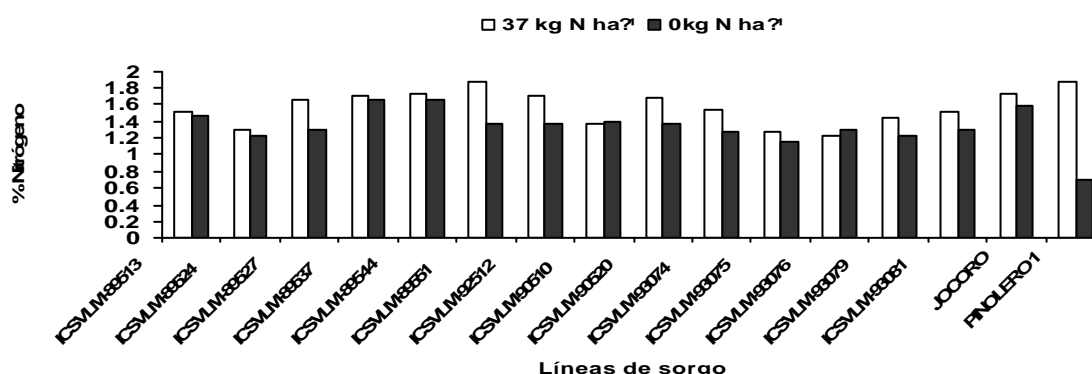
El grano del sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de animales, este tiene una composición de 70.2% de almidón, 7.9% de proteína, 3.3% de grasa, 2.4% de fibra y 16.2% de vitamina y minerales.

En los análisis realizados figura 4 se puede observar que la variedad pinolero 1 con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> obtuvo la mayor concentración de nitrógeno con 1.88%, seguida de la línea ICSVLM-89551 con 1.87%, ICSVLM-89544 con 1.73% y JOCORO con 1.71% presentando menor porcentaje la línea ICSVLM-93076 con 1.21%.

Se puede asegurar que estas líneas tienen la capacidad de absorción, acumulación y traslocación de nitrógeno desde la biomasa hacia el grano, sin embargo no se mide en la mayor cantidad de nitrógeno que estas absorben para traslocarlo al grano, sino con una menor absorción, que resulta la necesaria en la realización de sus funciones que esta experimenta en su interior.

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas en estudio presentaron concentraciones de nitrógeno de 1.30 a 1.64 % no siendo así para la variedad pinolero 1 ya que presentó la menor concentración de nitrógeno con 0.70% esta variedad nos permite concluir que tiene una baja capacidad de asimilar el nitrógeno del suelo (N nativo). Esta variedad no es capaz de obtener buenos rendimientos con poca cantidad de nitrógeno disponible.

Las líneas ICSVLM-89513, ICSVLM-89524, ICSVLM-89537, ICSVLM-89544, ICSVLM-93076 presentan porcentajes similares de nitrógeno en el grano, debido a que hubo mayor aprovechamiento del nitrógeno del suelo por la planta, cabe señalar que estas líneas fueron capaces de producir buenos rendimientos con niveles bajos de nitrógeno disponible en el suelo



