



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DE  
NITRÓGENO EN VEINTICUATRO LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum  
bicolor* L. Moench) EN EL MUNICIPIO DE POSOLTEGA,  
DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA, 2003.**

**AUTORES:**

**Br. WILLARD JAMES GREEN CHOW**  
**Br. ALEX FELIPE GONZÁLEZ DUARTE**

**ASESOR:**

**Ing. MSc. LEONARDO GARCÍA CENTENO**

**MANAGUA, NICARAGUA**  
**NOVIEMBRE, 2004.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DE  
NITRÓGENO EN VEINTICUATRO LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum  
bicolor* L. Moench) EN EL MUNICIPIO DE POSOLTEGA,  
DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA, 2003.**

**PRESENTADO A LA CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE TRIBUNAL  
EVALUADOR PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO.**

**AUTORES:**

**Br. WILLARD JAMES GREEN CHOW  
Br. ALEX FELIPE GONZÁLEZ DUARTE**

**ASESOR:**

**Ing. MSc. LEONARDO GARCÍA CENTENO**

**MANAGUA, NICARAGUA  
NOVIEMBRE, 2004.**

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	4
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivos Específicos	4
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	5
3.1 Descripción del Lugar	5
3.1.1 Ubicación	5
3.1.2 Clima	5
3.1.3 Suelo	6
3.2 Metodología Experimental	6
3.2.1 Descripción del diseño experimental	6
3.2.2 Descripción de los tratamientos	7
3.2.3 Variables evaluadas	8
3.2.4 Procesamiento de datos	9
3.3 Manejo Agronómico	9
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	11
4.1 Variables medidas a la cosecha	11
4.1.1 Altura de planta	11
4.1.2 Longitud de panoja	12
4.1.3 Materia seca producida	14
4.1.4 Cantidad de Nitrógeno presente en la biomasa (%)	16
4.1.5 Cantidad de Nitrógeno presente en el grano (%)	17

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
4.1.6 Rendimiento de grano	19
4.2 Uso Eficiente de Nitrógeno	22
4.2.1 Relación de eficiencia	23
4.2.2 Eficiencia fisiológica	23
4.2.3 Eficiencia de recuperación	24
<b>V. CONCLUSIONES</b>	26
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	28
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	29

## DEDICATORIA

Con mucho **AMOR, RESPETO Y ADMIRACIÓN** dedico el presente trabajo de investigación.

A **DIOS** sobre todo, quien me ha acompañado en todo momento sin dejarme caer e iluminó a personas y las hizo especiales, las cuales confiaron y no escatimaron esfuerzos en el proceso de mi formación.

A mi Madre, **Prof. Amanda Chow Leiva**, quien supo ser padre y madre, con mucho sacrificio, pero también orgullo luchó incesantemente para alcanzar este peldaño en mi vida, sus concejos morales y espirituales, su apoyo académico y económico se convirtieron en mi inspiración.

A mi Hermana **Lic. Flor de María**, por ser tan especial y brindarme su apoyo incondicional, quien junto a mi Hermano **Lic. Selvy William** fueron mis ejemplos de formación profesional a seguir.

A mi Padre **Selvy William Green Haylock** (q.e.p.d.), aunque no estés presente, se que estás muy orgulloso, éste trabajo también es tuyo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera fueron parte de mi formación, con sus concejos, sus palabras de aliento, apoyo académico y económico.

**Willard James Green Chow**

## DEDICATORIA

Le dedico el presente trabajo con mucho **AMOR, RESPETO Y CARIÑO** primeramente a **DIOS** que me llenó de bendiciones para la culminación del mismo.

A mi madre **Emerita Duarte** que ha sido mi guía en el largo trayecto de mi vida y que sin ella no hubiese sido posible llegar hasta donde estoy, a mi esposa e hijo **Judith Vargas de González y Alex Jair González Vargas** por ser mi inspiración para salir adelante en mis metas propuestas.

A mi compañero de tesis **Willard Green Chow** por su apoyo y comprensión durante estos largos años, a la **Familia Castellón Flores** por su apoyo incondicional.

**Alex Felipe González Duarte**

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro profundo y sincero agradecimiento primeramente a **DIOS** por la vida y la sabiduría, por ser nuestro Ángel Guardián cuando mas lo necesitamos.

Al **Ing. MSc. Leonardo García Centeno** por brindarnos su apoyo y confianza con el tema de investigación y la asesoría del mismo.

Al programa **INTSORMIL** por financiar nuestro tema de investigación.

Al Departamento de Becas de la Universidad Nacional Agraria, en especial a la **Lic. Idalia Casco de Oporta**, por su comprensión y apoyo brindado en el transcurso de nuestra carrera.

A los **Docentes** que durante cinco años formaron parte de nuestra integración académica profesional.

A todos nuestros **Amigos y Amigas**, por compartir una larga pero meritoria jornada, que si bien es cierto nos abre las puertas a nuestro futuro. **Muchas gracias Familia, Amigos y Amigas.**

**Willard James Green Chow**  
**Alex Felipe González Duarte**

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Análisis químico del suelo donde se realizó el experimento. CEO Posoltega, 2003.	6
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de los factores en estudio.	7
<b>Cuadro 3.</b> Resultados de la altura de planta (cm). CEO, Posoltega, 2003.	12
<b>Cuadro 4.</b> Resultados de la longitud de panoja (cm). CEO Posoltega, 2003.	14
<b>Cuadro 5.</b> Producción de biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y significancia de los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.	15
<b>Cuadro 6.</b> Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y significancia de los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.	21
<b>Cuadro 7.</b> Efecto de interacción de líneas por niveles de nitrógeno sobre rendimiento de granos en $\text{kg ha}^{-1}$ . CEO, Posoltega, 2003.	22



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Precipitación y temperatura promedios ocurridas de agosto a noviembre, 2003.	5
<b>Figura 2.</b> Contenido de Nitrógeno (%) en la biomasa seca para cada línea y nivel de fertilización.	17
<b>Figura 3.</b> Contenido de Nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización.	18
<b>Figura 4.</b> Relación de eficiencia de nitrógeno para cada línea y nivel de fertilización.	23
<b>Figura 5.</b> Eficiencia fisiológica para cada línea con el nivel 112 kg de N ha <sup>-1</sup> .	24
<b>Figura 6.</b> Eficiencia de recuperación para cada línea con el nivel 112 kg de N ha <sup>-1</sup> .	25

## RESUMEN

La producción de alimentos básicos es una prioridad que está siendo fuertemente investigada en la actualidad, entre éstos se encuentra el sorgo con endosperma blanco que constituye una alternativa viable para el consumo en zonas de escasas precipitaciones. Con el fin de evaluar el comportamiento agronómico y productivo de líneas, se condujo este estudio en el Centro Experimental de Occidente (CEO), ubicado en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega con coordenadas de 12° 33' de latitud norte y 85° 59' de longitud oeste a una elevación de 80 msnm, en suelos de textura franco-arenosa en la época de postrera comprendida de septiembre a diciembre de 2003. Se utilizó un diseño bifactorial en Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los factores evaluados fueron 24 líneas de sorgo y un testigo local (Pinolero 1) con aplicación de fondo de 193.64 kg de completo 12-30-10 ha<sup>-1</sup>, y dos niveles de fertilización nitrogenada 0 y 112 kg de N ha<sup>-1</sup> con UREA 46%, fraccionada en dos aplicaciones. Los resultados reflejan que la mayoría de las variables evaluadas presentan diferencias significativas para ambos factores (A y B) a excepción de la variable altura de planta que no presenta significancia para el factor B, la interacción no tuvo significancia para ninguna variable. El rendimiento de grano mostró diferencias altamente significativas para ambos factores y para la interacción, sobresaliendo la línea SOBERANO con 3271.44 kg ha<sup>-1</sup> para el factor A. En la interacción, los mayores rendimientos de grano se presentaron cuando se aplicó 112 kg de N ha<sup>-1</sup> al suelo, sobresaliendo las líneas ICSVLM\_ 89513, 89524, 93081, 90510, 93074 y SOBERANO con rendimientos de grano entre 4844.08 y 4016.22 kg ha<sup>-1</sup> en orden descendiente. Sin embargo la línea ICSVLM\_90538 con rendimiento de 2847 kg ha<sup>-1</sup> con el nivel cero aplicación de nitrógeno (UREA 46%) logró superar el rendimiento promedio nacional. Las líneas que expresaron un mejor Uso Eficiente de Nitrógeno (UEN) fueron ICSVLM\_89544 con 93.5% de relación de eficiencia, ICSVLM\_93065 con 90% de eficiencia fisiológica e ICSVLM\_89524 con 80.3% de eficiencia de recuperación.

