

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACION AGRONOMICA Y USO EFICIENTE DE NITROGENO EN 15  
LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) CON DOS NIVELES DE  
FERTILIZACION NITROGENADA EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO.**

**AUTORES:**

**BR. YOLANDA MARÍA HERRERA CHAVARRÍA.**

**BR. CHEPITA CLEMENTINA GARCÍA PICHARDO.**

**ASESORES:**

**MSC. IRMA VEGA NORORI.**

**MSC. LEONARDO GARCÍA CENTENO.**

**MANAGUA-NICARAGUA, 2004**

## **INDICE GENERAL**

<b>Sección</b>	<b>páginas</b>
Dedicatoria.	i
Dedicatoria.	ii
Agradecimiento.	iii
Índice de Tablas.	iv
Índice de Figuras.	v
Resumen.	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo General.	3
2.2. Objetivos específicos.	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>4</b>
Descripción del 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.	6
3.2.3. Descripción de los tratamientos.	6
3.2.4. Variables evaluadas.	7
3.2.5. Análisis estadístico.	9
3.3. Manejo agronómico.	9
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>11</b>
4.1. Variables de Crecimiento y Desarrollo del Cultivo.	11
4.1.1. Altura de la Planta.	11
4.1.2. Diámetro de Tallo.	14
4.1.3. Numero de Hojas.	16

4.2. Componentes del Rendimiento.	18
4.2.1. Longitud de Panoja.	18
4.2.2. Longitud de Raquis.	20
4.2.3. Biomasa.	22
4.2.4. Rendimiento de Grano.	24
4.2.5. Nitrógeno en Biomasa.	26
4.2.6. Acumulación de Nitrógeno en la biomasa.	27
4.2.7. Nitrógeno en el grano.	28
4.2.8. Acumulación de Nitrógeno en el grano.	29
4.2.9. Nitrógeno en panoja.	30
4.2.10. Relación de Eficiencia.	31
4.2.11. Uso Eficiente del Nitrógeno.	33
4.2.12. Eficiencia de recuperación.	35
<b>V. CONCLUSIONES.</b>	<b>36</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.</b>	<b>38</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>39</b>

## **DEDICATORIA.**

A Dios nuestro señor, por darme sabiduría y fortaleza para lograr una de mis metas, gracias por brindarme el don de la vida.

A mis padres Humberto Herrera y Arminda Chavaría, que con su apoyo me inculcaron valores y me brindaron lo mejor que pudieron en el transcurso de mi vida.

Muy especialmente a **DENISSE Olivas**, mí gran tesoro, fuente de inspiración en mi vida; gracias por esperarme todo este tiempo, te quiero.

A mis hermanas Betty Herrera y Janethe Herrera, ya que de una u otra forma me brindaron su apoyo.

A mis sobrinos Leslie Pineda y Jorge Pineda, por formar parte de mi vida.

A la familia Olivas Orozco, por haberme apoyado en mi formación profesional.

**Yolanda María Herrera Chavarría.**

## DEDICATORIA

Con mucho Amor, Cariño y Respeto dedico este trabajo de investigación A:

**Dios** nuestro señor y a la **Virgen María**, por darme la existencia, conocimiento y guiarme por el buen camino para seguir siempre adelante.

Mi Madre **Lorna María Pichardo Anderson**, por ser mi inspiración y aliento cada día de mi vida, que siempre me brindo su apoyo en momentos más difíciles de mi vida, por haberme dado un buen ejemplo y por sus buenos consejos que me motivaron a seguir adelante.

Mi abuelita materna **Vivian Anderson Chang**, por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Mi Bebe que está por nacer, por darme las fuerzas para salir adelante y llenar mi vida de dicha y alegría.

Mi esposo **Miguel Antonio Oviedo Avelares**, por todo su amor, dedicación y apoyo que me ha brindado.

Mis Tías **Clemen, María de Cristo y Fátima Pichardo**, por sus consejos, apoyo y motivación para superarme.

Mis primos **Enrique y Glenda Cortés Pichardo**, por estar siempre a mi lado en malos y buenos momentos de mi vida.

Toda mi familia que siempre me motivaron a dar un paso hacia adelante.

Gracias por su amor y constantes oraciones, que Dios los bendiga.

**Chepita García Pichardo.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradecemos a Dios todo poderoso por darnos fuerza, sabiduría y motivación para culminar nuestra carrera como ingenieras agrónomas.

Al programa INTSORMIL, por financiar nuestro tema de investigación.

A la Lic. MSc Irma Vega Norori, por darnos su respaldo, asesoramiento, apoyo y confianza durante el proceso de investigación.

A la Ing. Helen Ramírez, por su ayuda durante la fase de campo y de laboratorio esperamos se recupere pronto.

Al Ing. Leonardo García Centeno, por facilitarnos información para la realización del estudio de nuestro tema de investigación.

Al Ing. Roberto Larios, por las sugerencias brindadas.

Al Ing. Álvaro Benavides, por su apoyo en la interpretación del análisis estadístico.

A la Dirección de Servicios Estudiantiles por facilitarnos alojamiento y el apoyo necesario para poder culminar nuestra carrera como ingenieras agrónomas.

A nuestra compañera y amiga Jacqueline Cárdenas, por sus consejos y apoyo, lo que influyó positivamente en el transcurso de nuestra carrera.

A nuestros compañeros, en especial a Roberto Hernández y Ramiro Manzanares por la ayuda brindada durante este trabajo de investigación.

Al grupo de alumnos de IV año de ingeniería agronómica quienes voluntariamente nos ayudaron durante la fase de campo.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma nos brindaron su apoyo durante nuestra formación profesional.

**Yolanda Maria Herrera Chavarría.  
Chepita García Pichardo.**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla. N<sup>o</sup></b>	<b>Página</b>
1. Análisis químico del suelo donde se realizo el experimento. Zambrano, 2003.	5
2. Descripción de los factores evaluados.	6
3. Resultados de la altura de la planta (cm.), para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds. Zambrano, 2003.	13
4. Resultados de la variable diámetro del tallo (mm), a los 30, 45 y 60 dds. Zambrano, 2003.	15
5. Numero de hojas por planta para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds. Zambrano, 2003.	17
6. Longitud de panoja para los factores en estudio. Zambrano, 2003.	19
7. Longitud de raquis (cm.), para el cultivo de sorgo. Zambrano, 2003.	21
8. Producción de biomasa seca (kg/ha <sup>-1</sup> ), del cultivo de sorgo. Zambrano, 2003.	23
9. Rendimiento de grano (Kg/ha <sup>-1</sup> ), del cultivo de sorgo. Zambrano, 2003.	25
10. Uso eficiente del nitrógeno por las líneas de sorgo en estudio con relación al incremento del rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado.	34

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N<sup>o</sup></b>	<b>Página</b>
1. Promedios mensuales de precipitación (mm), y temperatura (°C), presentados durante el desarrollo del estudio o experimento.	4
2. Contenido de nitrógeno (%), en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.	27
3. Acumulación de nitrógeno en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.	28
4. Concentración de nitrógeno (%), en el grano para cada línea y nivel de fertilización.	29
5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización.	30
6. Concentración de nitrógeno (%), en la panoja para cada línea y nivel de fertilización.	31
7. Relación de eficiencia para cada línea y nivel de fertilización.	32
8. Eficiencia de recuperación para cada línea y nivel de fertilización.	35

## RESUMEN.

El estudio se realizó el 3 de Septiembre del 2003 en la finca El Plantel de la Universidad Nacional Agraria localizada en el Km. 40 carreteras Tipitapa - Masaya, geográficamente esta ubicada a 12° 03' Latitud Norte, 86° 06' Longitud Oeste, y a una altura de 110 msnm el ensayo se estableció en la época de postrera comprendida de Septiembre a Diciembre del 2003. Los factores evaluados fueron 15 líneas de sorgo y un testigo local (pinolero 1), con dos niveles de fertilización nitrogenado 0 y 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (BCA), con arreglos en parcelas divididas con cuatro replicas. Los resultados reflejan que la mayoría de las variables evaluadas presentan diferencias estadísticas significativas para ambos factores en estudio exceptuando las variables altura, número de hojas a los 45 dds y diámetro del tallo a los 45 y 60 dds. Las únicas variables que presentaron interacciones entre ambos factores fueron biomasa producida y rendimiento de grano. Los mayores rendimientos se presentaron cuando se aplicó el nivel 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> al suelo, sobresaliendo la línea ICSVLM-89537 con 4 443.2 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en la producción de biomasa sobresalió ICSVLM-89524 cuando se le aplicó el nivel 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>. El análisis de uso eficiente del nitrógeno, mostró que existió efecto positivo en el incremento del rendimiento de las líneas de sorgo, con la aplicación de nitrógeno, destacándose ICSVLM- 89537 con 3 943.0 kg ha<sup>-1</sup> con respecto al testigo. El uso más eficiente de nitrógeno aplicado a las líneas fue obtenido por ICSVLM- 89537 e ICSVLM-89513 al obtener la mayor producción de granos por kg de N aplicado.

## I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), es originario de África y Asia, es considerada el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo. Se estima que el 75% de la producción mundial de sorgo es utilizada como alimento para consumo humano (Compton, 1990).

El cultivo de sorgo en Nicaragua, ocupa el 16% de área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia. El 56% de la producción actual es utilizado en la elaboración de alimentos concentrados para la industria avícola, porcina y bovina, el 44% restante se utiliza para la alimentación humana, principalmente el sorgo con endospermo blanco. Es el cereal que le sigue al maíz tanto en área como en el volumen de producción (Pineda, 1997).

El cultivo de sorgo es manejado básicamente por medianos y pequeños productores, siendo uno de los principales granos básicos en nuestro país.