**Figura 4.** Concentración de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización



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

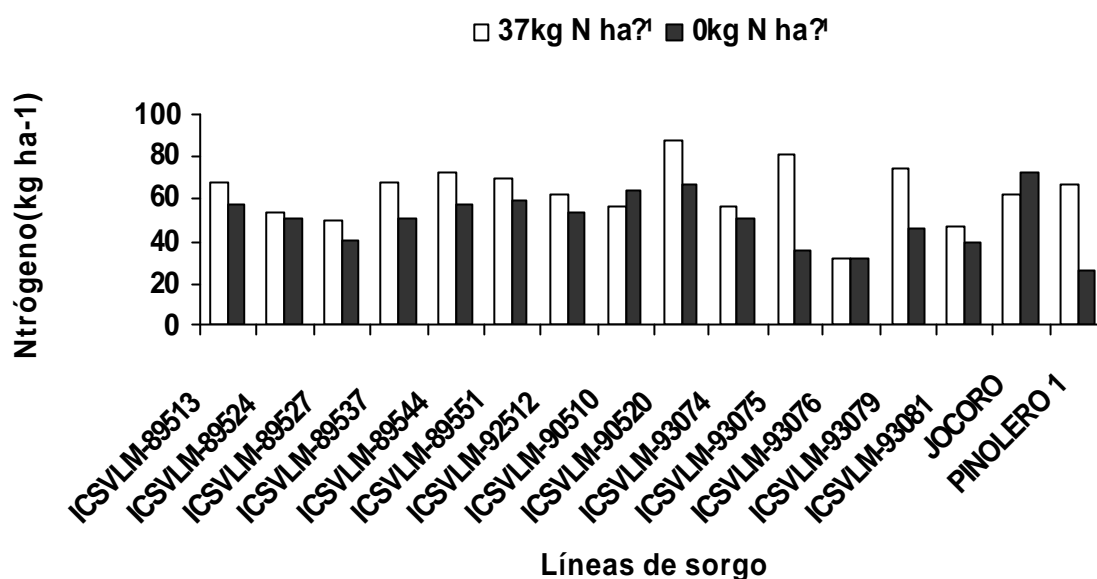
La eficiencia en la absorción y utilización de nitrógeno en la producción de grano requiere que aquellos procesos asociados en la absorción, traslocación, asimilación, y la redistribución del nitrógeno operen efectivamente (ISCA, 1998)

El grano empieza a aumentar de peso rápidamente conforme se acumule materia seca de fotosíntesis en las hojas y panícula como resultado de un movimiento substancial de productos asimilados y almacenados en el tallo y hojas (Somarriba, 1998).

Según los resultados obtenidos figura 4 la línea que alcanzó la mayor acumulación de nitrógeno en el grano al aplicarle 37 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM-90520 con 88.40 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por las líneas ICSVLM-93075 con 81.51 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-93079 con 74.52 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89544 con 72.65 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89551 con 70.24 kg ha<sup>-1</sup>, presentando la menor acumulación de nitrógeno en el grano la línea ICSVLM-93076 con 31.53 kg ha<sup>-1</sup>.

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, JOCORO con 71.93 kg ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor resultado y con menor acumulación la variedad pinolero 1 con 26.31 kg ha<sup>-1</sup>.

Desde el punto de vista agronómico, la presencia de líneas con acumulación similares en el grano con y sin aplicación de fertilizante, es importante porque permite obtener material promisorio para condiciones de suelos con contenidos de nutrientes medios o bajos.



**Figura 5.** Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización

#### 4.2.9 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada

Un análisis de eficiencia de uso de nutrientes debe enfatizar la respuesta del vegetal en cuanto a producción de grano por unidad de N absorbido en la planta, o eficiencia fisiológica (Bock., 1984), o la eficiencia de utilización de N (Kanampiu *et al.*, 1997).

Según Younquist *et al.*, (1992), el uso eficiente de nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que describe la eficiencia de absorción y otra sobre la utilización eficiente del nitrógeno, siendo esta última más importante porque describe el uso que la planta hace del fertilizante.

La eficiencia en la utilización de fertilizantes consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutrientes 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).