## I. INTRODUCCION

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), ha sido un alimento básico importante en las zonas tropicales, áridas y semiáridas de muchos países del mundo; siendo éste cultivo una de las principales fuentes de energía, proteínas, vitaminas y minerales para millones de habitantes más pobres del mundo (FAO, 1995).

El sorgo, es para los agricultores de Nicaragua un cultivo viejo como productor de grano y usado como sustituto del maíz en la alimentación humana y animal. En la actualidad éste cultivo ha adquirido más importancia debido a su uso en la producción de alimentos concentrados para aves, cerdos y ganado bovino.

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

El INTA (1995), considera diferentes regiones del país como óptimas para el cultivo del sorgo sobresaliendo la región II, III y IV correspondiente a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas.

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 y por ende se presenta la mayor producción de granos, el 38 % del área cultivada y un 40 % de la producción del grano en el ámbito nacional (INTA, 1999).

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce granos 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 noches largas.

La fertilidad natural de la mayoría de los suelos no es suficiente para satisfacer los requerimientos de las variedades mejoradas del sorgo (BNN, 1973). Sin embargo Wild (1992), plantea que las mejoras más significativas han resultado con toda seguridad del mayor empleo de fertilizantes, que han permitido corregir deficiencias de nutrientes en el suelo y han mantenido el mayor rendimiento posible acorde con las variedades.

Las cantidades de fertilizante requeridas para la planta de sorgo, varían dependiendo del tipo y las condiciones del suelo. Diagnósticos agronómicos en dicho cultivo realizados por ALMAGRO (1996), indican una gran variabilidad en las cantidades de fertilizantes, las que oscilan entre 25-150 kg ha<sup>-1</sup> de fórmulas completas, sean éstas 12-30-10, 10-30-10 y en otros casos 18-46-0; pero Pineda (1997) recomienda aplicar al momento de la siembra y en el fondo del surco 129 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula 18-46-0 cuando el suelo presenta buen nivel de potasio ó 10-30-10 cuando el nivel es bajo.

El Nitrógeno es uno de los elementos nutritivos esenciales de la planta, su falta de disponibilidad limita probablemente el rendimiento de los cultivos, más que la de cualquier otro elemento. Según Vieira *et al*, (1989) el Nitrógeno juega un papel clave en la etapa de crecimiento vegetativo, floración y formación de frutos, semillas y favorece el macollamiento; durante la fase vegetativa, la actividad central consiste en la formación de nuevos tejidos.

Las cantidades de nitrógeno absorbidas por los cereales alimenticios supera la de cualquier otro nutriente, su movilidad, en las fases líquida y gaseosa pueden ser causas de importantes pérdidas de suelo tras su aplicación como fertilizante. El agricultor debe conocer no sólo la cantidad total de nitrógeno que el cultivo necesita, sino también el periodo en el que más se absorbe para lograr su utilidad máxima (FAO, 1984).

Los suelos de la costa del pacífico derivados de cenizas volcánicas presentan un alto contenido de M.O, la cual tiende a acumularse, permitiendo que los fosfatos sean fijados a los coloides orgánicos. La fijación del fósforo en dichos suelos hacen que la disponibilidad de este elemento para las plantas sea bajo y que el fósforo aplicado como fertilizante sea rápidamente fijado a dichos suelos (Fassbender, 1987).

Actualmente los rendimientos en el grano no satisfacen la demanda interna, esto es debido a problemas en el mal manejo del cultivo MAG (1996), entre los principales factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso de materiales genéticos, condiciones ambientales y practicas de manejo.

Dada la importancia del cultivo del sorgo y su utilización para la producción de granos es conveniente conocer una dosis adecuada de fertilizante nitrogenado para cada línea, su influencia sobre los componentes del rendimiento y otros parámetros agronómicos como son altura de planta, longitud de la panoja, biomasa seca producida, nitrógeno en biomasa, nitrógeno en grano y Uso Eficiente de Nitrógeno para así obtener mayor y mejor conocimiento sobre dicha respuesta.

Con el fin de evaluar el comportamiento agronómico y productivo de veinticuatro líneas de sorgo en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega, se realizó el presente trabajo de investigación proponiéndose los siguientes objetivos.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico y Uso Eficiente de Nitrógeno en veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar líneas con buen comportamiento agronómico en base a caracteres de crecimiento y rendimiento bajo condiciones ecológicas en Posoltega, Chinandega.
- Determinar el Uso Eficiente de Nitrógeno: relación de eficiencia, eficiencia fisiológica y eficiencia de recuperación y recomendar para estudios posteriores las líneas que expresen mejores resultados.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del Lugar

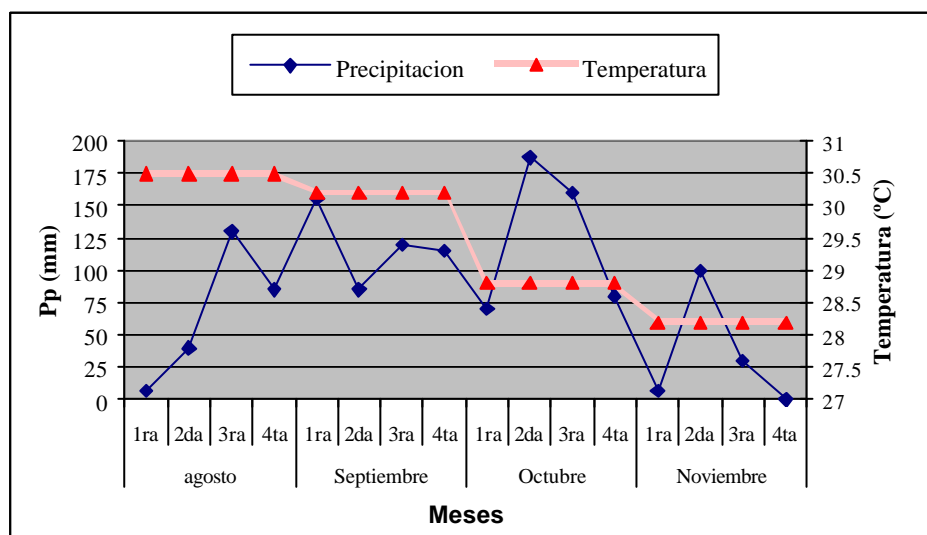
##### 3.1.1 Ubicación

El ensayo se estableció en el Centro Experimental de Occidente (CEO), ubicado en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega, cuyas coordenadas son 12°33' de latitud norte y 85°59' de longitud oeste, con una elevación de 80 metros sobre el nivel del mar (msnm).

La zonificación ecológica según la clasificación de Holdridge (1982) es del tipo bosque subtropical seco, actualmente es una llanura sin bosque.

##### 3.1.2. Clima

El clima se caracteriza por tener una precipitación media anual de 1200 a 2000 mm y una temperatura media anual de 26-28<sup>0</sup> C. La humedad relativa ambiental oscila entre 70 y 80 %. El ensayo se estableció en la época de postrera en el periodo comprendido de septiembre a diciembre del 2003, con las siguientes condiciones climáticas ocurridas durante ese periodo.



**Figura 1.** Precipitación y temperaturas promedio ocurridas de agosto a noviembre, 2003.

### 3.1.3 Suelo

Los suelos del CEO pertenecen a la Serie Ingenio (S.I), constituidos de textura franco-arenosa de origen volcánico (Andisoles) con topografía plana y ligeramente ondulados, profundos con buen drenaje (MAG, 1971). Los resultados de análisis del suelo en el área donde se estableció el experimento se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Análisis químico donde se realizó el experimento. CEO, Posoltega, 2003.