En Nicaragua existen zonas óptimas para la producción de este importante rubro; dentro de estas cabe destacar la zona de Masaya, donde puede ser sembrado de forma rentable en época de primera y postrera, existen otras zonas consideradas de buena aptitud como Granada, Rivas, León, Chinandega, Managua y Estelí en la mayoría de ellas se obtiene mejores resultados en siembras de postrera siendo posible utilizar un cultivo precedente. (Alemán y Tercero, 1991).

Actualmente los rendimientos en el grano no satisfacen la demanda interna, debido a problemas en el manejo del cultivo (MAG, 1996). Entre los principales factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso de líneas (genotipos), condiciones ambientales y practicas de manejo, otro problema es, las cantidades de fertilizantes requeridos para la planta de sorgo, la que varia dependiendo del tipo y las condiciones del suelo, por lo que las respuestas del cultivo varían según las condiciones en la que se establecen.

El nitrógeno es uno de los elementos que mas limita los rendimientos. Esto es debido, primero a que las reservas de nitrógeno en el suelo dependen fundamentalmente de la

materia orgánica y segundo, debido a que el nitrógeno es un elemento muy dinámico por lo que requiere un manejo cuidadoso, sobre todo 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 agricultura moderna. Este elemento se destaca dentro de los elementos esenciales en el desenvolvimiento y crecimiento de las plantas por sus funciones relevantes en la producción y síntesis de amino ácidos, que son el componente básico de proteínas, enzimas y vitaminas. (Demolón, 1975).

El uso eficiente de nitrógeno es definido como: la producción de biomasa por el total de nitrógeno almacenado ( $NE_1$ ), la producción de grano por unidad de nitrógeno almacenado en la planta ( $NE_2$ ), y como el producto de  $NE_2$  y la relación entre el contenido de nitrógeno en el grano y el nitrógeno almacenado (Maranville *et al.*, 1980).

Las cantidades de fertilizantes requeridos por la planta de sorgo, varían dependiendo del tipo y las condiciones de suelo. Son pocos los trabajos de investigación que incluye fertilización basada en elementos mayores (N, P y K) en el cultivo del sorgo.

Con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico y productivo y el uso eficiente de nitrógeno de 15 líneas de sorgo en la finca El plantel se realizó el presente trabajo de investigación, con lo cual se persiguieron los siguientes objetivos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el comportamiento agronómico 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.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Identificar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones del municipio de Zambrano.
- ❖ Determinar la biomasa y el rendimiento de grano de cada línea en estudio.
- ❖ Evaluar el uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo y la variedad PINOLERO 1

### III. MATERIALES Y METODOS

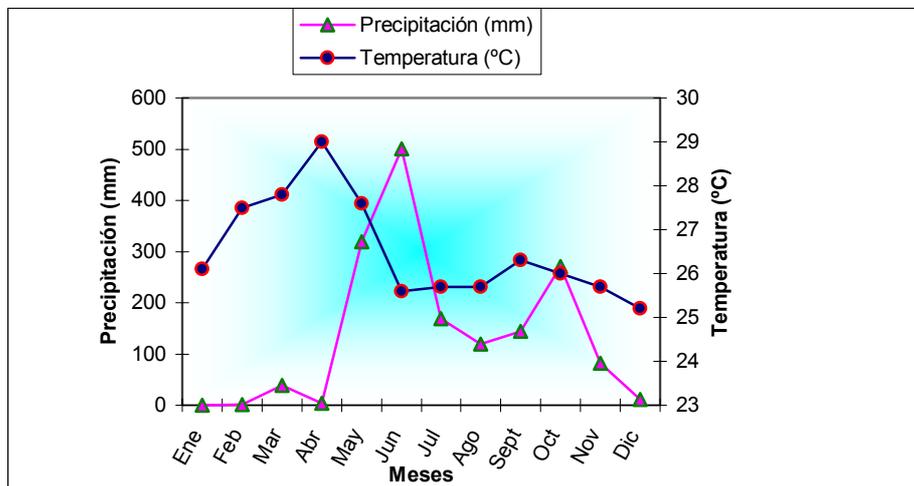
#### 3.1 Descripción del lugar

##### 3.1.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, localizada en el kilómetro 40 carreteras Tipitapa-Masaya, departamento de Masaya Nicaragua. La finca El Plantel está ubicada a una altura de 110 msnm cuyas coordenadas corresponden a 12° 06' Latitud Norte y 86° 04' Longitud Oeste. El Plantel según la zonificación ecológica corresponde a una zona transicional entre bosque tropical seco y bosque tropical húmedo. (Chávez y Mendoza, 2000).

##### 3.1.2 Clima

El clima en la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 1100 mm y una temperatura media de 26 °C. El ensayo se realizó en la época de postrera (septiembre a diciembre) del 2003.



**Figura 1:** Promedios mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C), presentados durante el desarrollo del experimento

### 3.1.3 Suelo.

Los suelos de la finca El Plantel se clasifican dentro del orden de los molisoles y se caracterizan por ser suelos de origen volcánico, profundos a moderadamente superficiales, bien drenados, con buena permeabilidad se encuentran en planicie con una topografía ligeramente ondulada, con alto contenido de materia orgánica y pH ligeramente ácido (MAG,1971). Los resultados del análisis del suelo en el área donde se realizó el experimento se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico de suelo. Zambrano, Masaya 2003.

Localidad	pH	%	Ppm	Meq/100kg suelo	Textura		
Zambrano	H <sub>2</sub> O	M.O	Nitrógeno	P	K	CIC	Franco
	6.0	3.81	0.14	0.14	1.85	38.1	arcilloso
	A	MA	N	MB	MA		

Laboratorio de suelo y agua. (UNA) ,2003.

Clave: MA: muy alto.

MB: muy bajo.

A: ácido.

N: normal.

Rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Fuentes, 1994).

## 3.2 Metodología experimental

### 3.2.1 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (BCA) con arreglos en parcelas divididas con cuatro replicas.

### 3.2.2. Descripción de la unidad experimental.

El ensayo corresponde a un bifactorial se organizó de manera tal, que en las parcelas grandes se manejaron las líneas de sorgo y en las parcelas pequeñas los dos niveles de fertilización nitrogenada; las líneas de sorgo se azarizaron en las parcelas grandes y los niveles de nitrógeno en la parcela pequeña (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los factores evaluados.

<b>Factor A: Líneas a evaluar.</b>	
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*
<b>Factor B: Niveles de nitrógeno aplicado</b>	
b <sub>1</sub> 37.43 kg de N ha <sup>-1</sup>	b <sub>2</sub> 0 kg de N ha <sup>-1</sup>

\* Testigo.

### 3.2.3 Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron dos niveles de fertilización (0 y 37.43 Kg. de N ha<sup>-1</sup>), utilizando completo de la fórmula (12-30-10) y Urea al 46% aplicando esta última en forma fraccionada a los 30 días después de la siembra (dds) y a los 45 dds aplicadas a 15 líneas y al testigo (PINOLERO 1).

En total se evaluaron treinta y dos tratamientos los que se aplicaron a la unidad experimental al azar, la distancia entre surco fue de 0.6 metros. Se utilizaron seis surcos

por parcela de una longitud de 5 metros, de los cuales se tomaron cuatro surcos centrales como parcela útil. La separación entre las parcelas experimentales fue de un metro.

Los tratamientos se establecieron sobre 16 parcelas experimentales en los cuatro bloques y entre cada bloque se dejó un espacio de 1 metro. El área total del experimento fue de 1271 m<sup>2</sup>.

#### **3.2.4 Variables evaluadas.**

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se midieron 5 plantas tomadas al azar por parcela útil; midiéndoseles las siguientes variables.

Durante el crecimiento del cultivo:

➤ **Altura de planta en (cm.):** Tomada en tres momentos a los 30,45 y 60 días después de la siembra, se midió desde la superficie del suelo hasta la última hoja formada.

➤ **Diámetro del tallo (mm):** Se midió en la parte media de la longitud del mismo, a los 30,45 y 60 días después de la siembra.

➤ **Número de hojas por planta:** Se contaron las hojas funcionales de la planta, esta variable se evaluó en tres momentos a los 30,45 y 60 días después de la siembra.

A la cosecha se midieron los siguientes parámetros:

➤ **Longitud de la panoja (cm.):** De una muestra de 5 panojas por parcela útil, se midió la longitud de la panoja desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma y se promedió.

➤ **Longitud del raquis (cm.):** De la misma muestra de 5 panojas por parcela, se les midió la longitud de raquis hasta la base de la panoja y se promedió.

➤ **Biomasa (kg ha<sup>-1</sup>):** Al momento de la cosecha se tomaron cinco plantas al azar en la parcela útil, se registró el peso fresco, posteriormente se introdujo al horno una muestra de 500 g a 65<sup>0</sup>C por 72 horas y se registró el peso seco.

➤ **Rendimiento del grano (kg ha<sup>-1</sup>):** La producción de cada tratamiento fue pesada y ajustada al 14% de humedad y se expreso en kg ha<sup>-1</sup>.

➤ **Nitrógeno en la biomasa (%):** De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se traslado una muestra homogeneizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método semi-micro Kjeldhal.

➤ **Nitrógeno en el grano (%):** Una muestra del sorgo cosechado en la parcela útil fue enviada al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano, el método utilizado fue el mismo que se utilizó en el porcentaje de nitrógeno en biomasa.

➤ **Nitrógeno en la panoja (%):** Del sorgo cosechado se tomó una muestra por parcela útil y fue enviada al laboratorio parta determinar la concentración de nitrógeno en la panoja, el método utilizado fue el mismo que se utilizó en el porcentaje de nitrógeno en grano.

➤ **Uso eficiente del nitrógeno:** Para el análisis de esta variable se usaron las siguientes formulas:

Relación de eficiencia:

$$RE = \frac{\text{Rendimiento kg ha}^{-1}(\text{Biomasa} + \text{grano})}{\text{N Total kg ha}^{-1} (\text{Biomasa} + \text{grano})}$$

Eficiencia de recuperación:

$$ER = \frac{\text{N kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa} + \text{grano)} - \text{N kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa} + \text{grano)}}{37.43} * 100$$

RE: Relación de eficiencia.

