

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



**"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"**

TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DEL NITRÓGENO POR 16
LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L MOENCH) EN EL MUNICIPIO DE
POSOLTEGA, CHINANDEGA.**

AUTOR:

Br. Mauriel Alberto Gurdíán Velásquez

ASESOR:

Ing. MSc LEONARDO GARCIA CENTENO

MANAGUA, NICARAGUA

DICIEMBRE, 2004

INDICE GENERAL

Sección	Página
Índice general	i
Dedicatoria.	iii
Agradecimientos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Resumen	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1. Descripción del Lugar	5
3.1.1. Ubicación	5
3.1.2. Zona de Vida y Tipo de Suelo	5
3.2. Metodología Experimental	6
3.2.1. Descripción del Diseño	6
3.2.2. Descripción de los Tratamientos	7
3.2.3. Variables Evaluadas	7
3.2.4. Procesamiento de Datos	9
3.3. Manejo Agronómico	9
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	10
4.1. Efecto de dosis de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el crecimiento y comportamiento de las líneas de sorgo en el crecimiento.	10
4.1.1. Altura de Planta	10
4.1.1.2. Interacción Altura de Planta	12
4.1.2. Longitud de Panoja	13
4.1.3. Rendimiento de Biomasa	15
4.1.4. Rendimiento de Grano	17
4.1.5. Nitrógeno en Biomasa	19

4.1.6. Nitrógeno en Grano	21
4.2. Uso Eficiente de Nitrógeno	23
4.2.1. Relación de Eficiencia	23
4.2.2. Eficiencia Fisiológica	24
4.2.3. Eficiencia de Recuperación	25
V. CONCLUSIONES	28
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

DEDICATORIA

Con mucho RESPETO dedico el presente trabajo de investigación a:

A mi Madre Ana Maria Velásquez Suárez, por ser una madre tan especial, que siempre me brindo su apoyo y por ser fuente y ejemplo de esfuerzo y sacrificio en cada momento de mi carrera y de mi vida.

A mi Padre Elvis Antonio Gurdian Villagra, por sus buenos consejos y motivarme a seguir adelante en el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos Elvis, Milton y en especial a Josué por ser fuente de inspiración en mis estudios.

A mi tía Maria Isabel Velásquez, por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mis tíos abuelos Rosa Medina y Edilberto Espinoza por haberme acogido en su hogar como un miembro mas de su familia y por tratarme como un hijo.

MAURIEL ALBERTO GURDIAN VELÁSQUEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por darme sabiduría y motivación de escalar un peldaño mas en mi vida coronando mi carrera como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Al Ing. Leonardo García por brindarme su apoyo y confianza durante el proceso de investigación y presentación de mi trabajo de diploma.

Al programa INTSORMIL por financiar mi trabajo de investigación.

A mis compañeros de estudio Pedro Pablo Guido, Juan Carlos Guido, Carlos Echevoyen, Luis Daniel, Marcell, Erick Martínez, Eduardo, Raúl Guillen, Omar Pong, Néstor Nolasco, Juan Carlos Marín, Green Chow y a todos los V año grupo II fitotecnia que de una u otra forma fueron de grata ayuda a en mi formación profesional.

A Carlos Miller por su ayuda durante la fase de campo del cultivo.

MAURIEL ALBERTO GURDIAN VELÁSQUEZ

INDICE DE TABLAS

Tabla		Pagina
1.	Análisis químico del suelo proveniente del área experimental. CEO. Posoltega, 2003.	6
2.	Listado de los factores en estudio.	6
3.	Resultados de la altura de la planta (cm) para los factores en estudio al momento de la cosecha CEO, Posoltega 2003.	11
4.	Efecto de interacción de líneas y niveles de Nitrógeno aplicado sobre la altura de planta al momento de la cosecha.	13
5.	Longitud de panoja (cm) para los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.	15
6.	Producción de Biomasa seca (tallos y follaje), (kg ha⁻¹) y significancia de los factores en estudio, CEO, Posoltega, 2003.	16
7.	Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y significancia de los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.	18