Localidad	pH	%		ppm		meq/100 g de suelo	Textura
	H2O	M.O	N	P	K		
CEO	7.1	1.37	0.07	54.5	1.45	Fco. Are.	

Fuente: Laboratorio de suelos y agua. UNA, 2003.

## 3.2 Metodología Experimental

### 3.2.1 Descripción del diseño experimental

En el establecimiento del ensayo se utilizó un Diseño Bifactorial en Bloques Completos al Azar (B.C.A) con 4 repeticiones; cada parcela constituida por 6 surcos de 5 m de largo y 0.6 m entre ellos, para un área de 18 m<sup>2</sup> por parcela, y se utilizó los 4 surcos centrales como parcela útil para realizar los muestreos de las variables evaluadas, cada repetición contiene 25 parcelas, es decir un área de 450 m<sup>2</sup> lo que corresponde a 1800 m<sup>2</sup> en las cuatro repeticiones. En cada parcela se estableció una línea en estudio tanto fertilizada como sin fertilizar. El área entre parcelas fue de 1 y 2 m entre bloques, lo que suma un área de 1164 m<sup>2</sup> de espacios libres dentro del experimento para un área total de 2964 m<sup>2</sup> del ensayo.



**Cuadro 2.** Descripción de los factores en estudio.

Factor A: Líneas evaluadas			
1.	ICSVLM_89503	14.	ICSVLM_93065
2.	ICSVLM_89513	15.	ICSVLM_93074
3.	ICSVLM_89524	16.	ICSVLM_93075
4.	ICSVLM_89527	17.	ICSVLM_93076
5.	ICSVLM_89537	18.	ICSVLM_93077
6.	ICSVLM_89544	19.	ICSVLM_93079
7.	ICSVLM_89551	20.	ICSVLM_93081
8.	ICSVLM_90509	21.	ICSR 939
9.	ICSVLM_90510	22.	JOCORO
10.	ICSVLM_90520	23.	RCV
11.	ICSVLM_90538	24.	SOBERANO
12.	ICSVLM_92512	25.	PINOLERO (testigo)
13.	ICSVLM_92522		
Factor B: Niveles de fertilización de N ha <sup>-1</sup>			
1	112 kg de N ha <sup>-1</sup>	2	0 kg de N ha <sup>-1</sup>

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

La línea ICSR, quiere decir ICRISAT Sorghum línea R y su origen es del ICRISAT de la India y fue generada para formar híbridos, JOCORO, RCV y SOBERANO son variedades comerciales 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, los días a floración a los 64 días después de la germinación, excerción y tamaño de la panoja 10 y 30 cm respectivamente, días a la cosecha 110 con un potencial genético de 4852 kg ha<sup>-1</sup> (75 qq mz<sup>-1</sup>).

### 3.2.2 Descripción de los tratamientos

Para cada línea en estudio incluyendo al testigo (PINOLERO) los tratamientos utilizados fueron dos niveles de fertilización (con fertilizante y sin fertilizantes), en el caso de las que llevan fertilización se aplicó al momento de la siembra 23 kg de Nitrógeno (N) ha<sup>-1</sup>, 58 kg de Fósforo (P) ha<sup>-1</sup> y 19 kg de Potasio (K) ha<sup>-1</sup> haciendo uso de la fórmula completa 12-30-10; posteriormente se aplicó 89 kg de N ha<sup>-1</sup> utilizando Urea 46 % fraccionada de la siguiente manera: 50 % a los 30 días después de la siembra (dds) y 50 % a los 45 dds. En el segundo tratamiento (sin fertilizante) no se aplicó absolutamente ningún fertilizante.

### 3.2.3 Variables evaluadas

Al momento de la cosecha se midieron los siguientes parámetros, tomando 10 plantas al azar de la parcela útil.

- Altura de la planta (cm): Tomada desde la superficie del suelo hasta la última hoja formada.
- Longitud de la panoja (cm): Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma.
- Biomasa seca producida (kg ha<sup>-1</sup>): Se registró el peso fresco, posteriormente se introdujo al horno por 72 horas a una temperatura de 65° C (grados Celsius).
- Cantidad de Nitrógeno presente en la biomasa (%): De la misma muestra tomada para determinar biomasa seca producida, se llevó una muestra homogeneizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método semi-micro Kjeldhal.
- Cantidad de Nitrógeno presente en el grano (%): Del sorgo cosechado se tomó una muestra homogeneizada, se llevó al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano utilizando el método anterior.

- Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): Después de cosechadas las parcelas individuales, se les determinó el porcentaje de humedad, posteriormente se desgranó la panoja y se ajustó el rendimiento al 14 % de humedad, se pesó y se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

- Uso eficiente del Nitrógeno:

Para la relación de eficiencia se utilizó la fórmula:

$$\text{UEN} = \frac{\text{Rendimiento } \text{kg ha}^{-1} (\text{Biom} + \text{Gran})}{\text{N Total } \text{kg ha}^{-1} (\text{Biom} + \text{Gran})}$$

Para la Eficiencia Fisiológica:

$$\text{EF} = \frac{\text{Rend. } \text{kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biom + Gran)} - \text{Rend. } \text{kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biom + Gran)}}{\text{N kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biom + Gran)} - \text{N kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biom + Gran)}}$$

Para la Eficiencia de Recuperación:

$$\text{ER} = \frac{\text{N kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biom + Gran)} - \text{N kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biom + Gran)}}{112} * 100$$

112

Donde:

UEN : Uso Eficiente de Nitrógeno

Biom : Biomasa

Gran : Grano

N : Nitrógeno

EF : Eficiencia Fisiológica

ER : Eficiencia de recuperación

C/N : Con Nitrógeno

S/N : Sin Nitrógeno

112 : Dosis de  $\text{N ha}^{-1}$  aplicado en el nivel 1 del factor B

### 3.2.4 Procesamiento de datos

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 5 % de probabilidad, utilizando el paquete de diseños experimentales Olivares (1994).

### 3.3 Manejo Agronómico

La preparación de suelo se realizó con tracción animal (bueyes), se inició con la limpieza del terreno, rayado y surcado para proceder a la siembra de forma manual a chorrillo el 4 de septiembre del 2003. Veinte días después de la siembra (dds) se hizo el raleo, dejando aproximadamente 15 plantas por metro lineal, obteniendo 250,000 plantas por hectárea aproximadamente.

En el tratamiento fertilizado se realizó aplicando al momento de la siembra 23 kg de N ha<sup>-1</sup>, 58 kg de P ha<sup>-1</sup> y 19 kg de K ha<sup>-1</sup> de la fórmula completa 12-30-10, posteriormente se aplicó la fertilización nitrogenada Urea 46 % (89 kg de N ha<sup>-1</sup>), el primer 50 % a los 30 dds y el otro 50 % a los 45 días dds. El desmalezado se realizó con azadón al mismo tiempo que la segunda aplicación de Urea al 46 %.

La cosecha se realizó de forma manual a la madurez fisiológica del cultivo. Durante el ciclo del cultivo, no se presentaron ataques de plagas y enfermedades por lo que no fue necesario realizar ninguna medida fitosanitaria.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables medidas a la cosecha

#### 4.1.1 Altura de la planta

La altura de la planta del sorgo, es considerada como un factor de suma 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 & Galeato, 1982). Según Morales (2002) alturas de plantas de 160 a 170 cm son óptimas para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores de 190 cm traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.

La variable altura de planta, según el ANDEVA indica que no existe significancia para el factor A, un efecto altamente significativo para el factor B y no existe significancia para la interacción.

En el Cuadro 3 se indica que no existe variabilidad de importancia significativa en la variable altura de planta para las líneas en estudio, sin embargo la línea ICSVLM\_92522 obtuvo la mayor altura con 152 cm y la línea ICSVLM\_89513 obtuvo la menor altura con 117.75 cm, estableciéndose una media general de 130.54 cm, muy cercano a la altura que obtuvo el testigo utilizado (PINOLERO) con 132 cm.