UEN: Uso eficiente de nitrógeno.

C/N: Con nitrógeno.

S/N: Sin nitrógeno.

### 3.2.5 Análisis estadístico

La base de datos fue procesada y analizada con SAS. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de medias por rangos múltiples de Tukey al 95% fuente de confianza. Se estableció el siguiente modelo aditivo lineal que corresponde a un diseño en Parcelas Divididas (Pedroza, 1993).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + T_i + E_{ik} + \alpha_j + (T\alpha)_{ij} + E_{ijk}$$

De donde:

$Y_{ijk}$ : Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos.

$\mu$ : Es el efecto de la media poblacional

$\beta_k$ : Es el efecto del K- ésimo bloque

$T_i$ : Es el efecto de la i-ésima líneas

$E_{ik}$ : Es el error para evaluar la parcela grande

$\alpha_j$ : Es el efecto de la j- ésima dosis de fertilización nitrogenada (0 y 37 kg ha<sup>-1</sup>)

$(T\alpha)_{ij}$ : Es el efecto de la i- ésima líneas y la j- ésima niveles de fertilización nitrogenada

$E_{ijk}$ : Es el error para evaluar la parcela pequeña

### 3.3 Manejo agronómico

La preparación del suelo se realizó mecánicamente, se inició con un pase de arado, 2 pases de grada y el rayado para luego proceder a la siembra.

La siembra fue manual y a chorrillo realizada el día 3 de Septiembre del 2003, las líneas en estudio fueron: ICSVLM-89513, ICSVLM-89524, ICSVLM-89527, ICSVLM-89537, ICSVLM-89544, ICSVLM-89551, ICSVLM-90510, ICSVLM-90520, ICSVLM-92512, ICSVLM-93074, ICSVLM-93075, ICSVLM-93076, ICSVLM-93079, ICSVLM-93081, JOCORO, comparadas con la variedad PINOLERO 1 utilizada como Testigo.

El origen de las líneas con el código ICSVLM, son del programa ICRISAT/LASIP; ICSVLM que significa en inglés: ICRISAT Sorghum Variety Latin América Program, y

los primeros dos 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 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, excersion y tamaño de la panoja 10 y 30 cm respectivamente, días a la cosecha 110 días. con un potencial genético de  $4852 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $99\text{mz}^{-1}$ ).

La fertilización se realizó de forma manual aplicando completo de la fórmula 12-30-10, esta fue aplicada al momento de la siembra; posteriormente se aplicó la Urea 46% de forma fraccionada a los 30 dds y 45 dds.

El control de malezas se realizó con azadón a los 45 días después de la siembra.

La cosecha se realizó de forma manual a la madurez fisiológica del cultivo.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Variables de crecimiento y desarrollo del cultivo**

#### **4.1.1 Altura de la planta**

La altura de la planta es un dato útil para la clasificación del sorgo, el promedio de esta es de 160 cm. La altura de la planta es considerada como un factor de mucha importancia, ya que está influenciada por diferentes factores como: humedad, temperatura, fertilización nitrogenada, siendo determinantes en el descenso de la altura de la planta (López y Galeato, 1982).

Morales (2002), plantea que la altura de la planta del 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 inconvenientes en la cosecha mecanizada.

En relación a la variable altura no se evidenciaron efecto significativo a los 45 dds pero sí a los 30 y 60 dds.

La tabla 3 indica que durante el primer muestreo a los 30 dds la línea ICSVLM-89537 presentó la mayor altura de planta con 32.8 cm. la cual se diferenció estadísticamente del resto de las líneas y del testigo pinolero 1, éste último quien presentó la menor altura con 19.6 cm.

A los 45 dds no se encontró efecto significativo, pero si se encontraron diferencias numéricas presentando la mayor altura ICSVLM-93079 con 54.5 y en ultimo lugar ICSVLM-90520 con 39.3. A los 60 dds sobresalieron las línea ICSVLM-93079 con 105.0 cm., ICSVLM-89537 con 97.6, ICSVLM-93076 con 94.5 y la variedad PINOLERO 1 con 96.8 cm. agrupadas en una misma categoría estadística, la línea ICSVLM-92512 presentó la menor altura con 69.5 cm. 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 según lo sugerido por Morales (2002). Ç

Para el factor B (niveles de nitrógeno aplicado), presentó diferencias estadísticas significativas en los tres momentos de muestreo.

En el factor B con la aplicación  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  se obtuvieron las mayores alturas superando al nivel  $0 \text{ Kg. de N ha}^{-1}$  durante los tres momentos de muestreo.

Tabla 3. Resultados de la altura de la planta (cm), para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds. Zambrano 2003.

Factor A: Líneas	30dds	45dds	60dds
ICSVLM-89513	21.3 b	52.0 a	86.3 abc
ICSVLM-89524	23.0 b	43.0 a	87.0 abc
ICSVLM-89527	23.9 b	44.8 a	88.0 abc
ICSVLM-89537	<b>32.8 a</b>	48.9 a	<b>97.6 ab</b>
ICSVLM-89544	20.2 b	43.5 a	84.3 abc
ICSVLM-89551	21.5 b	45.0 a	91.0 abc
ICSVLM-90510	22.9 b	46.3 a	84.0 abc
ICSVLM-90520	21.3 b	<b>39.3 a</b>	91.5 abc
ICSVLM-92512	21.5 b	40.4 a	<b>69.5 c</b>
ICSVLM-93074	21.8 b	45.9 a	84.8 abc
ICSVLM-93075	22.0 b	42.4 a	78.0 bc
ICSVLM-93076	22.0 b	49.5 a	<b>94.5 ab</b>
ICSVLM-93079	22.3 b	<b>54.5 a</b>	<b>105.0 a</b>
ICSVLM-93081	20.7 b	44.0 a	74.0 bc
JOCORO	20.9 b	44.5 a	82.0 abc
PINOLERO 1	<b>19.6 b</b>	43.5 a	<b>96.8 ab</b>
Pr >F	0.0001	0.0948	0.0002
CV %	14.9	19.4	14.9
Factor B: kg N ha <sup>-1</sup>	30 dds	45 dds	60 dds
b <sub>1</sub> 37.43 kg N ha <sup>-1</sup>	25.0 a	54.4 a	99.19 a
b <sub>2</sub> 0 kg N ha <sup>-1</sup>	19.4 b	36.5 b	75.13 b
Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001
CV %	9.9	12.91	13.91

#### 4.1.2 Diámetro del tallo

El tallo está formado por una serie de nudos y entrenudos, es delgado y muy vigoroso midiendo de 5 mm a 30 mm cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior (Somarriba, 1998).

Phoelman (1985), afirma que el diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de altos rendimientos.

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

El análisis de varianza (ANDEVA), realizado para la variable diámetro del tallo, demostró que para el factor A (líneas), hubo efecto significativo a los 30 dds y no significativo a los 45 y 60 dds. No se evidenció interacción entre ambos factores, por lo que podemos afirmar que los factores estudiados son independientes.

La tabla 4 muestra que a los 30 dds las líneas que presentaron mayor diámetro fueron ICSVLM-89524 con 15.5 mm seguido por ICSVLM-93081 con 15.3 mm siendo iguales categóricamente y en último lugar pinolero 1 con 11.5 mm. A los 45 dds el mayor diámetro lo obtuvo ICSVLM-93081 con 20.9 mm y el menor diámetro pinolero 1 con 15.4 mm. Este parámetro no vario mucho a los 60 dds presentando el mayor diámetro ICSVLM-93081 con 21.3 mm y el menor diámetro ICSVLM-93075 con 15.6 mm. Somarriba (1998), afirma que el diámetro del tallo varía de 5 a 30 mm, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Para el factor B: (Niveles de nitrógeno aplicados por hectárea) con la aplicación 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> a los 30 dds se obtuvo un diámetro de 14.7 mm, a los 45 dds (19.1 mm), y a los 60 dds (19.4 mm), superando de esta manera el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>.

Es necesario la aplicación de nitrógeno para que la planta adquiriera su diámetro adecuado y evitar el acame de estas, aspecto que concuerda con Somarriba (1998). Los resultados de los factores independientes se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la variable diámetro del tallo (mm), a los 30, 45 y 60dds.Zambrano, 2003.

Factor A: Líneas	30dds	45dds	60dds
ICSVLM-89513	11.6 b	16.6 a	17.5 a
ICSVLM-89524	<b>15.5 a</b>	17.4 a	17.6 a
ICSVLM-89527	13.5 ab	18.1 a	18.9 a
ICSVLM-89537	13.1 ab	17.6 a	17.7 a
ICSVLM-89544	12.7 ab	19.6 a	20.1 a
ICSVLM-89551	14.1 ab	18.8 a	18.9 a
ICSVLM-90510	12.4 ab	17.1 a	17.3 a
ICSVLM-90520	12.5 ab	16.4 a	16.5 a
ICSVLM-92512	13.3 ab	18.1 a	18.3 a
ICSVLM-93074	14.3 ab	17.9 a	19.0 a
ICSVLM-93075	12.0 ab	15.5 a	<b>15.6 a</b>
ICSVLM-93076	11.7 b	15.5 a	16.3 a
ICSVLM-93079	14.4 ab	19.4 a	<b>19.8 a</b>
ICSVLM-93081	<b>15.3 a</b>	<b>20.9 a</b>	<b>21.3 a</b>
JOCORO	12.5 ab	16.6 a	17.1 a
PINOLERO 1	<b>11.5 b</b>	<b>15.4 a</b>	<b>15.7 a</b>
Pr > F	0.0026	0.1525	0.1076
CV %	14.9	20.8	20.6
Factor B: kg N ha <sup>-1</sup>	30 dds	45 dds	60 dds
b <sub>1</sub> : 37.43 kg N ha <sup>-1</sup>	14.7 a	19.1 a	19.4 a
b <sub>2</sub> : 0 kg N ha <sup>-1</sup>	11.6 b	16.1 b	16.2 b
Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001
CV %	12.5	10.7	10.5

### **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 período de crecimiento (Compton, 1990), siendo éste también un factor determinante en la producción de biomasa seca al igual que el tallo.