INDICE DE FIGURAS

Figura.		Pagina
1.	Precipitaciones y temperaturas promedio sucedidas de Agosto a Noviembre 2003.	5
2.	Rendimiento de Biomasa en Kilogramos por hectárea.	17
3.	Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.	19
4.	Concentración en porcentaje (%) de nitrógeno en la Biomasa.	21
5.	Concentración en porcentaje (%) de nitrógeno en Grano.	22
6.	Relación de eficiencia (%) para cada línea evaluada.	24
7.	Eficiencia fisiológica (%) de cada línea en estudio.	25
8.	Eficiencia de recuperación (%) de nitrógeno para cada línea.	26
9.	Kilogramo de grano obtenido por kg de N aplicado en cada línea evaluada.	27

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro Experimental de Occidente (CEO) localizado en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega, ubicado en las coordenadas 12° 33' de latitud Norte y 85° 59' de longitud Oeste, a una elevación de 80 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), en la época de postrera, periodo comprendido entre Agosto y Diciembre del 2003. Se evaluaron 15 líneas de sorgo mas un testigo local (Pinolero 1) con una aplicación general en el área de 193.6 kg de completo 12 – 30 – 10, y se estudiaron dos niveles de Nitrógeno 0 y 112 kg de N ka ha⁻¹ fraccionado en dos aplicaciones, un 50 % a los 30 dds y el restante (50 %) a los 45 dds. El diseño experimental utilizado fue un bifactorial en arreglos de bloques completamente al azar (BCA), con cuatro repeticiones. Los resultados reflejan que la mayoría de las variables evaluadas presentaron diferencias altamente significativas, para ambos factores en estudio (A y B); a excepción de la variable longitud de panoja que no presento diferencia significativa entre líneas de sorgo, igualmente ocurrió para la interacción la que no presento significancia en la mayoría de las variables evaluadas. Los mejores rendimientos de grano y biomasa seca se presentaron cuando se aplico el nivel 112 kg de N. ha⁻¹ al suelo, sobresaliendo la línea ICSVLM-93079 con 4,612 kg de grano ha⁻¹ lo equivalente a 71 qq/mz, y la ICSVLM-89524 con 7,232.37 kg ha⁻¹ de materia seca (7.68 tn ha⁻¹). Cabe destacar que 13 de los 16 materiales evaluados presentaron rendimientos entre 2,000 y 3,000 kg de grano ha⁻¹ los que están por encima del promedio nacional, estos rendimientos se obtuvieron sin la aplicación de urea. Las evaluaciones de Relación de Eficiencia y Eficiencia Fisiológica de N, estuvieron por encima del 60 %, sin embargo la Eficiencia de Recuperación del fertilizante aplicado fue baja principalmente por el alto nivel de N aplicado.

I. INTRODUCCION

El cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo (*Triticum aestivum* L.); el maíz (*Zea mays* L.); el arroz (*Oryza sativa* L) y la cebada (*Hordeum vulgare* L), (Mártin 1985, citado por Compton 1990).

Los países productores de sorgo mas importante son EUA, India, Argentina, China, México, Nigeria y Sudan. Sin embargo Los países que han mostrado fuertes incrementos de rendimiento son Uruguay (3.16 ton ha⁻¹), Venezuela (1.91 ton ha⁻¹) y Nicaragua (1.98 ton ha⁻¹). El rendimiento del cultivo es muy variable siendo de 4.39 ton ha⁻¹ en EUA y aproximadamente de 0.75 ton ha⁻¹ en África y Haití (FAO 1989, citado por Compton 1990).

Nicaragua es un país eminentemente agrícola, contribuyendo al sector agropecuario el 27 % del PIB total. En el ciclo agrícola 2004/2005 época de primera, resultados preliminares de un avance de siembra a octubre 2004 demuestran que se han cultivado un total de 437.4 miles de manzanas de granos básicos, para un 85% de cumplimiento respecto a las intenciones de siembra, hasta la fecha se registran pérdidas de 96.9 miles de manzanas, que vienen a representar el 22.2 % del área sembrada. El área recolectada alcanzó las 340.5 miles de manzanas de las cuales 4,007 mz correspondieron a la siembra del sorgo industrial, el cual obtuvo una área de perdida de 332 mz, obteniendo un área cosechada de 3,675 mz. Para sorgo millón se sembró un área de 18,715 mz, con un área de perdida de 4,111 mz, obteniéndose un área de cosecha de 14,604 mz y finalmente para sorgo blanco se cultivaron 212 mz, no habiendo perdidas se cosecharon las 212 mz sembradas, principalmente en los departamentos de León, Chinandega, Masaya, Rivas, Granada y Managua (IICA, 2003).