Respecto a los análisis obtenidos en la variable altura de planta ninguna de las líneas cumple lo planteado por Morales (2002) con respecto a la cosecha mecanizada, ya que presentan alturas menores a las referidas.

Para el factor B el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup> alcanzó la mayor altura con 144.84 cm y con menor altura el nivel 0 aplicación con 128.42 cm.

Respecto a los resultados obtenidos de la variable evaluada, según López & Galeato, (1982) es necesario una mayor aplicación de fertilizante Nitrogenado

para incrementar la altura de estas, ya que éste elemento tiene mayor influencia sobre el crecimiento vegetal.

**Cuadro 3.** Resultados de la altura de la planta (cm). CEO, Posoltega, 2003.

Factor A: Líneas	A la cosecha.
ICSVLM_89503	142.25
ICSVLM_89513	117.75
ICSVLM_89524	146.75
ICSVLM_89527	151.75
ICSVLM_89537	142.38
ICSVLM_89544	137.50
ICSVLM_89551	129.63
ICSVLM_90509	133.38
ICSVLM_90510	125.00
ICSVLM_90520	133.13
ICSVLM_90538	147.50
ICSVLM_92512	139.25
ICSVLM_92522	152.00
ICSVLM_93065	138.63
ICSVLM_93074	131.88
ICSVLM_93075	144.13
ICSVLM_93076	133.13
ICSVLM_93077	129.38
ICSVLM_93079	131.13
ICSVLM_93081	130.00
ICSR 939	128.13
JOCORO	131.88
RCV	138.75
SOBERANO	147.88
PINOLERO (testigo)	132.00
ANDEVA	0.077
C.V %	14.60
Factor B: kg de N ha <sup>-1</sup> .	
b <sub>1</sub> : 112 kg de N <sup>-1</sup> ha.	144.84 a
b <sub>2</sub> : 0 kg de N ha <sup>-1</sup> .	128.42 b
ANDEVA	0.000
C.V %	14.60

#### 4.1.2 Longitud de panoja

La longitud de la panoja es un componente fundamental de rendimiento del grano y está en dependencia de los factores ambientales y nutricionales en que se desarrolla el cultivo (Miller, 1980). Monterrey (1997) plantea que las panojas de mayor tamaño poseen mayor número de espiguillas y granos, lo que aumenta el rendimiento.

El ANDEVA realizado, muestra que los resultados promedios de longitud de panoja fueron altamente significativos para el factor A mostrando dos categorías estadísticas, significativo para el factor B y no significativo para la interacción.

Dentro del factor A, el testigo (PINOLERO) presentó la mayor longitud de panoja con 20.75 cm, seguido por ICSVLM\_93079 y JOCORO con 19.88 y 19.25 cm respectivamente, la línea ICSVLM\_89551 obtuvo la menor longitud de panoja con 10.13 cm.

Según lo citado por Monterrey (1997) recomienda usar líneas con mayor longitud de panoja ya que esto aumenta el rendimiento del grano. Sin embargo estos resultados muestran lo contrario; el testigo que obtuvo la mayor longitud de panoja no mostró mayor rendimiento (2559.02 kg ha<sup>-1</sup>), Cuadro 6.

Los resultados obtenidos del factor B, muestran que existe un aumento de tamaño en la panoja cuando se aplican 112 kg de N ha<sup>-1</sup> obteniéndose 15.46 cm, superando respectivamente al nivel 0 aplicación que obtuvo 13.65 cm.

Respecto a los resultados obtenidos en la variable longitud de panoja se cumple lo planteado por Miller (1980).

**Cuadro 4.** Resultado de la longitud de panoja (cm). CEO, Posoltega, 2003

Factor A:Líneas	A la cosecha
PINOLERO (testigo)	20.75 a
ICSVLM_93079	19.88 ab
JOCORO	19.25 ab
ICSVLM_90520	17.50 ab
SOBERANO	17.25 ab
ICSVLM_90538	17.25 ab
ICSVLM_93074	16.25 ab
ICSVLM_93081	16.13 ab
RCV	16.13 ab
ICSVLM_92512	14.75 ab
ICSVLM_89513	14.50 ab
ICSVLM_93065	14.13 ab
ICSVLM_93077	14.13 ab
ICSVLM_93076	14.00 ab
ICSVLM_93075	13.75 ab
ICSR 939	13.13 ab
ICSVLM_90509	12.63 ab
ICSVLM_89527	12.38 ab
ICSVLM_89537	12.12 ab
ICSVLM_89544	12.13 ab
ICSVLM_89524	11.75 ab
ICSVLM_90510	11.63 ab
ICSVLM_89503	11.63 ab
ICSVLM_92522	10.75 ab
ICSVLM_89551	10.13 b
ANDEVA	0.005
C.V %	39.49
<b>Factor B: kg de N ha<sup>-1</sup></b>	
b <sub>1</sub> : 112 kg de N ha <sup>-1</sup> .	15.46 a
b <sub>2</sub> : 0 kg de N ha <sup>-1</sup> .	13.65 b
ANDEVA	0.026
C.V %	39.49

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$ )

#### 4.1.3 Materia seca producida

Según MAG (1991) e INTA (1999) señalan que los tallos y el follaje que produce el sorgo se utilizan como alimento para el ganado en época seca, siendo la materia seca producida importante para la alimentación del ganado en lugar y tiempo de escasez de alimento.



La tasa de producción de materia seca en el sorgo es afectada fuertemente por el área (densidad poblacional) en la etapa de crecimiento y desarrollo de la planta (Compton, 1990).

Según el ANDEVA, el Cuadro 5 muestra que la variable evaluada tiene efecto significativo para el factor A, altamente significativo para el factor B y no significativo para la interacción. La separación de medias presenta dos categorías para el factor A y dos categorías para el factor B.

Para el factor A la línea que obtuvo el mayor rendimiento de MS fue ICSVLM\_89524 con 5254.50 kg ha<sup>-1</sup> y la que obtuvo menor rendimiento fue la línea ISCVLM\_93081 con 2030.80 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 5.** Producción de biomasa seca (kg ha<sup>-1</sup>) y significancia de los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.

Factor A: Líneas	Biomasa seca (kg ha <sup>-1</sup> .)
ICSVLM_89524	5264.50 a
ICSVLM_90520	4138.25 ab
SOBERANO	4137.00 ab
ICSVLM_90538	4005.63 ab
ICSR 939	3996.13 ab
ICSVLM_89537	3932.38 ab
RCV	3866.50 ab
ICSVLM_93065	3845.25 ab
ICSVLM_90510	3702.63 ab
ICSVLM_90509	3698.13 ab
ICSVLM_89513	3697.75 ab
ICSVLM_89544	3499.00 ab
ICSVLM_93079	3479.38 ab
ICSVLM_93075	3443.25 ab
ICSVLM_89551	3303.25 ab
ICSVLM_93074	3264.63 ab
ICSVLM_93077	3264.38 ab
JOCORO	3006.75 ab
ICSVLM_93076	2946.50 ab
ICSVLM_89527	2875.25 ab
ICSVLM_92512	2813.00 ab
ICSVLM_89503	2374.73 ab
PINOLERO (testigo)	2184.50 b
ICSVLM_92522	2114.63 b
ICSVLM_93081	2030.50 b
ANDEVA	0.012
CV %	45.27
Factor B: kg de N ha <sup>-1</sup>	

b <sub>1</sub> : 112 kg de N ha <sup>-1</sup>	3960.28 a
b <sub>2</sub> : 0 kg de N ha <sup>-1</sup>	2827.22 b
ANDEVA	0.000
CV %	45.27

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

Respecto al factor B, la mayor producción de biomasa se obtuvo cuando se aplicó 112 kg de N-P-K ha<sup>-1</sup>, con 3960.28 kg ha<sup>-1</sup>, obteniendo menor resultado el nivel 0 aplicación con 2827.22 kg ha<sup>-1</sup>.

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

Los bajos rendimiento obtenidos del nivel 0 aplicación se deben a la no aplicación del elemento Nitrógeno en el suelo disminuyendo el desarrollo vegetativo de la planta (Valle & Toledo, 2003).