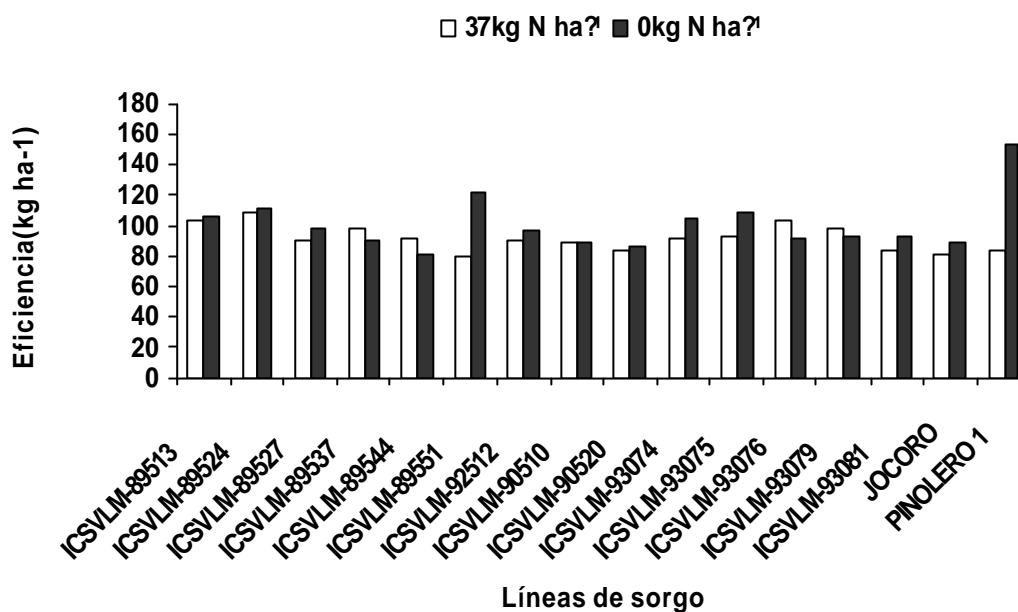
#### **4.2.10 Eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa (kg biomasa/ kg de N absorbido)**

La eficiencia del fertilizante aumenta cuando se realizan aplicaciones complementarias después de la emergencia lo que produce mayor eficiencia del fertilizante al obtener mayores rendimientos de absorción de nitrógeno por unidad de nitrógeno aplicado a la planta (Lang & Mallet (1986).

Fuentes (1994), menciona que el nitrógeno es esencial para todos los procesos vitales de la planta, pues no es extraño que la deficiencia de este elemento afecte a su crecimiento. Una insuficiencia nitrogenada da lugar a una vegetación raquílica, la planta adquiere poco desarrollo y las hojas son pequeñas, la maduración es acelerada con frutos pequeños y poca calidad de follaje, lo que se traduce en rendimiento escaso.

Según los análisis realizados figura 6 de la variable en estudio, muestran que las líneas que obtuvieron mayor eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa con la aplicación 37 kg N ha<sup>-1</sup> fueron ICSVLM-89524 con 108.29 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, seguido por ICSVLM-93079 con 103.35 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89513 con 103.18 kg de biomasa ha<sup>-1</sup> y la línea que presentó el menor valor de eficiencia es JOCORO con 82 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos en el uso eficiente del nitrógeno por la biomasa (kg ha<sup>-1</sup>) son similares a los obtenidos por Herrera y Garcia (2004) y similares a los obtenidos por Fonseca y López (2004), pero superiores a los obtenidos por Manzanares y Calero (2004) y a los obtenidos por Green y González(2004).

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la que obtuvo la mayor eficiencia fue la variedad pinolero 1 con 152.66 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, seguido de las líneas ICSVLM- 89551 con 121.06 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, ICSVLM- 89524 con 112.33 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, ICSVLM- 93075 y ICSVLM- 89513 con rangos de 108.83 y 107.33 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>, ICSVLM- 93074 con 104.54 kg de biomasa ha<sup>-1</sup> y en último lugar la línea ICSVLM-89544 con 82.49 kg de biomasa ha<sup>-1</sup>.



**Figura 6.** Eficiencia de uso del N por la biomasa

#### 4.2.11 Eficiencia del uso del N por el grano (kg de grano/kg N absorbido kg ha<sup>-1</sup>)

La eficiencia en la utilización del fertilizante consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante y la planta en relación con la cantidad de nutrientes que se añaden al suelo (Salmerón y Garcia, 1994).