En la tabla 5 se presentan los resultados del ANDEVA para esta variable en la que se muestra el comportamiento de las líneas y el efecto del nivel de fertilizante aplicado sobre las plantas de sorgo. Para el factor A se determinó que existen diferencias estadísticas solamente a los 30 y 60 dds. No hubo interacción entre ambos factores.

A la tercera evaluación los datos registran que las líneas con mayor número de hojas fueron ICSVLM-89524, ICSVLM-89527, ICSVLM-89544 y JOCORO con 13 hojas. ICSVLM-93081 presentó el menor número de hojas con 10 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 y la longitud del periodo de crecimiento.

En relación con el factor B el análisis de varianza mostró efecto significativo durante los tres muestreos.

En el factor B con la aplicación de 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> a los 60 dds se obtuvo el mayor número de hojas por planta obteniendo 12 hojas, superando estadísticamente al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> con 11 hojas. Es notable que la aplicación del nitrógeno incide en el número de hojas por lo que es recomendable su aplicación.

Tabla 5. Número de hojas por planta para los factores en estudio a los 30, 45 y 60 dds.  
Zambrano, 2003.

Factor A: Líneas	30 dds	45dds	60dds
ICSVLM-89513	5 ab	8 a	12 ab
ICSVLM-89524	5 ab	8 a	<b>13 ab</b>
ICSVLM-89527	5 a	8 a	<b>13 a</b>
ICSVLM-89537	5 ab	7 a	12 ab
ICSVLM-89544	5 ab	8 a	<b>13 a</b>
ICSVLM-89551	4 ab	7 a	11 ab
ICSVLM-90510	4 ab	8 a	12 ab
ICSVLM-90520	4 ab	7 a	12 ab
ICSVLM-92512	4 ab	7 a	11 ab
ICSVLM-93074	4 ab	7 a	11 ab
ICSVLM-93075	4 ab	7 a	12 ab
ICSVLM-93076	4 ab	8 a	12 ab
ICSVLM-93079	4 ab	7 a	12 ab
ICSVLM-93081	4 ab	8 a	<b>10 b</b>
JOCORO	4 ab	8 a	<b>13 a</b>
PINOLERO 1	4 b	7 a	11 ab
Pr > F	0.0234	0.1670	0.0037
CV %	17.1	12.6	11.1
Factor B: kg N ha <sup>-1</sup> .	30 dds	45 dds	60 dds
b <sub>1</sub> : 37.43 kg N ha <sup>-1</sup>	5 a	8 a	12 a
b <sub>2</sub> : 0 kg N ha <sup>-1</sup>	4 b	7 b	11 b
Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001
CV %	10.14	10.71	6.18

## **4.2. Componentes del rendimiento**

### **4.2.1. Longitud de panoja**

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

La panícula es corta o larga, suelta o abierta y compacta puede tener de 4 a 25 cm. de largo, de 2 a 20 cm. de ancho y llevar de 400 a 800 granos (Compton, 1990).

El análisis de varianza (ANDEVA), realizado para la variable longitud de panoja, muestra que los resultados obtenidos fueron significativos para ambos factores en estudio. Dentro del factor A ICSVLM-92512 e ICSVLM-89544 presentaron la mayor longitud de panoja con 35.7 y 32.6 cm. respectivamente mientras que ICSVLM-93081 e ICSVLM-89537 presentaron las menores longitudes de panoja con 23.5 y 24.6, cm. respectivamente (Tabla 6).

Monterrey (1997), recomienda usar líneas con mayor longitud de panojas ya que estas poseen mayor rendimiento de grano; sin embargo esta relación no es siempre directamente proporcional ya que la línea que obtuvo mayor longitud de panoja ICSVLM-92512 no mostró mayor rendimiento.

Los valores obtenidos en la variable longitud de panoja para el factor A (líneas), fueron de 20 a 35 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 muestran valores superiores a los referidos.

Los resultados obtenidos del factor B muestran significancia estadística, existe un aumento del tamaño de la panoja cuando se aplica 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> superando respectivamente al nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, de esta forma hemos comprobado la importancia de la fertilización nitrogenada en la determinación última de este componente del rendimiento.

Tabla 6: Longitud de panoja (cm), para los factores en estudio. Zambrano, 2003.

Factor A: Líneas	Longitud de panoja (cm.)
ICSVLM-89513	26.3 cd
ICSVLM-89524	26.0 cd
ICSVLM-89527	28.8 bcd
ICSVLM-89537	<b>24.6 cd</b>
ICSVLM-89544	<b>32.6 ab</b>
ICSVLM-89551	27.5 bcd
ICSVLM-90510	30.5 abc
ICSVLM-90520	24.8 cd
ICSVLM-92512	<b>35.7 a</b>
ICSVLM-93074	27.1 bcd
ICSVLM-93075	24.8 cd
ICSVLM-93076	25.1 cd
ICSVLM-93079	30.6 abc
ICSVLM-93081	<b>23.5 d</b>
JOCORO	27.1 bcd
PINOLERO 1	27.3 bcd
Pr > F	0.0001
CV %	12.0
Factor B: kg N ha <sup>-1</sup>	Longitud de panoja
b <sub>1</sub> : 37.43 kg N ha <sup>-1</sup>	28.9 a
b <sub>2</sub> : 0 kg N ha <sup>-1</sup>	26.5 b
Pr > F	0.0001
CV %	11.06

#### 4.2.2. Longitud del raquis

La longitud del raquis inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja. La longitud está controlada genéticamente; pero factores ambientales adversos como la influencia del agua puede ejercer efectos pronunciados (Compton, 1990).

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).

Para la variable longitud de raquis, después de realizarse el análisis de varianza, se encontró efecto significativo para los factores A y B. No hubo interacción significativa entre ambos factores.

Para el factor A, la mayor longitud del raquis la ocupa ICSVLM-89551, con 11.6 cm.; seguido de ICSVLM-90510, con 10.4 cm; la menor longitud del raquis la obtuvo ICSVLM-93075, con 3.2 cm. La longitud del raquis es un carácter de suma importancia económica, debido a que si es pequeño (5 a 7 cm), ocasiona efectos negativos en la recolección mecanizada (tabla 8).

Respecto al factor B se muestra que la mayor longitud del caquis se presenta con el nivel 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> con 7.46 cm, seguido por el nivel cero aplicación kg N ha<sup>-1</sup>.

Tabla 7. Longitud de raquis (cm.), para el cultivo de sorgo. Zambrano, 2003.

Factor A: Líneas	Longitud del raquis (cm.)
ICSVLM-89513	7.5 a b c d
ICSVLM-89524	6.9 a b c d
ICSVLM-89527	6.8 a b c d
ICSVLM-89537	4.9 d
ICSVLM-89544	7.0 a b c d
ICSVLM-89551	<b>11.6 a</b>
ICSVLM-90510	<b>10.4 a b</b>
ICSVLM-90520	5.1 c d
ICSVLM-92512	9.9 a b c
ICSVLM-93074	4.8 d
ICSVLM-93075	<b>3.2 d</b>
ICSVLM-93076	4.0 d
ICSVLM-93079	7.3 a b c d
ICSVLM-93081	5.6 b c d
JOCORO	4.8 b
PINOLERO 1	6.3 b c d
Pr > F	0.0001
CV (%)	40.0
Factor B: kg N ha <sup>-1</sup>	Longitud del raquis
b <sub>1</sub> : 37.43 kg N ha <sup>-1</sup>	7.46 a
b <sub>2</sub> : 0 kg N ha <sup>-1</sup>	5.90 b
Pr > F	0.0002
CV (%)	34

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

Los tallos y el follaje del sorgo se utilizan frecuentemente como alimento para el ganado en época seca, siendo la materia seca producida un factor importante para la alimentación del ganado en lugar y tiempo de escasez de alimento (INTA,2002).

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.

Los bajos rendimientos de biomasa obtenidos del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> son debido a la no aplicación del elemento nitrógeno en el suelo, disminuyendo el desarrollo vegetativo de la planta.

La tabla 8 muestra que en la interacción líneas por niveles de fertilización existe diferencias estadísticas significativas entre ambos factores; presentando los mejores rendimientos de biomasa las líneas ICSVLM-89524 y ICSVL-93081 con 7,501.3 y 6,598.8 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente con la aplicación 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>; los menores valores los presentaron las líneas ICSVLM-89527 y ICSVLM-89544 con 2 232.3 y 2 315.3 kg N ha<sup>-1</sup> cuando no se le aplicó fertilizante, por tanto se hace necesaria la fertilización nitrogenada para incidir positivamente en el rendimiento de la biomasa seca.

Tabla 8. Producción de biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), del cultivo de sorgo. Zambrano, 2003.