#### **4.1.4 Cantidad de Nitrógeno presente en la biomasa (%)**

El nitrógeno absorbido por los cultivos representa un elemento necesario para la multiplicación celular y desarrollo de los órganos vegetales (Demolòn, 1975), además constituye la fuente de proteína en la alimentación animal con lo que a su vez se nutre al hombre (Salmeròn & García, 1994).

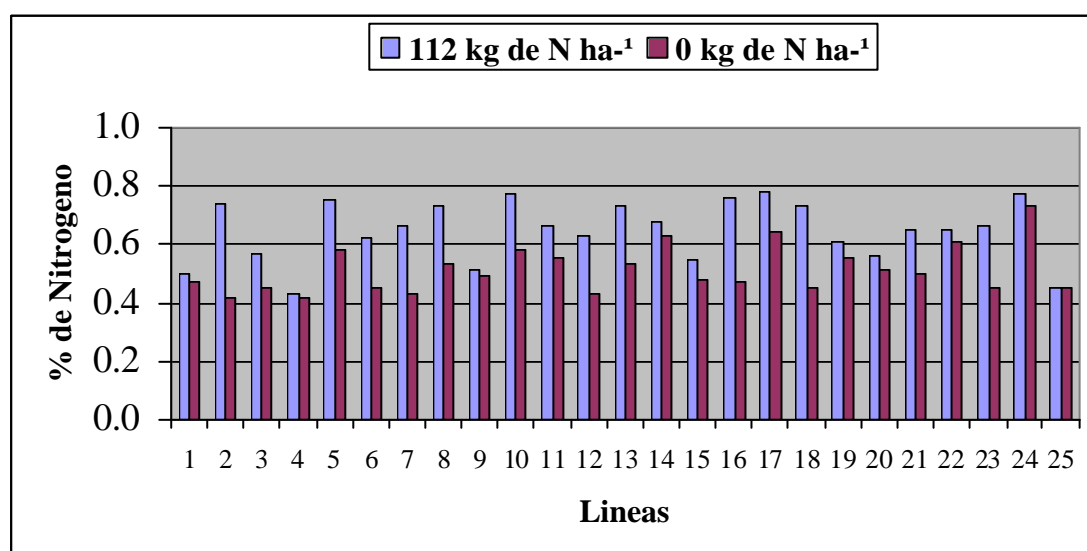
La concentración de Nitrógeno que se almacena en las diferentes partes de la planta, se expresa en porcentaje sobre la materia seca producida (Valle & Toledo, 2003).

Según los resultados obtenidos de las líneas en estudio (Figura 2), la mayor concentración de nitrógeno en biomasa (NB) se obtuvo cuando se aplicó el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, sobresaliendo la línea ICSVLM\_93076 (Nº 17) con 0.78 %, seguido por ICSVLM\_90520 (Nº 10) y SOBERANO (Nº 24) con 0.77 % de nitrógeno, la línea que resultó con la menor concentración fue ICSVLM\_89527 (Nº 4) con 0.43 % de N. Para el nivel 0 kg de N ha<sup>-1</sup>, la

mayor concentración de NB la obtuvo la línea SOBERANO (N° 24) con 0.73 %, seguido por ICSVLM\_93076 (N° 17) y 93065 (N° 14) con 0.64 y 0.63 % de N respectivamente y consecuentemente fue decreciendo, resultando en último lugar las líneas ICSVLM\_89513 (N° 2) y 89527 (N° 4) con 0.43 % de NB seca.

Se observa claramente que algunas líneas tales como ICSVLM\_89503 (N° 1), 89527 (N° 4), 90510 (N° 9), 93065 (N° 14), 93079 (N° 19), 93081 (N° 20) y el testigo PINOLERO (N° 25) presentaron valores similares para esta variable con los niveles 112 y 0 kg de N ha<sup>-1</sup>, esto debido a que algunas de las líneas en estudio, no son exigentes al elemento nitrógeno, es decir éstas son capaces de realizar todas sus funciones con nutrientes existentes en el suelo.

Este hecho ejerce cierta importancia, sobre todo cuando los restos de cosecha son reincorporados al suelo, obteniéndose de esta manera una removilización de nutrientes de horizontes inferiores hacia horizontes superiores, aumentándose las reservas de nutrientes en las capas superficiales, lo que proporcionará reservas nutricionales en cultivos posteriores (Valle & Toledo, 2003).



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

#### **4.1.5 Cantidad de Nitrógeno presente en el grano (%)**

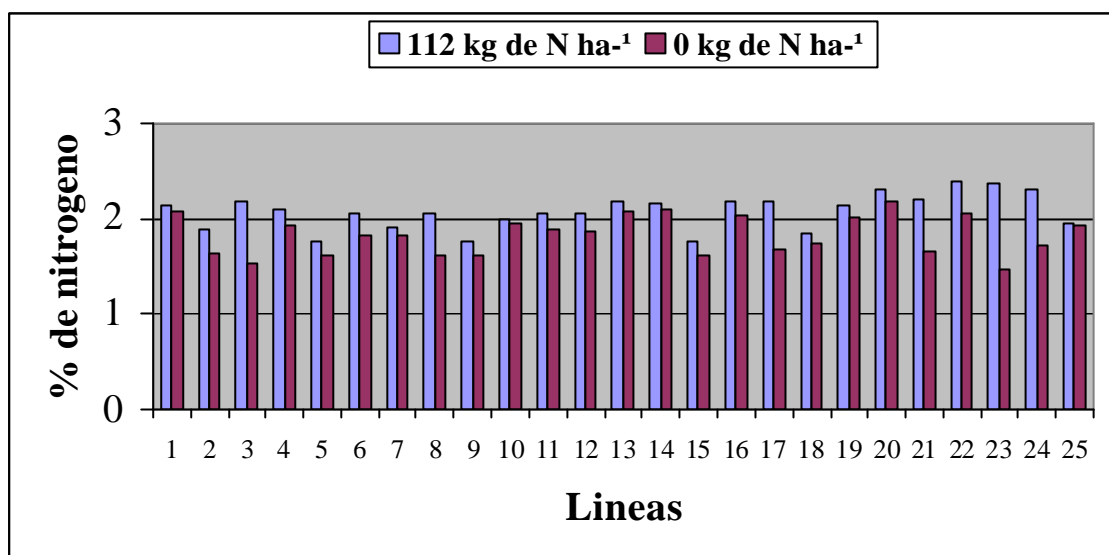
El Nitrógeno juega un papel importante en las plantas, en los cereales su influencia la ejerce aumentando el número de grano por espiga y el elevado peso y tamaño de los granos (Salmeròn & García, 1994).

El grano de 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 vitaminas y minerales (Somarriba, 1997).

En los análisis realizados las líneas que obtuvieron el mayor porcentaje de N en grano al aplicar 112 kg de N ha<sup>-1</sup> fueron JOCORO (Nº 22), RCV (Nº 23), SOBERANO (Nº 24) e ICSVLM\_93081 (Nº 20) con 2.4, 2.37, 2.31 y 2.3 % de NG respectivamente y presentando menor resultado la línea ICSVLM\_89537 (Nº 5) con 1.76 % de Nitrógeno en el grano (NG).

Con el nivel cero aplicación, la línea ICSVLM\_93081 (Nº 20) con 2.19 % obtuvo el mayor resultado, seguido por ICSVLM\_93065 (Nº 14) con 2.1% e ICSVLM\_92522 (Nº 13) con 2.09 % y fue decreciendo consecuentemente obteniendo el menor resultado RCV (Nº 23) con 1.48 % de NG.

La Figura 3 muestra que para todas las líneas, el porcentaje de nitrógeno en el grano siempre fue mayor cuando se aplicó el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, sin embargo a excepción de las líneas ICSVLM-93076 (Nº 17), ICSR 939 (Nº 21), RCV (Nº 23) y SOBERANO (Nº 24), en las demás líneas se observó que la diferencia entre los dos niveles de fertilización fue mínima, lo que permite concluir, coincidiendo con Valle & Toledo (2003), que estas líneas tienen una alta capacidad no solo de absorber N del suelo (N nativo), sino también de traslocar el nitrógeno hacia el grano.