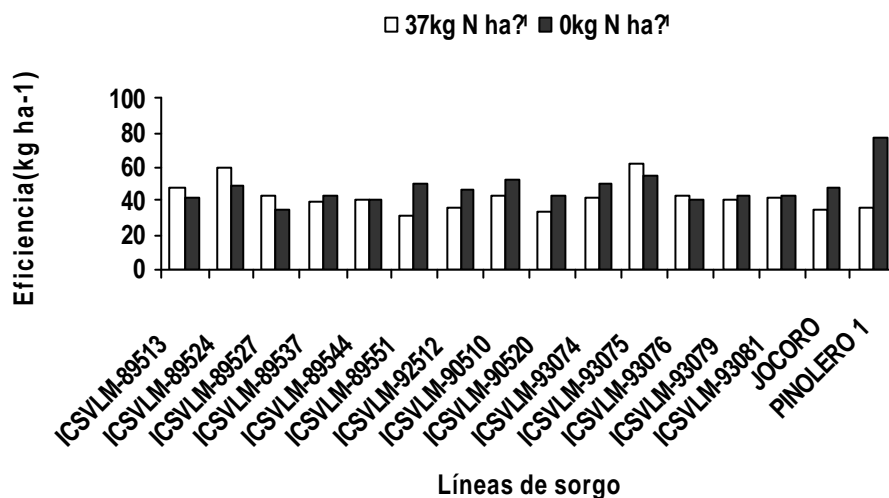
El cultivo responde a la aplicación de nutrientes como el nitrógeno cuando el suelo tiene deficiencia de este elemento. Es esencial garantizar que el cultivo absorba el fertilizante aplicado en la mayor medida posible, esto se logra después de evaluar las mejores prácticas de fertilizante, tales como las fuentes, el momento, la colocación, y sus interacciones en diferentes sistemas agrícolas (FAO, 1980).

La planta de sorgo exige una constante y bien distribuida aplicación de nitrógeno, desde la siembra hasta el llenado del grano, ya que esta lo demanda para crecer, elaborar sus reservas y formar sus semillas (Somarriba, 1998).

Los resultados obtenidos (figura 7) muestran que las líneas que obtuvieron mayor eficiencia del uso del nitrógeno por el grano con la aplicación 37 kg N ha<sup>-1</sup> fueron ICSVLM-93075 con 62.49 kg ha<sup>-1</sup> seguido de la línea ICSVLM-89524 con 59.05 kg d ha<sup>-1</sup>, y la línea que presentó el menor resultado fue ICSVLM-89551 con 34.9 kg ha<sup>-1</sup>.

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la mayor eficiencia lo obtuvo la variedad Pinolero 1 con 76.52 kg ha<sup>-1</sup> seguido de la línea ICSVLM-93075 con 55.25 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-90510 con 51.55 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM- 93074, ICSVLM-89551 con 50.82, 50.58 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. La línea que presentó el menor resultado fue ICSVLM-89527 con 34.34 kg ha<sup>-1</sup>.

La presencia de líneas que presentan eficiencias similares del uso del N por el grano con o sin aplicación, sugiere que estas líneas hacen un buen uso eficiente de las fuentes de nutrientes presentes en el suelo, pero en sí lo hace con mayor facilidad la variedad Pinolero 1.



**Figura 7.** Eficiencia de uso del N por el grano

#### **4.2.12 Incremento del rendimiento de grano con respecto al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano / kg N aplicado)**

Según Youngquist *et al* (1992), el uso eficiente del nitrógeno es definido como el rendimiento del grano por unidad de nitrógeno en la planta a la maduración.

Los resultados del uso eficiente de nitrógeno evaluados determinan, que existe respuesta positiva de estas a las aplicaciones de nitrógeno al incrementar su rendimiento con respecto al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>.