Líneas	37.43 $\text{kg N ha}^{-1}$	0 $\text{kg N ha}^{-1}$	<b>DMS = 210</b>
1. ICSVLM – 89513	6 152.0	3 936.0	
2. ICSVLM – 89524	<b>7 501.3</b>	5 578.8	
3. ICSVLM – 89527	3 943.5	<b>2 232.3</b>	
4. ICSVLM – 89537	5 682.3	3 970.3	
5. ICSVLM – 89544	3 717.0	2 315.3	
6. ICSVLM – 89551	4 659.5	3 711.3	
7. ICSVLM – 90510	3 418.3	4 166.3	
8. ICSVLM – 90520	4 977.3	3 137.0	
9. ICSVLM – 92512	4 318.0	3 171.8	
10. ICSVLM – 93074	4 035.3	2 801.8	
11. ICSVLM – 93075	5 844.5	2 549.8	
12. ICSVLM – 93076	5 279.3	3 361.8	
13. ICSVLM – 93079	4 511.8	3 742.0	
14. ICSVLM – 93081	<b>6 598.8</b>	6 445.5	
15. JOCORO	5 122.0	3 340.8	
16. PINOLERO 1(testigo)	4 728.0	4 232.0	
<b>DMS = 1 690.7</b>			

#### 4.2.4. Rendimiento del grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

El rendimiento del grano es la variable principal en cualquier cultivo (Alvarado *et al*, 1999) El rendimiento es el resultado de factores biológicos y ambientales, los cuales interaccionan entre sí. También está determinado por la eficiencia que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio (Compton, 1990).

El nitrógeno conduce más a menudo a un rendimiento más alto del grano, que a un contenido más elevado de proteínas del grano (Compton, 1990).

Espinoza (1992), expresa que para lograr buenos rendimientos de grano es necesaria la aplicación de nitrógeno y que las líneas presenten características agronómicas adecuadas tales como panoja semi-abierta y longitud superior a los 30 cm.

La falta de nitrógeno es uno de los elementos limitantes en el nivel  $0 \text{ kg N ha}^{-1}$  ya que el rendimiento obtenido fue bajo con  $1,310.0 \text{ kg ha}^{-1}$  en comparación con el nivel  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  el cual obtuvo  $4,443.2 \text{ kg ha}^{-1}$ .

La tabla 9 refleja que en la interacción líneas por niveles de fertilización existe diferencias estadísticas significativas; presentando los mejores rendimientos de grano las líneas ICSVLM-89537 y ICSVLM-89513 con  $4,433$  y  $4,439.0 \text{ kg N ha}^{-1}$  respectivamente.

Con la aplicación  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  se incrementa en estas líneas, sustancialmente, el rendimiento de grano en el cultivo del sorgo. Los menores rendimientos lo obtuvieron las líneas ICSVLM-90520 y ICSVLM-89551 con  $1,310.0$  y  $1,520.5 \text{ kg N ha}^{-1}$  sin la aplicación del fertilizante

Tabla 9. Rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), del cultivo de sorgo. Zambrano, 2003

Líneas	37.43 $\text{kg N ha}^{-1}$	0 $\text{kg N ha}^{-1}$	<b>DMS = 122.94</b>
1. ICSVLM – 89513	<b>4 439.0</b>	1 672.3	
2. ICSVLM – 89524	3 823.6	1 837.3	
3. ICSVLM – 89527	3 240.6	2 323.7	
4. ICSVLM – 89537	<b>4 443.2</b>	2 117.3	
5. ICSVLM – 89544	2 891.0	2 027.7	
6. ICSVLM – 89551	3 021.2	1 520.5	
7. ICSVLM – 90510	3 448.7	1 630.0	
8. ICSVLM – 90520	2 949.7	<b>1 310.0</b>	
9. ICSVLM – 92512	3 247.2	2 108.0	
10. ICSVLM – 93074	3 202.2	1 588.7	
11. ICSVLM – 93075	3 660.0	2 430.7	
12. ICSVLM – 93076	3 539.0	2 346.7	
13. ICSVLM – 93079	3 646.0	2 548.7	
14. ICSVLM – 93081	3 743.2	2 110.3	
15. JOCORO	3 701.5	2 347.3	
16. PINOLERO 1(testigo)	3 395.3	2 211.7	
	<b>DMS = 1 093.7</b>		

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

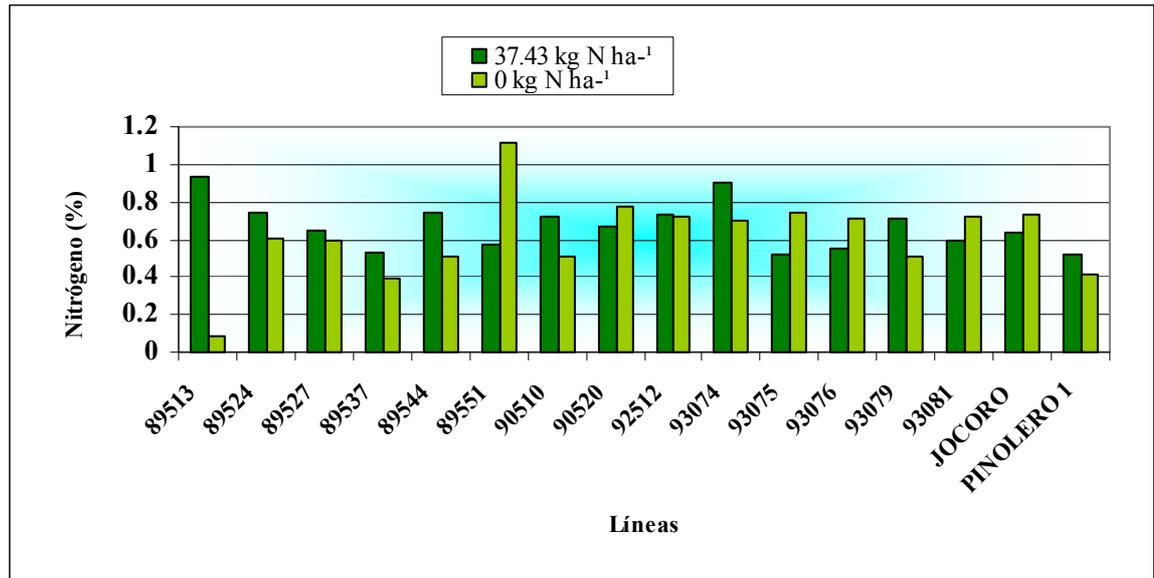
El Nitrógeno absorbido por los cultivos constituye la fuente de proteína vegetal con la que a su vez se nutre el hombre (Salmerón y García, 1994).

El contenido de nitrógeno en las plantas promedia 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 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> fueron: ICSVLM-89513 y ICSVLM-93074 con 0.9%, ambas con el mismo porcentaje, seguido por las líneas ICSVLM-89524, 89527, 89544, 90510, 90520, 92512 y 93079 todas con 0.7%, presentando menores resultados las siguientes líneas ICSVLM-89537, 93075, 93076, PINOLERO 1(testigo), con 0.5%, de nitrógeno en la biomasa.

Según los resultados obtenidos de las líneas en estudio; la mayor concentración de nitrógeno en la biomasa se obtuvo con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, sobresaliendo la línea ICSVLM-89551 con 1.1%, seguido por las líneas ICSVLM-90520, 92512, 93074, 93075, 93076, 93081 y JOCORO todas con 0.7%, de nitrógeno, la línea que resultó con menor concentración de nitrógeno fue ICSVLM-89513 con 0.1%, de nitrógeno.

Resultó interesante el hecho de que algunas líneas presentaron valores idénticos para esta variable con los niveles 37.43 y 0 kg N ha<sup>-1</sup>, 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 existen reservas nutricionales de nitrógeno las cuales son capaces de suplir las necesidades de la planta.



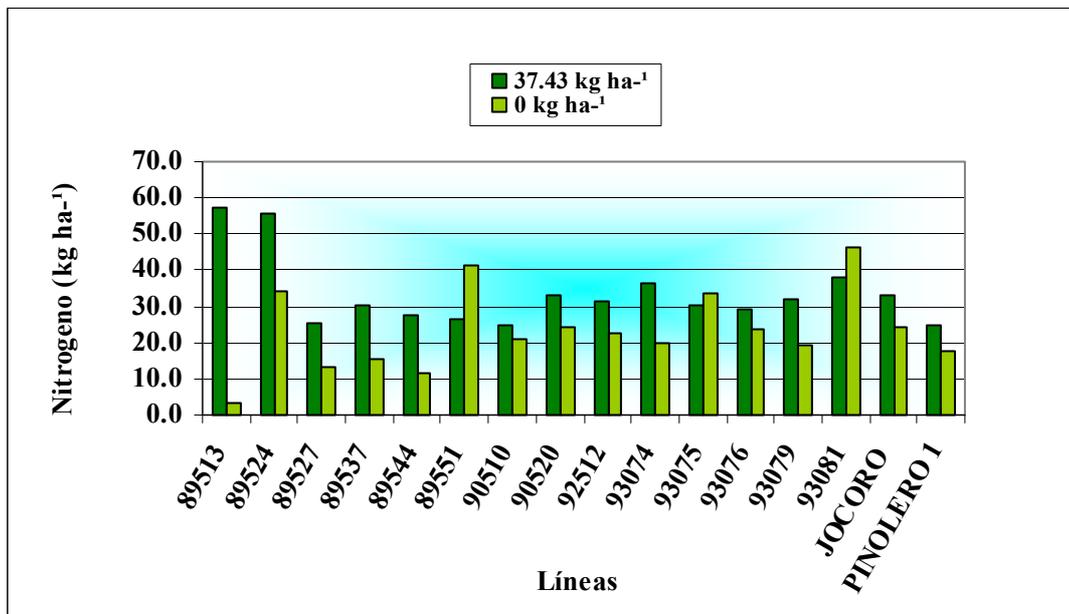
**Figura 2.** Contenido de Nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.

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

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

En los análisis realizados las líneas que obtuvieron la mayor acumulación de nitrógeno en biomasa al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM – 89513 con 57.2 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por ICSVLM – 89524 con 55.5 kg ha<sup>-1</sup>, presentando menor acumulación ICSVLM – 90510 y PINOLERO 1(testigo), ambas con 24.6 kg ha<sup>-1</sup>.

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM – 93081 con 46.4 kg ha<sup>-1</sup>, obtuvo el mayor resultado, seguido por ICSVLM – 89551 con 41.6 kg ha<sup>-1</sup>, presentando menor acumulación la línea ICSVLM – 89513 con 3.5 kg ha<sup>-1</sup>.