**Figura 3.** Contenido de Nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización.

#### 4.1.6 Rendimiento de grano

El rendimiento de grano es el principal objetivo a alcanzar en el cultivo de sorgo, y es el resultado de una serie de factores que en su mayoría pueden modificarse en forma artificial (Tapia, 1980). Al respecto Compton (1985) señala que estos factores son biológicos y ambientales los cuales interaccionan entre sí. Sin embargo Reyes & Romero (2003) plantean que el rendimiento del grano también está determinado por la eficiencia que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio, relacionado al potencial genético.

Martínez (1997) asegura que la absorción de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta de sorgo y para su rendimiento final. Salmerón & García (1994), manifestaron que el rol del Nitrógeno sobre los rendimientos varía con las variedades de acuerdo al potencial genético de estas. Espinoza 1992, plantea que para lograr buenos rendimientos de grano las líneas deben tener características agronómicas adecuadas tales como panojas semi-abiertas y longitud superior a los 30 cm.

El análisis de rendimiento de grano según el ANDEVA indica que existe efecto altamente significativo para ambos factores, así como para la interacción entre los mismos, obteniéndose cuatro categorías para el factor A y dos para el factor B.

Dentro del factor A, (Cuadro 6) la línea que obtuvo el mayor rendimiento fue SOBERANO con 3271.44 kg ha<sup>-1</sup> y en último lugar RCV con 1635.33 kg ha<sup>-1</sup>. Del total de líneas evaluadas, el 50 % obtuvieron rendimientos superiores al rendimiento del testigo (PINOLERO) que obtuvo 2559.03 kg ha<sup>-1</sup> lo que indica un buen número de líneas promisorias para trabajo de mejoramiento con altos rendimientos.

En el factor B con la aplicación 112 kg de N ha<sup>-1</sup> se obtuvo el mayor rendimiento de granos con 3276.38 kg ha<sup>-1</sup> superando así al nivel 0 aplicación con 1763.04 kg ha<sup>-1</sup>. Al evaluar el efecto de las interacciones entre los factores (Cuadro 7), se observa que la variable rendimiento mostró efecto altamente significativo, agrupando los tratamientos en siete categorías para las líneas fertilizadas y en tres categorías para las líneas sin fertilizar.

Los resultados de la interacción muestra que el 46 % de las líneas superaron el rendimiento del testigo, lo que las ubica como líneas promisorias para trabajos de uso eficiente de nitrógeno, habiendo obtenido el mayor valor con 4844.08 kg ha<sup>-1</sup> la línea ICSVLM\_89513 con la aplicación de 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, presentando menor rendimiento con el mismo nivel de aplicación la línea RCV con 1935.67 kg ha<sup>-1</sup>. Se observó que con el nivel 0 aplicación, la línea ICSVLM\_90538 fue la que obtuvo el mayor rendimiento (2846.72 kg ha<sup>-1</sup>) y el menor la línea ICSVLM\_89537 con 859.19 kg ha<sup>-1</sup>. No obstante es importante señalar, que las líneas ICSVLM\_90538, 93075, 92512, 93076 y SOBERANO son capaces de producir altos rendimientos solamente con las reservas que cuenta el suelo.

**Cuadro 6.** Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y significancia de los factores en estudios.  
CEO, Posoltega, 2003

Factor A: Líneas	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> .)
SOBERANO	3271.44 a
ICSVLM_89513	3188.71 ab
ICSVLM_93074	3146.46 ab
ICSVLM_92512	3093.06 abc
ICSVLM_89524	3085.83 abc
ICSVLM_93081	3081.39 abc
ICSVLM_90538	2969.98 abc
ICSVLM_90510	2969.44 abc
ICSVLM_90520	2755.83 abcd
ICSVLM_89551	2724.32 abcd
ICSVLM_93075	2685.94 abcd
ICSVLM_93076	2619.63 abcd
PINOLERO (testigo)	2559.03 abcd
ICSVLM_89503	2467.00 abcd
ICSR 939	2416.94 abcd
ICSVLM_89527	2343.74 abcd
ICSVLM_89537	2313.21 abcd
ICSVLM_92522	2221.94 abcd
ICSVLM_90509	2167.30 abcd
ICSVLM_89544	2031.49 bcd
ICSVLM_93077	1962.50 cd
JOCORO	1925.14 cd
ICSVLM_93079	1691.89 d
ICSVLM_93065	1665.25 d
RCV	1635.33 d
ANDEVA	0.000
CV %	26.18
<b>Factor B: kg de N ha<sup>-1</sup></b>	
b <sub>1</sub> : 112 kg de N ha <sup>-1</sup>	3276.38 a
b <sub>2</sub> : 0 kg de N ha <sup>-1</sup>	1763.04 b
ANDEVA	0.000
CV %	26.18

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$ )

**Cuadro 7.** Efecto de interacción de líneas por niveles de Nitrógeno sobre rendimiento

de granos en kg ha<sup>-1</sup>. CEO, Posoltega, 2003.

Tratamientos	112 kg de N ha <sup>-1</sup>	Tratamientos	0 kg de N ha <sup>-1</sup>
ICSVLM_89513	4844.08 a	ICSVLM_90538	2846.72 a
ICSVLM_89524	4531.67 ab	ICSVLM_93075	2580.00 ab
ICSVLM_93081	4407.22 abc	ICSVLM_92512	2577.22 ab
ICSVLM_90510	4233.33 abcd	ICSVLM_93076	2557.02 ab
ICSVLM_93074	4163.34 abcd	SOBERANO	2526.67 ab
SOBERANO	4016.22 abcd	ICSVLM_89551	2183.64 abc
ICSVLM_90520	3955.55 abcde	ICSVLM_93074	2129.58 abc
ICSVLM_89537	3767.22 abcdef	PINOLERO	1991.89 abc
ICSVLM_92512	3608.89 abcdef	ICSVLM_89503	1815.67 abc
ICSR_939	3456.67 abcdefg	ICSVLM_89527	1781.91 abc
ICSVLM_89551	3264.99 abcdefg	ICSVLM_93081	1755.56 abc
PINOLERO	3126.17 bcdefg	ICSVLM_89544	1742.97 abc
ICSVLM_89503	3118.34 bcdefg	ICSVLM_90510	1705.56 abc
ICSVLM_90538	3093.25 bcdefg	ICSVLM_89524	1640.00 abc
ICSVLM_90509	2960.55 bcdefg	ICSVLM_90520	1656.11 abc
ICSVLM_92522	2919.44 bcdefg	ICSVLM_89513	1533.33 abc
ICSVLM_89527	2905.56 bcdefg	ICSVLM_92522	1524.44 abc
ICSVLM_93075	2791.89 cdefg	ICSR_939	1377.22 abc
ICSVLM_93077	2688.89 defg	ICSVLM_90509	1374.05 abc
ICSVLM_93076	2682.22 defg	RCV	1335.00 abc
JOCORO	2659.20 defg	ICSVLM_93077	1236.11 abc
ICSVLM_89544	2320.00 efg	JOCORO	1191.08 bc
ICSVLM_93079	2268.11 fg	ICSVLM_93065	1139.38 bc
ICSVLM_93065	2191.11 fg	ICSVLM_93079	1115.67 bc
RCV	1935.67 g	ICSVLM_89537	859.19 c
ANDEVA	0.000	ANDEVA	0.000



Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey  $\alpha = 0.05$ )