En la tabla 19 las líneas que presentaron mayor uso de nitrógeno con respecto al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> fueron ICSVLM-93075 con 3,410 kg de grano ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-93079 con 1,984 kg de grano ha<sup>-1</sup> ICSVLM-89537 con 902 kg de grano ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado muestra que la mayor producción se obtuvo por la línea ICSVLM-93075 con 92.16 kg de grano ha<sup>-1</sup>/ kg de nitrógeno aplicado, seguido por la línea ICSVLM-93079 con 53.62 kg de grano ha<sup>-1</sup>/ kg de N aplicado, el menor valor lo obtuvo la línea ICSVLM-89524 con 0.2 kg de grano ha<sup>-1</sup>/ kg de N aplicado.

El rendimiento promedio de todas las líneas fue de 17.87 kg de grano ha<sup>-1</sup>/ kg de N aplicado este promedio fue superado por las líneas ICSVLM-93075, ICSVLM-93079, con 72.89 kg de grano ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 19.** Uso eficiente del nitrógeno por las líneas de sorgo en estudio con relación al incremento del grano por kilogramo de nitrógeno aplicado

| Líneas       | Rendimiento de grano<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |       | Incremento del rendimiento<br>con respecto al nivel 0 kg N ha <sup>-1</sup> | IRG/ kg N              |
|--------------|--|-------|---|------------------------|
|              | Nivel de kg N ha <sup>-1</sup>                 |       | (kg ha <sup>-1</sup> )  | (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|              | 37   | 0.0   |   |                        |
| ICSVLM-89513 | 4,570  | 3,990 | 580   | 15.68                  |
| ICSVLM-89524 | 4,122  | 4,114 | 8   | 0.22                   |
| ICSVLM-89527 | 3,162  | 3,025 | 137   | 3.70                   |
| ICSVLM-89537 | 4,020  | 3,118 | 902   | 24.37                  |
| ICSVLM-89544 | 4,199  | 3,569 | 550   | 14.85                  |
| ICSVLM-89551 | 3,756  | 3,476 | 280   | 7.57                   |
| ICSVLM-92512 | 3,626  | 3,396 | 230   | 6.22                   |
| ICSVLM-90510 | 4,084  | 3,995 | 89  | 2.41                   |
| ICSVLM-90520 | 5,293  | 5,111 | 182   | 4.92                   |
| ICSVLM-93074 | 3,676  | 2,985 | 691   | 18.68                  |
| ICSVLM-93075 | 6,418  | 3,008 | 3,410   | 92.16                  |
| ICSVLM-93076 | 2,605  | 2,466 | 137   | 3.76                   |
| ICSVLM-93079 | 5,669  | 3,685 | 1,984   | 53.62                  |
| ICSVLM-93081 | 3,090  | 2,607 | 483   | 13.05                  |
| JOCORO       | 3,578  | 2996  | 582   | 15.73                  |
| PINOLERO 1   | 3,550  | 3,220 | 330   | 8.92                   |

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

## V. CONCLUSIONES

Para las variables de crecimiento (durante los 30, 45 y 60 dds), la altura promedio osciló en todas las líneas entre 13.55-95.28 cm, obteniendo la mayor altura a los 60 dds con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas ICSVLM-89537 con 97.96 cm, ICSVLM-89544 con 97.40 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea que mayor altura presentó es ICSVLM-89544 con 92.60 cm, presentó el mayor diámetro con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-90520 con 2.61 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-92512 con 2.70 cm, la línea que presentó mayor número de hojas con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM-95020 con 9.30 hojas y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> ICSVLM-89551 presentó el mayor número de hojas por planta con 8.40 hojas.