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

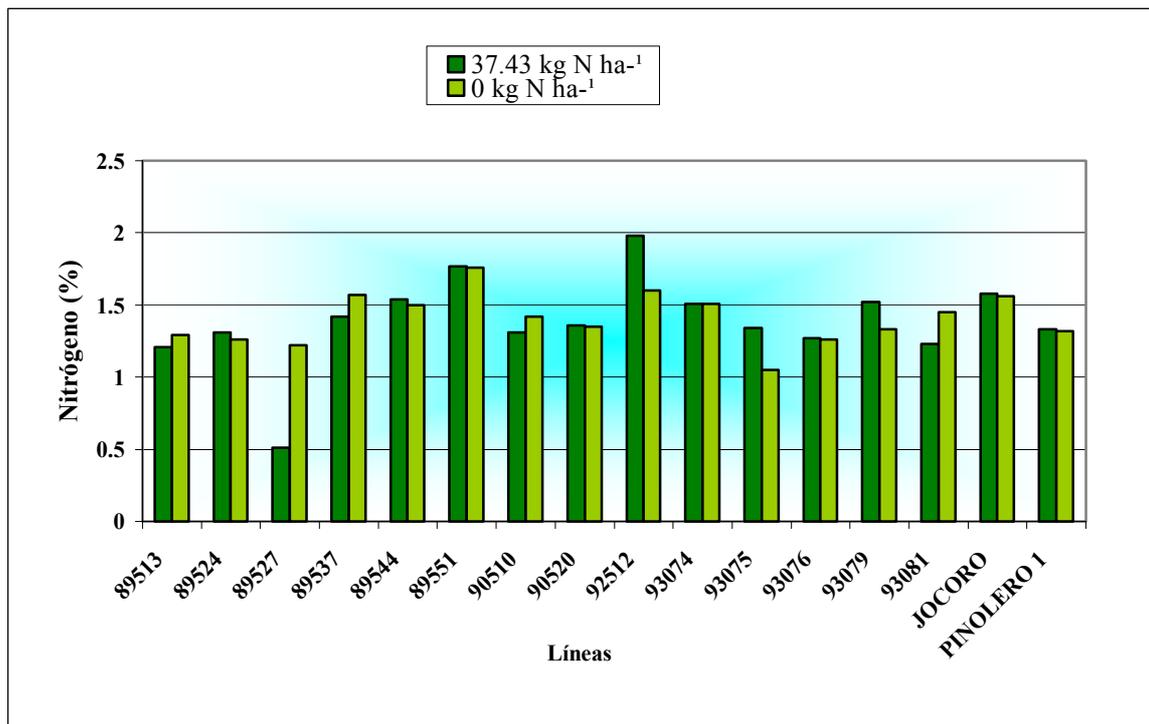
#### 4.2.7. Nitrógeno en el grano (%)

El Nitrógeno es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos orgánicos minerales de la planta (Domínguez, 1997).

El grano de sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana como en la alimentación de animales, teniendo este una composición de 7.9% proteína, 70.2% almidón, 3.3% grasa, 2.4% fibra y 16.2% de vitaminas y minerales (Somarriba, 1997). En los análisis realizados la línea que obtuvo el mayor porcentaje de nitrógeno en grano al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM-92512 con 1.9%, seguido por ICSVLM-89551 con 1.8% y JOCORO con 1.6%, presentando menor porcentaje ICSVLM-89527 con 0.5% de nitrógeno en el grano

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-89551 con 1.7% obtuvo el mayor resultado, seguido por ICSVLM-89537; ICSVLM-92512 y JOCORO con 1.6%, fue disminuyendo sucesivamente obteniendo el menor resultado ICSVLM-93075 con 1.1% de nitrógeno en grano.

La figura (4), muestra que el mayor porcentaje de nitrógeno en el grano con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup>, lo obtuvo la línea ICSVLM-89551 con 1.7%. Las líneas ICSVLM-89513; ICSVLM-89527; ICSVLM-89537; ICSVLM-90510; ICSVLM-93081, aunque con concentraciones más bajas, estas presentaron porcentajes más altos que el nivel 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>, lo que permite concluir que estas tienen una alta capacidad no solo de absorber nitrógeno del suelo (N nativo), sino también, de traslocar el nitrógeno hacia el grano aparentando ser eficientes al traslocar el nitrógeno que obtienen del suelo.



**Figura 4.** Concentración de N (%) 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 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).

Según los resultados obtenidos la línea que alcanzó la mayor acumulación de nitrógeno en el grano al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> fue ICSVLM – 92512 con 64.3 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por JOCORO con 58.5 kg ha<sup>-1</sup>, ICSVLM-89537 con 56.0 kg ha<sup>-1</sup> e ICSVLM-89551 con 53.5 kg ha<sup>-1</sup>, disminuyendo sucesivamente obteniendo la menor acumulación ICSVLM – 89527 con 16.6 kg ha<sup>-1</sup>.

Con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> JOCORO con 34.4 kg ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor resultado, seguido por ICSVLM – 92512 con 32.7 kg ha<sup>-1</sup>, presentando menor valor la línea ICSVLM – 90520 con 17.7 kg ha<sup>-1</sup>.

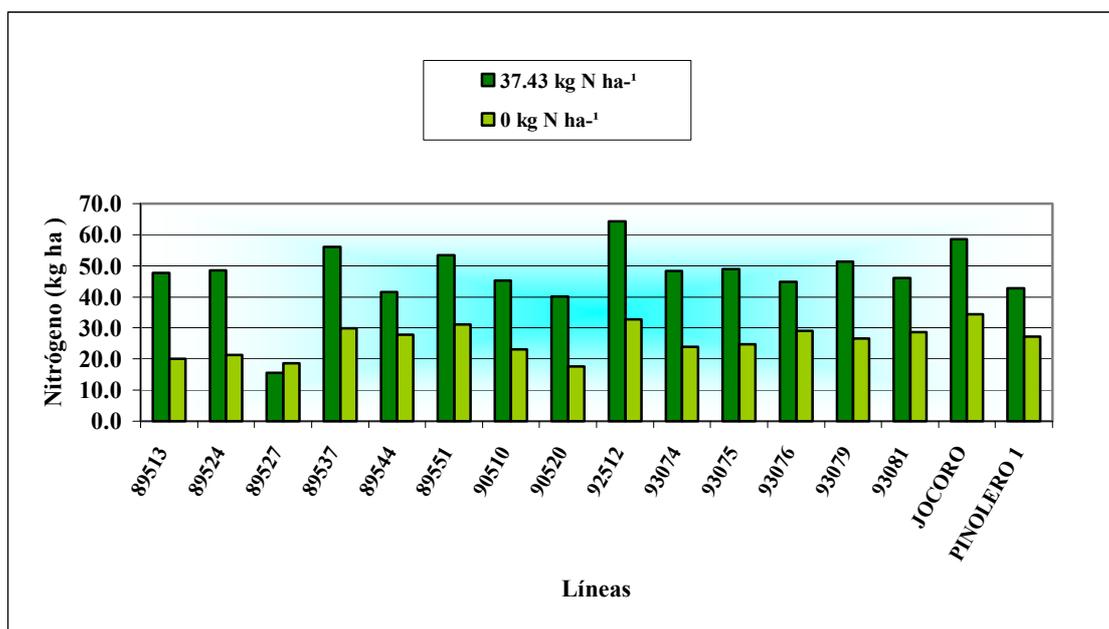


Figura 5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización.

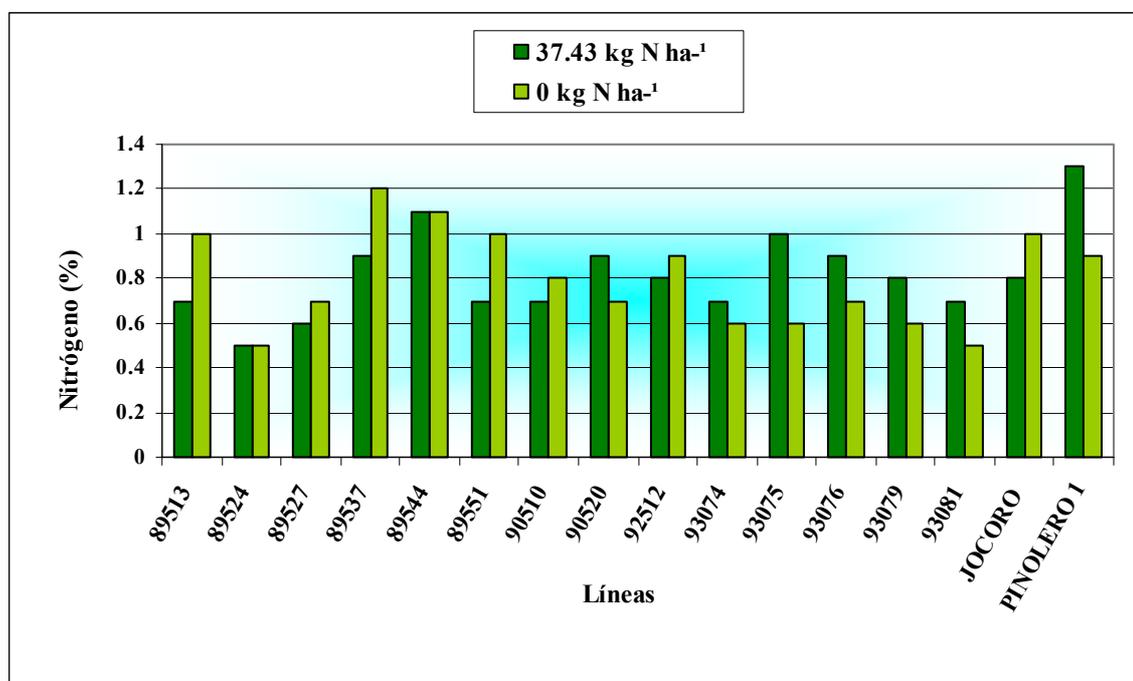
#### 4.2.9. Nitrógeno en la panoja (%)

Según el INTA (1995), la disponibilidad de nitrógeno es esencial para la formación de panoja debido a que este elemento induce a obtener una buena estructura de la misma.