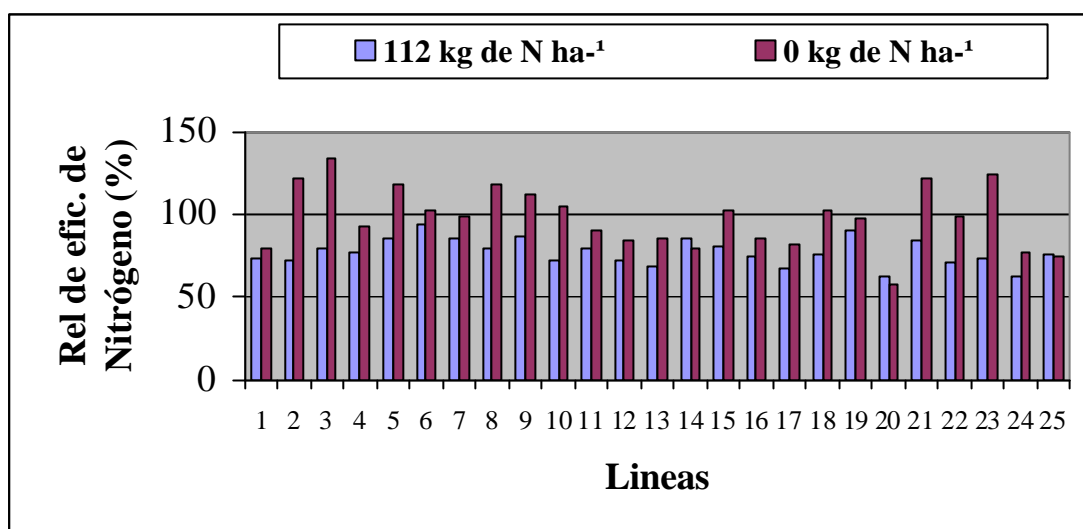
## **4.2 Uso Eficiente de Nitrógeno**

Según Youngquist *et al* (1992), el uso eficiente de Nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que lo describe como la eficiencia de absorción y otra sobre la utilización eficiente del Nitrógeno, siendo ésta última más importante porque describe el uso que la planta hace del fertilizante. La eficiencia de absorción de N, es definida como el total de N contenido en la planta por unidad de fertilizante aplicado, mientras que el Uso Eficiente de Nitrógeno (UEN), es definido como el rendimiento de grano por unidad de N en la planta a la maduración.

De acuerdo a lo anterior la evaluación del UEN es útil para diferenciar lo genotipos por su habilidad de absorber y utilizar el N para lograr rendimientos máximos.

### **4.2.1 Relación de eficiencia**

La Figura 4 muestra que cuando se aplicó 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, las líneas con mayor relación de eficiencia fueron ICSVLM\_89544 (N° 6), 93079 (N° 19), 90510 (N° 9), 89537 (N° 5) y 93065 (N° 14) con 93.5, 90.3, 86.6, 85.6 y 85.3 % respectivamente, habiendo obtenido relación más baja las líneas ICSVLM\_93081 (N° 20) y SOBERANO (N° 24) con 62.2 y 61.9 %. Para el nivel cero aplicación de N ha<sup>-1</sup>, las líneas con mejor relación de eficiencia fueron ICSVLM\_89524 (N° 3), RCV (N° 23), ICSR\_939 (N° 21) e ICSVLM\_89513 (N° 2) con 133.6, 124.7, 121.7 y 121.3 % en el mismo orden y con menor relación de eficiencia la línea ICSVLM\_93081 (N° 20) con 57.9 %.



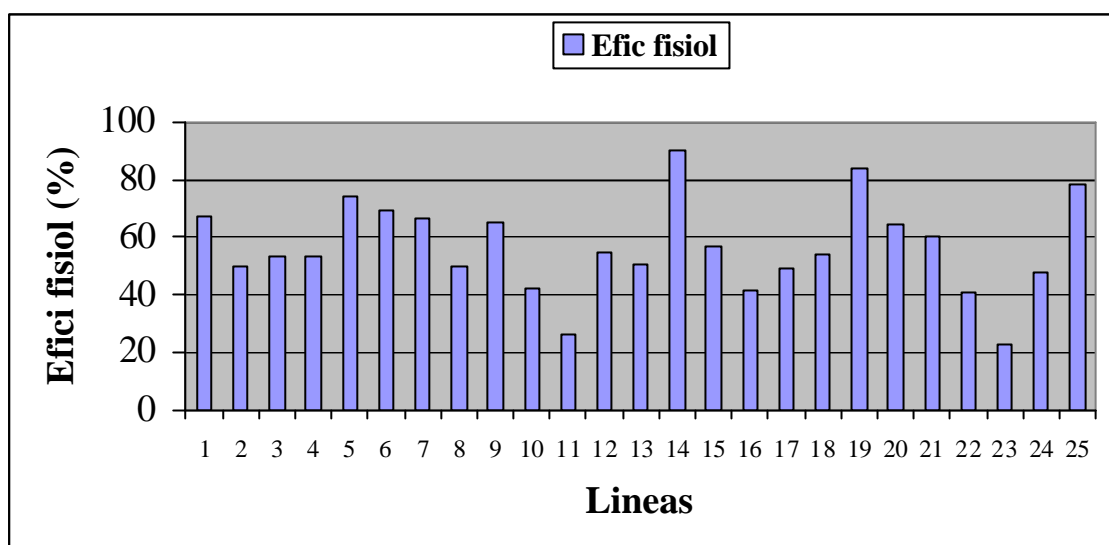
**Figura 4.** Relación de eficiencia de nitrógeno para cada línea y nivel de fertilización.

Se puede apreciar claramente en la Figura 4 que hubo una mayor relación de eficiencia cuando no se aplicó N, lo que indica que las líneas hicieron un uso eficiente del N absorbiendo lo existente en el suelo, en el otro caso para el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup> no es una regla de que todo el nutriente aplicado y el existente en el suelo va a ser absorbido por la planta, esto va en dependencia de procesos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos y su interacción con el ambiente, el fertilizante y las prácticas aplicadas. Sin embargo los mejores rendimientos se obtuvieron con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>. La baja relación de eficiencia se refleja por la cantidad del nutriente.

#### 4.2.2 Eficiencia fisiológica

La eficiencia fisiológica expresa el rendimiento obtenido tanto en biomasa como en grano por unidad de N absorbido por la planta.

Los resultados mostrados en la Figura 5 indican que las líneas que expresan una mejor eficiencia fisiológica son ICSVLM\_93065 (N° 14), 93079 (N° 19), PINOLERO (N° 25) e ICSVLM\_89537 (N° 5) con 90, 84.1, 78.6 y 74 % respectivamente y las líneas con menores resultados ICSVLM\_90538 (N° 11) y RCV (N° 23) con 26.2 y 23.1 %.

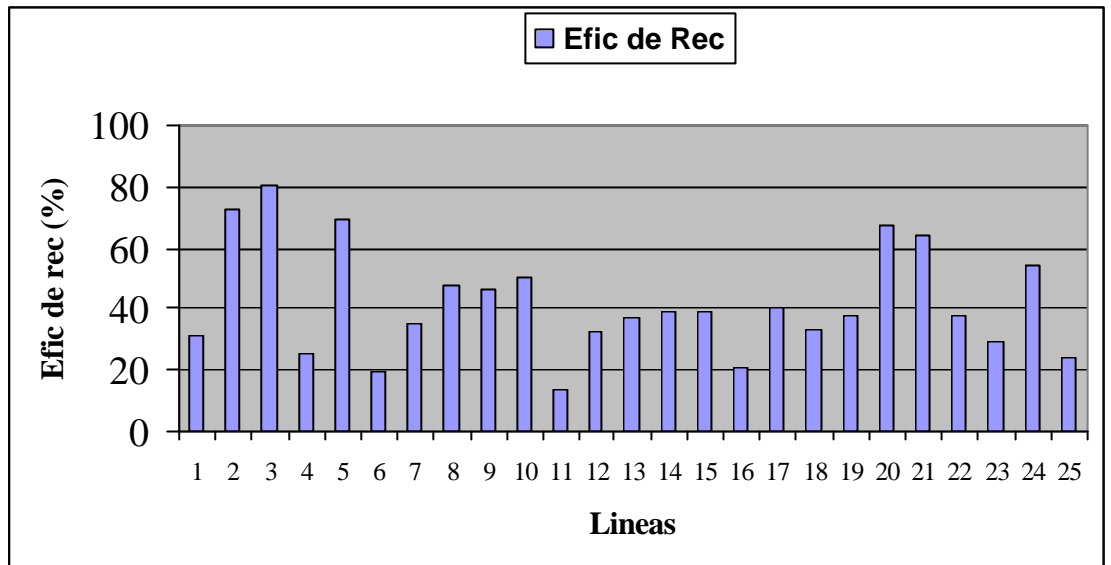


**Figura 5.** Eficiencia fisiológica para cada línea con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.3 Eficiencia de recuperación

La eficiencia de recuperación de N-fertilizante (ERNF) expresa la proporción de nitrógeno aplicado como fertilizante (N-fertilizante) que fue recuperado (absorbida) por determinado cultivo o variedad (genotipo) (Urquiaga & Zapata, 2000).