Para las variables del rendimiento, la mayor longitud de panoja con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la obtuvo la línea ICSVLM-93074 con 29.43 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> ICSVLM-93074 con 30.73 cm, con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-89551 presentó la mayor longitud de raquis con 9.56 cm y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la mayor longitud del raquis lo obtuvo la línea ICSVLM-89551 con 12.75 cm, la mayor producción de biomasa fue obtenida por la línea ICSVLM-90520 con 7,909 kg ha<sup>-1</sup> cuando se aplicó fertilizante, sin embargo cuando no se aplicó fertilizante las líneas ICSVLM-89513 con 6,105 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89527 con 5,895 kg ha<sup>-1</sup>, el mejor rendimiento de grano lo obtuvo la línea ICSVLM-93075 con 6,418 kg ha<sup>-1</sup> cuando se le aplicó fertilizante y también presentó altos rendimiento cuando no se aplicó fertilizante a la línea ICSVLM-90520 con 5,111 kg ha<sup>-1</sup>.

La mayor acumulación de nitrógeno en biomasa con la aplicación de 37 kg N ha<sup>-1</sup> las presentan las líneas ICSVLM-90520 con 69.61 kg ha<sup>-1</sup> ICSVLM-93079 con 52.99 kg ha<sup>-1</sup> y con la aplicación 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-89527 con 50.7 kg ha<sup>-1</sup>.

Las líneas que hacen un mejor uso eficiente del N con relación al incremento del grano por kg de N aplicado son ICSVLM-93075 con 92.16 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-93079 con 53.62 kg ha<sup>-1</sup> con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> y la línea ICSVLM-90520 presentó baja respuesta, pero altos



rendimiento cuando no se aplicó fertilizante a la línea ICSVLM-9052 con 5,111 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89524 con 4,114 kg ha<sup>-1</sup>.

La mayor eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa con la aplicación 37 kg N ha<sup>-1</sup> la presentaron las líneas, ICSVLM-89524 con 108.29 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-93076 con 103.35 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89513 con 103.18 kg ha<sup>-1</sup>.

La mayor eficiencia de uso del nitrógeno por el grano con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> la obtuvieron las líneas ICSVLM-93075 con 62.49 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89524 con 59.05 kg ha<sup>-1</sup>.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Evaluar la línea ICSVLM-90520 por haber obtenido la mejor producción de biomasa seca con el nivel 37 kg N ha<sup>-1</sup> y con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-89513, para ser utilizadas como forraje.

Evaluar en suelos bajo distintos niveles de fertilidad las líneas ICSVLM-93075, ICSVLM-93079 e ICSVLM-89537 por su alta respuesta a la fertilidad y la obtención de mayores rendimientos de grano con respecto al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> así como, las líneas ICSVLM-90520 e ICSVLM-89524 por haber obtenido altos rendimiento con este último nivel de nitrógeno.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, F y Tercero, 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relaciones clima-suelo-planta-hombre), en granos básicos: arroz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua.38p.
- Álvarez, M. A. 1991. Efecto de 4 densidades poblacionales y 4 niveles de nitrógeno en el rendimiento de sorgo. Tesis UNA Managua. Nicaragua.17p.
- Barahona, W. J y Gago, 1996. Evaluación de diferentes prácticas culturales en soya (*Glycine max* L.Merr) y ajonjolí (*Sasamum indicum*) y su efecto sobre la cenosis de malezas. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.48p.
- Bock, B, R. 1984. Efficient use of nitrogen in corping system. Madison, Wisconsin. 294p.
- Buckman, H. O. & Brady, N.C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Texto de edafología para enseñanza. Montener y Simón Barcelona, Español.590p.
- Carlson, P. S. 1990. Crecimiento de los vegetales cultivados. México.413p
- Compton, L. P. 1985. La producción de sorgo y mijo. ICRISAT/CIMMYT. México.46p.
- Compton, L. P. 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT/CIMMYT. India.301p
- Cuadra, R. M. 1998. Efecto de diferentes densidades de siembra y distancia entre hileras sobre el crecimiento y desarrollo de sorgo. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.38p.
- Espinoza, A. 1992. Evaluación de generaciones F7 de sorgo para formación de variedades mejoradas en Nicaragua. En XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA. Managua, Nicaragua. P 62 – 63.
- FAO.1980.Estrategias en materia de fertilizantes. Primera publicación por la FAO e IFA, Roma, Italia. p 106
- FAO. 1984. cultivo del sorgo. Boletín 3. Managua (Nic) p 197.
- Fonseca, A. M y López G. L. A.2004. Evaluación del comportamiento agronómico en la eficiencia de 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. p 12 – p 34.
- Fuentes, J.L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Madrid, España. p121 –p 122.