La panoja es corta o larga, suelta y abierta, puede tener de 4 a 25 cm. de largo, de 2 a 20 cm. de ancho y llevar de 400 a 800 granos (Compton, 1990).

Según los resultados obtenidos, la línea que obtuvo el mayor porcentaje de nitrógeno en la panoja al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> fue PINOLERO 1 (testigo) con 1.3%, seguido por ICSVLM-89544 con 1.1%, presentando menor resultado en este nivel la línea ICSVLM-89524 con 0.5% de nitrógeno en la panoja.

Para el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> la mayor concentración de nitrógeno en la panoja la obtuvo la línea ICSVLM-89537 con 1.2%, seguido por ICSVLM-89544 con 1.1% de nitrógeno; y fue decreciendo, resultando en último lugar ICSVLM-89524 e ICSVLM-93081 con 0.5% de nitrógeno en la panoja.



**Figura 6.** Concentración de nitrógeno (%) en la panoja para cada línea y nivel de fertilización.

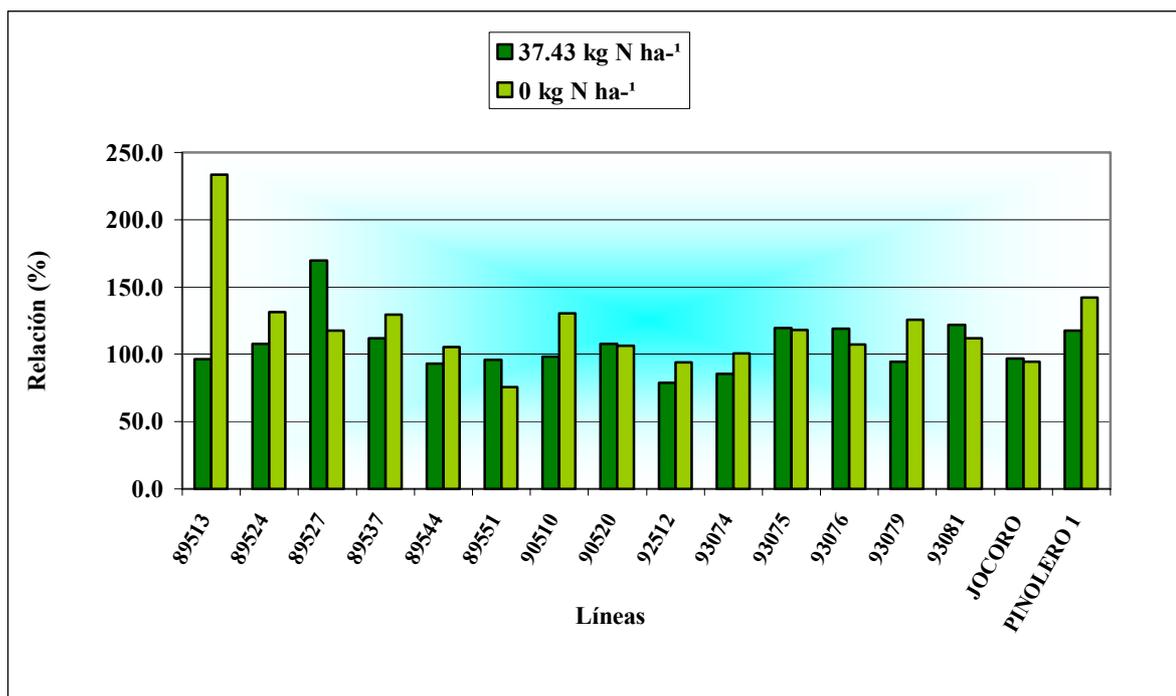
#### 4.2.10. Relación de eficiencia

Es la relación entre el rendimiento total y el porcentaje de nitrógeno total.

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 raquítica, la planta adquiere poco desarrollo y las hojas son pequeñas, la deficiencia de nitrógeno da lugar a una maduración acelerada con frutos pequeños y poca calidad de follaje, lo que se traduce en rendimiento escaso.

Según los análisis realizados la línea que obtuvo la mayor relación de eficiencia al aplicarle  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  fue ICSVLM-89527 con  $169.8 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido por ICSVLM-93081 con  $121.7 \text{ kg ha}^{-1}$ , ICSVLM-93075 con  $119.6 \text{ kg ha}^{-1}$ , ICSVLM-93076 con  $119.2 \text{ kg ha}^{-1}$ , PINOLERO 1 con  $117.9 \text{ kg ha}^{-1}$  e ICSVLM-89537 con  $111.8 \text{ kg ha}^{-1}$  presentando el menor resultado la línea ICSVLM-92512 con  $79.0 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Con el nivel  $0 \text{ kg N ha}^{-1}$  la línea ICSVLM-89513 con  $233.3 \text{ kg ha}^{-1}$ , obtuvo el mayor resultado, seguido por PINOLERO 1(testigo) con  $142.2 \text{ kg ha}^{-1}$ , disminuyendo sucesivamente obteniendo el menor valor la línea ICSVLM-89551 con  $75.4 \text{ kg ha}^{-1}$ .



**Figura 7.** Relación de eficiencia para cada línea y nivel de fertilización.

#### 4.2.11. Uso eficiente del nitrógeno

El nitrógeno del suelo es el elemento más restrictivo para el desarrollo de los cultivos, por ello, conocer la magnitud de su absorción realizada por la planta es importante debido a que permite estimar la eficiencia de su empleo, así como determinar la eficiencia de la fertilización. (Martínez, 1982).

El uso eficiente de nitrógeno es definido como el rendimiento de grano por unidad de nitrógeno en la planta a la maduración la cual varía entre los ambientes.

Los resultados del uso eficiente de nitrógeno evaluados determinan, que existe repuesta positiva de estas a las aplicaciones de nitrógeno al incrementar su rendimiento con respecto al testigo.

Las líneas ICSVLM-89513, ICSVLM-90520, ICSVLM-89524, ICSVLM-90510 e ICSVLM-93074 presentaron mayores incrementos porcentuales de rendimiento de grano respecto al testigo cuando se les aplicó el nivel  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$ , superándolo en 154.6, 125.2, 119.4, 111.6, y 101.6 % respectivamente. Las líneas ICSVLM-89544 e ICSVLM-93076 reflejaron menores incrementos porcentuales con la aplicación de  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  superando al testigo en 45.2 y 53.7% respectivamente.

La proporción del incremento del rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado muestra que las líneas ICSVLM-89513, ICSVLM-89537 e ICSVLM-89524 obtiene mayor proporción de incremento en el rendimiento con el nivel  $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$  esto hace indicar que estas líneas hacen mejor uso del nitrógeno aplicado. Las otras líneas presentaron menores proporciones.

El rendimiento de granos obtenido para cada una de las variedades con cada uno de los niveles de nitrógeno aplicados, expresaron diferentes proporciones con relación a la producción de grano obtenido por kilogramo de nitrógeno aplicado.

Tabla 10. Uso eficiente del nitrógeno por las líneas de sorgo en estudio con relación al incremento del rendimiento de grano por kg de N aplicado

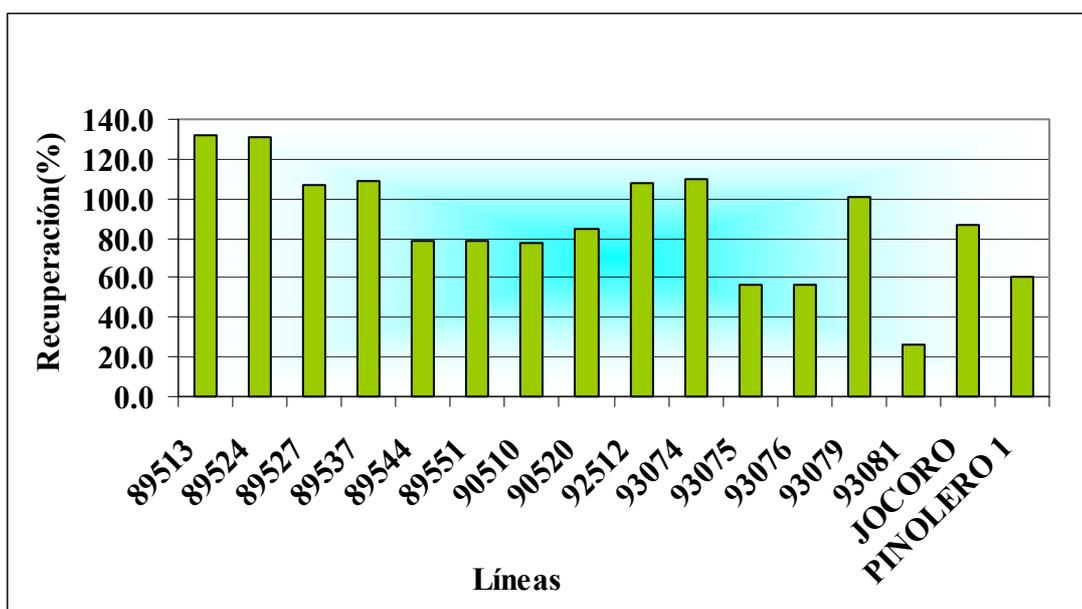
Líneas/ Dosis	Rendimiento de grano obtenido (kg ha <sup>-1</sup> ).		Incremento del rendimiento con respecto al testigo (%)	Incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )
	0 kg N ha <sup>-1</sup>	37.43 kg N ha <sup>-1</sup>		
ICSVLM-89513	1547.0	3939.0	154.6	63.9
ICSVLM-89524	1692.0	3717.0	119.4	54.1
ICSVLM-89527	1521.0	3053.0	100.7	40.9
ICSVLM-89537	1902.0	3943.0	107.3	54.5
ICSVLM-89544	1855.0	2694.0	45.2	22.4
ICSVLM-89551	1771.0	3021.0	70.6	33.3
ICSVLM-90510	1630.0	3449.0	111.6	48.5
ICSVLM-90520	1310.0	2950.0	125.2	43.8
ICSVLM-92512	2046.0	3247.0	58.7	32.1
ICSVLM-93074	1588.0	3202.0	101.6	43.1
ICSVLM-93075	2361.0	3660.0	55.0	34.7
ICSVLM-93076	2303.0	3539.0	53.7	33.0
ICSVLM-93079	2001.0	3377.0	68.7	36.8
ICSVLM-93081	1976.0	3743.0	89.0	47.2
JOCORO	2207.0	3701.0	67.7	39.9
PINOLERO 1	2060.0	3219.0	56.2	30.9

#### 4.2.12. Eficiencia de recuperación.

Urquiaga y Zapata (2000), expresa que, la eficiencia de recuperación del N- fertilizante por las plantas (ERNF), expresa la proporción del N aplicado como fertilizante (N-fertilizante) que fue recuperado (absorbido) por determinado cultivo o variedad (genotipo).