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 6 se observa la superioridad por parte de la línea ICSVLM\_89524 (N° 3) habiendo obtenido 80.3 % de eficiencia de recuperación, seguido por ICSVLM\_89513 (N° 2), 89537 (N° 5) y 93081 (N° 20) con 72.9, 69.6 y 67.7 % respectivamente y con menor valor las líneas ICSVLM\_89544 (N° 6) y 90538 (N° 11) con 19.6 y 13.6 en el orden.



**Figura 6.** Eficiencia de recuperación para cada línea con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>.

## V. CONCLUSIONES

- La variable altura de planta osciló en todas las líneas entre 117.75 y 152 cm, considerada adecuada para la cosecha mecanizada. Es notoria la influencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento vegetal que superó al nivel cero aplicación.
- La mayor longitud de panoja la obtuvo el testigo (PINOLERO) e ICSVLM\_93079.
- La línea que obtuvo la mayor producción de materia seca fue ICSVLM\_89524, ubicándose como una línea que puede ser utilizada con prioridad para forraje y producción de grano.
- La concentración de NB seca y NG varían con las líneas, obteniendo mayores contenidos las líneas ICSVLM\_93076, ICSVLM\_90520 y SOBERANO con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>; para el nivel 0 kg de N ha<sup>-1</sup> la línea SOBERANO presentó el mayor contenido. Para la concentración de NG se expresaron con mejores resultados las líneas JOCORO, RCV, SOBERANO e ICSVLM\_93081 con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup> y para el nivel 0 kg de N ha<sup>-1</sup> ICSVLM\_93081 obtuvo el mejor resultado en NG.
- Las líneas SOBERANO, ICSVLM\_89513, 93074, 92512, 89524, 93081, 90538, 90510, 90520, 89551, 93075, 93076 presentaron los mayores rendimientos en un rango entre 3271.44 y 2619.63 kg ha<sup>-1</sup> habiendo superado al testigo (PINOLERO) que obtuvo rendimiento de 2559.03 kg ha<sup>-1</sup>, lo que indica un buen número de líneas promisorias para trabajo de mejoramiento con altos rendimientos.

- Para la interacción de líneas con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, el 46 % superaron el rendimiento del testigo (3126.17 kg ha<sup>-1</sup>), sin embargo con el nivel cero aplicación el 30 % de las líneas logró superarlo.
- Las líneas con el mejor Uso Eficiente de Nitrógeno fueron ICSVLM\_89544 y 93079 habiendo obtenido 93.5 y 90.3 % en relación de eficiencia con el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup>, sin embargo la línea ICSVLM\_89524 con 133.6 % obtuvo la mayor relación de eficiencia para el nivel cero aplicación.
- La mejor eficiencia fisiológica fue lograda por la línea ICSVLM\_93065 con 90 % y la más baja por la línea RCV con 23.1 %.
- La línea ICSVLM\_89524 mostró superioridad obteniendo 80.3 % de eficiencia de recuperación, habiendo obtenido el mínimo valor la línea ICSVLM\_90538 con 13.6 %.

## VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar la línea ICSVLM\_89524 por haber obtenido la mejor producción de materia seca y a la vez uno de los mejores rendimientos de grano, para ser utilizada con prioridad para doble propósito (forraje y producción de grano).
- Por su valor en rendimiento de grano, evaluar la línea SOBERANO, ICSVLM\_89513, 93074, 92512, 89524, 9308, 90538, 90510, 89551, 93075 y 93076 por haber superado al testigo (PINOLERO).
- Por la variabilidad genética existente entre las líneas, evaluar aquellas que mostraron superioridad con respecto al Uso Eficiente de Nitrógeno, tales como ICSVLM\_89544 con 93.5 % de relación de eficiencia para el nivel 112 kg de N ha<sup>-1</sup> e ICSVLM\_89524 con 133.6 % para el nivel cero aplicación; ICSVLM\_93065 con 90 % de eficiencia fisiológica e ICSVLM\_89524 con 80.3 % de eficiencia de recuperación.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ALMAGRO.** 1996. Diagnóstico de la producción de sorgo en la zona del pacífico. Documento de Trabajo. Masaya, Nicaragua. 15 p.
- BNN.** 1973. Producción de sorgo granífero en Nicaragua. Managua, Nicaragua. Pág.14.
- Compton L, P.** 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT/CIMMYT. India. 301 p.
- Compton L, P.** 1985. La investigación en sistemas de producción con sorgo en Honduras, aspectos agronómicos. INISORMI/CIMMYT. México, D.F. 37 p.
- Demolòn, A.** 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 587 p.
- Espinoza, A.** 1992. Evaluación de generaciones F7 de sorgo para formación de variedades mejoradas en Nicaragua. En XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA. Managua, Nic. Pág. 62-63.
- Fassbender, H. W.** 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica.
- FAO.** 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Roma, Italia. 197 p.
- FAO.** 1984. Boletín Número 3. Managua, Nicaragua.
- Holdridge, L. R.** 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. 1ª. ed. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- INTA.** 1999. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua.23 p.
- INTA.** 1995. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua.14 p.



- López, J.A. & Galeato, A.** 1982. Efecto de competencia de distintos estados de crecimientos del sorgo. Publicaciones técnicas N° 25. INTA. Argentina. 20 p.
- MAG.** 1996. Información anual de granos básicos en Nicaragua. MAG-FOR. 32 p.
- MAG.** 1991. Guía técnica para la producción de sorgo. Managua, Nic. 32 p.
- MAG.** 1971. Manual práctico para interpretación de los mapas de suelos. Departamento de suelo y dasonomía. Managua, Nicaragua. 39 p.
- Martínez, D.** 1997. Respuesta del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) a la aplicación de fertilizantes a base de elementos mayores (N-P-K). Trabajo de Diploma. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. P. 23.
- Miller F, R.** 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 135 p.
- Monterrey, C. C.** 1997. Dosis y momento de aplicación en fertilizantes nitrogenados: Efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo. Ing. Agr. UNA. Managua, Nic. 44 p.
- Morales V, M. J.** 2002. Comportamiento de generaciones f<sub>5</sub> de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) en Nic. Tesis Ing. Agr. FDR/UNA. Managua, Nic. 44 p.
- Olivares, S. E.** 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía. UANL. Marín, N. L.

- Pineda L, L.**1997. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo técnico, INTA, CNIA. Managua, Nicaragua. 55 p.
- Reyes, V. & Romero, A.** 2003. Uso eficiente del Nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la zona de Tisma. Trabajo de Diploma. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 36 p.
- Salmerón M, F. & García C, L.** 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto básico. UNA. Managua, Nic. 141 p.
- Somarriba, R. C.** 1997. Texto de granos básicos. Escuela de producción vegetal. UNA. Managua, Nic. 197 p.
- Tapia, B, H.** 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. División de semillas. INRA-PROAGRO. Managua, Nicaragua. 196 p.
- Urquiaga, S y Zapata, F.** 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porte Alegre. Génesis. Río de Janeiro, Brasil. P 9, 19 y 21. (Fo4 v 79).
- Valle, K & Toledo, I.** 2003. Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Zambrano. Trabajo de Diploma. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 35p.
- Vieira, J.; Fischler, M, Marin X...& Saber, E.** 1999. Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de laderas (Sistema de producción de granos básicos pequeña - ganadería). El Salvador. 136 p.
- Wild, A.** 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Madriz, España. Pág. 26.

**Youngquist, J.B; Bramel-cox, P & Maranville, J.W.** 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen-use efficient genotypes in Sorghum. Crop Science.Vol. 32, No 6. (p 1310- 1313).