- 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.
- García. L; 2001. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Texto básico. U.N.A Managua, Nicaragua.182p
- Hardarson, G. 1990. Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo planta. OIA, Viena.
- Herrera, Y. M. & García, 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 de Zambrano. Tesis Universidad Nacional Agraria. p11 - p 24.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducida por Humberto Jiménez Saa primera edición. II CA. San José, Costa Rica
- House, L. R.1982. El sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial gaceta SA. p 29 – 30.
- IICA. 2003. Estudio de la cadena de comercialización del sorgo. Editorial, IDARTE. Managua, Nicaragua. p 6 – p 26.
- ISCA, 1998. Seminario del programa ciencias de las plantas. Managua, Nicaragua. 9p.
- INETER (2004). Dirección general de meteorología. Resumen meteorológico diario del 2004. Managua, Nicaragua.
- Kanampiu, F. K; W. Raun, and G. V. Johnson.1997. Effect off nitrogen rate on plant nitrogen  
Loss in wheat varieties. J. plant Nutr. 20: 389-404.
- Lang, P. & Mallet. 1986. The effects of tillage system and rate an time of nitrogen application on maize performance o a sandy Avalon soil. S. Afr. Journal plant. soil. 125p.
- León, L.1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José Costa Rica p 203.
- MAG,1971. Manual práctico para la interpretación de suelos, catastros e inventarios de recursos naturales. Managua (Nic). p 39

- MAG, 1991. Guía técnica para la producción de sorgo. Managua, Nicaragua. 32p.
- MAGFOR, 2005. Evaluación del ciclo Agrícola.2004/2005 y proyecciones. Managua, Nicaragua p 11.
- MAG, 2006. MAGFOR realiza consulta del marco político de tierra. p 9.
- Manzanares, E. J & Calero, F, J.2004. Evaluación del comportamiento Agronómico y uso eficiente del nitrógeno de 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de san Ramón, Matagalpa. Tesis Universidad Nacional Agraria. Pág.11, 15, 17, 20, 22, 24, 27.
- Maranville, J. W, R. B. Clark & W.M. Ross. 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. J. Plant. Nutri. 2: 577-589 pp.
- Morales, V. M. 2002. Comportamiento de generaciones F5 de sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47p.
- Paul, C. L. 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador. Pág. 1-63.
- Pedroza, H. M. 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Managua, Nicaragua.
- Phoelman, L.M. 1985. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa, México.453p.
- Reyes, G. Romero, V. 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*sorghum bicolor* L. Moench), en el municipio de Tisma. UNA. Managua, Nicaragua. 72p.
- Salmeró, M. F.y García, C .L. 1994. Fertilidad y fertilización de los suelos. Texto básico Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua p141.
- Somarriba, R.C. 1998. Granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua (Nic).p197
- Valle, K. J & Toledo, I. 2003. Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Zambrano. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.35p.
- Vieira, J, Fischer; M.Marin X & Saber, E. 1999. Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zona de ladera (sistema de producción de granos básicos – pequeña ganadería. El Salvador. 136p.
- Villalobos, A. M. 2001. Políticas y programas de semillas en América Latina y el Caribe. FAO, Roma (ITALIA). Pág. 75,82.

Youngquist, J.B; Bramel – Cox; P & Maramville, J.W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen. Use efficient genotypes in sorghum. Crop. Science p 1310-1313.