La figura 9 muestra que las líneas que obtuvieron la mayor eficiencia de recuperación fueron ICSVLM-89513, 89524, 93074, 89537 y 92512 con 132.3, 130.5, 109.9, 109.0 y 107.6 kg ha<sup>-1</sup>, obteniendo los menores resultados ICSVLM-93076, 93075 y 93081 con 56.4, 56.1 y 26.5 kg ha<sup>-1</sup> con la dosis 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>.

Cabe señalar que la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenada depende de la dosis de fertilización empleada.



**Figura 8.** Eficiencia de recuperación para cada línea con el nivel 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>

## V. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos en esta investigación sobre 15 líneas de sorgo y la variedad PINOLERO 1 y dos dosis de fertilización nitrogenada se considera lo siguiente:

- ❖ La línea ICSVLM-93079 presento la mayor altura con 105.0 cm., la línea ICSVLM-93081 presento el mayor diámetro con 21.3 mm. y las líneas ICSVLM-89524, 89527, 89544 y JOCORO presentaron el mayor número de hojas con 13 hojas.
- ❖ Las líneas ICSVLM-90512 e ICSVLM-89544 las que presentaron las mayores longitudes de panoja con 35.7 y 32.6 cm., y las líneas ICSVLM-89551 e ICSVLM-90510 presentaron las mayores longitudes de raquis con 11.6 y 10.4 cm. respectivamente.
- ❖ Se presento significancia estadísticas para ambos factores en las variables biomasa y rendimiento de grano. Hubo interacción significativa entre las líneas y los niveles de aplicación de nitrógeno.
- ❖ La mayor producción de biomasa fue obtenida por las líneas ICSVLM – 89524, 93081 y 89513, con 7501.3, 6598.8 y 6152.0 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente con la aplicación 37.43 kg N ha<sup>-1</sup>, y con 0 kg N ha<sup>-1</sup> los mejores rendimientos lo obtuvieron las líneas ICSVLM-93081 y 89524, con 6445.5 y 5578.8 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.
- ❖ Las líneas ICSVLM–89537, 89513 y 89524 presentaron el mayor rendimiento de grano con la aplicación de 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> en un rango de 3823.0 y 4443.2 kg N ha<sup>-1</sup> y con 0 kg N ha<sup>-1</sup> los mejores rendimientos lo presentaron las líneas ICSVLM- 93079 y 93075 con 2548.7 y 2430.7 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

- ❖ La mayor concentración de nitrógeno en la biomasa la presentó la línea ICSVLM – 89551 con 1.1% con el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> y con 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas ICSVLM- 89513 y 93074 ambas con 0.9%.
- ❖ Los mayores contenido de nitrógeno en el grano lo presentaron las líneas ICSVLM–92512 y 89551 con 1.9, 1.8% al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> y con 0 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas ICSVLM-89551, 89537 y 92512 en un rango de 1.6 y 1.7%.
- ❖ La línea que obtuvo el mayor porcentaje de nitrógeno en panoja fue PINOLERO1 (testigo) con 1.3% al aplicarle 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> y con 0 kg N ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM-89537 con 1.2%.
- ❖ Las mayores acumulaciones de nitrógeno en biomasa fueron ICSVLM – 89513, 89524 con 57.2 y 55.5 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> y con 0 kg N ha<sup>-1</sup> las líneas ICSVLM-93081 y 89551 con 46.4 y 41.6 kg ha<sup>-1</sup>.
- ❖ Las líneas que más nitrógeno acumularon en el grano fueron ICSVLM–92512, JOCORO e ICSVLM-89537 con 64.3, 58.5 y 56.0 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación 37.43 kg N ha<sup>-1</sup> y la líneas JOCORO e ICSVLM- 92512 con 34.4 y 32.7 kg ha<sup>-1</sup> con 0 kg N ha<sup>-1</sup>.
- ❖ Las líneas que hacen un mejor uso eficiente del nitrógeno aplicado son ICSVLM - 89513 e ICSVLM–89524.
- ❖ Los mayores rendimientos de grano con respecto al testigo lo presentaron las líneas ICSVLM-89513 e 90520 con 154.6 y 125.2%.
- ❖ La mejor eficiencia de fertilizantes la obtuvieron las líneas ICSVLM-89513, 89537 y 89524 con un rango de 63.9 y 54.1kg ha<sup>-1</sup>.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

- ❖ Realizar este ensayo en otras localidades con diferentes condiciones climáticas y edáficas para comparar los resultados.
  
- ❖ Someter a estudios sobre uso eficiente de nitrógeno, las líneas ICSVLM-93075, 93076, JOCORO, PINOLERO 1 e ICSVLM-92512 que con cero aplicaciones de nitrógeno obtuvieron altos rendimientos.
  
- ❖ Evaluar en estudios posteriores, diferentes niveles de nitrógeno y determinar el nivel con el que se obtienen mejores resultados.
  
- ❖ Por su buen rendimiento de grano y características agronómicas adecuadas, evaluar las líneas ICSVLM-89537, 89513, 89524, 93081, JOCORO, 93075, 93079

## VII. BIBLIOGRAFIA.

- Alemán, F. y Tercero, 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relaciones clima-suelo-planta-hombre), en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 38p.
- Alvarado, N; Muñoz, V. & Cruz. C.1999. Mejoramiento de tres componente del sistema tradicional de producción de ajonjolí (*Sesamun indican* L.) en la variedad Cuyumaqui. UNA-FAGRO .Managua, Nicaragua. Trabajo no publicado.45pag
- Barahona, W. J y Gago, 1996. Evaluación de diferentes practicas culturales en soya (*Glycine max* (L), Merr) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L) y su efecto sobre la cenocis de maleza. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 48p.
- Compton, L. P. 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador. 1, 31, 63,71 y 80 pp.
- Cuadra, R. M. 1998. Efecto de diferentes densidades de siembra y distancia entre hileras sobre el crecimiento desarrollo y rendimiento de sorgo. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 38p.
- Chévez D, M Y Mendoza J, F. 2000. Análisis de sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en nicaragua en función de cambios climáticos. Tesis Ing. Agr. FARENA/UNA. Managua, Nicaragua. 59p.
- Demolón, A. 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 587p.
- Domínguez, V, A.1997. Tratado de Fertilización.Mundi-Prensa. Madrid, España. 44 p.
- Espinoza, A. 1992. Evaluación de generaciones F7 de sorgo para formación de variedades mejoradas en Nicaragua. En XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA. Managua, Nicaragua. 62-63 pp.
- Fuentes, J.L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Mundi-Prensa, Madrid, España. 121-122, 198, 205, 206, 207, 209, 213 pp.
- INETER. (2003). Dirección general de meteorología. Resumen meteorológico diario del 2003. Managua, Nicaragua.
- INTA, 1995. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 14 p.
- INTA, 1999. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 23 p.
- Lang y Mallet. 1986. The effects of tillage system and rate and time of nitrogen application on maize performance on a sandy Avalon Soil. S. Afr. Journal plant. Soil. 4 (3) pp.

- López, J. A y Galeato, A. 1982. Efecto de competencia de distintos estados de crecimiento del sorgo. Publicaciones técnicas N° 25. INTA, Argentina. 20p.
- MAG. (1971). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. Vol. I Parte 2. Levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua. Managua, Nicaragua. pp. 435-439
- MAG. (1996). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Informe anual de granos básicos en Nicaragua. pp 32.
- Maranville, J. W., R.B. Clark & W.M. ROSS. 1998. Nitrogen efficiency in grain Sorghum. J. Plant. Nutri. 2:577-589 pp.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Trillas. México. DF. 129p.
- Miller F, R.1980.Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia.135p.
- Monterrey, C. C ,1997. Dosis y momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados; Efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 31-44 pp.
- Morales, V, M. J. 2002. Comportamiento de generaciones 15 de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. FDR/UNA Managua Nicaragua 47p.
- Pedroza H., 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Managua, Nicaragua. Editora de arte. 230p.
- Phoelman, J. M .1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa, México. 315-321pp.
- Pineda L, L.1997. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instituto Técnico Agropecuario Managua, Nicaragua. 55p.
- Salmeron M, F y García C, L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto Básico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 141 p.
- Somarriba, C. 1998. Granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Escuela de producción vegetal. Managua, Nicaragua. 61-197 pp.
- Urquiaga, S y Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el caribe. Porto Alegre. Génesis. Río de Janeiro, Brasil. 9-21 pp.
- Valle K. y Toledo 2003. Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Zambrano. Tesis. Escuela de producción vegetal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 11p.