El sorgo industrial es uno de los pocos granos con encadenamiento agroindustrial, siendo el eslabón central de una cadena que involucra a las plantas formuladoras de alimentos balanceados, al subsector avícola, el porcino y potencialmente al bovino. Su participación porcentual en el proceso para producir un quintal de alimento balanceado para animales es de un 60 %, además de los valores nutritivos que aporta (almidón 70.2 %, proteína 7.9 %, grasa 3.3 %, fibra 2.4 %, vitaminas y minerales 16.2 %) (IICA, 2003).

En Nicaragua el 83.4 % de las áreas destinadas al cultivo del sorgo es manejado básicamente por medianos y grandes productores, quienes siembran y cultivan con fines industriales. La siembra se realiza con alta tecnología (maquinaria adecuada de alta tecnología como gradas, sembradoras, cultivadoras, cosechadoras e insumos como fertilizantes agroquímicos también semilla híbrida o variedad mejorada. Siendo uno de los principales granos básicos en nuestro país.

Dentro de los problemas que limitan la obtención de bajos rendimientos en sorgo se pueden mencionar entre otros, la dispersión del área sorguera que presenta limitaciones agroecológicas, el mal manejo del cultivo y principalmente el mal uso de la tecnología dentro de la cual se incluye como factor de primera instancia los niveles de fertilización nitrogenada, utilizando como fuente urea 46 % de nitrógeno (Pineda 1988).

El nitrógeno por presentar diferentes formas químicas en el suelo, las pérdidas pueden ocurrir principalmente en forma de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), por lixiviación; en la forma de amoníaco (NH_3), por volatilización; y en la forma de óxidos gaseosos (N_2O , NO), por desnitrificación. Todas estas formas de nitrógeno, fuera del alcance de las plantas, pueden causar serios daños ambientales, e inclusive a la propia salud del hombre como es el invernadero y cambios climáticos. Esto explica la permanente preocupación por aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada y controlar sus pérdidas en la agricultura (Urquiaga & Zapata, 2000).

Según CRAT (1976), plantea que para incrementar los rendimientos de un cultivo es necesario aplicar fertilizante nitrogenado debido a que este elemento es complementario en la fertilidad del suelo y nutrición básica del cultivo. Las cantidades de fertilizantes requeridos por la planta de sorgo varían dependiendo del tipo y las condiciones del suelo.

Son pocos los trabajos de investigación que incluye fertilización basada en elementos mayores (N, P y K) en el cultivo del sorgo. Diagnósticos realizados por ALMAGRO (1996), indican gran variabilidad en las cantidades aplicadas, las que oscilan entre 25 y 150 kg de formulas completas. Pineda (1997) recomienda aplicar al momento de la siembra al fondo de surco, 130 kg. ha^{-1} de la formula 18 – 46 – 0, cuando el suelo presenta alto nivel de potasio, ó 10 – 30 –

10, cuando el nivel de este mismo elemento es bajo. Estudios sobre fertilización en sorgo granifero, muestran que las variedades híbridas responden a altos niveles de aplicación de N, produciendo entre 18 y 38 kg de grano por cada kg de N aplicado.

INTA (1995), recomienda aplicar 91 kg ha^{-1} (2 qq/mz) de la formula 18-46-0 al momento de la siembra en el fondo del surco, y como fertilizante posterior a los 20-25 días después de la siembra, se debería aplicar 2 a 3 qq/mz de urea 46% dependiendo del nivel de fertilidad del suelo, ya sea este bajo o alto con respecto al contenido de nitrógeno.

Dada la importancia del cultivo de sorgo y su utilización para la industria y producción de grano es beneficioso conocer una dosis adecuada para cada línea, lo anterior ha conducido a la implementación del presente experimento, el cual persigue los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

Objetivo general.

-Evaluar el comportamiento agronómico y productivo de dieciséis líneas de sorgo (*Sorghum bicolor L, Moench*) de origen salvadoreño, durante la época de postrera en el Municipio de Posoltega, Chinandega.

Objetivos específicos.

- Determinar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico bajo condiciones edafoclimáticas en el Municipio de Posoltega.
- Determinar el rendimiento de cada línea y recomendar aquellas que obtengan un mejor comportamiento productivo para posteriores evaluaciones.
- Evaluar el uso eficiente del nitrógeno en cada una de las líneas en estudio bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

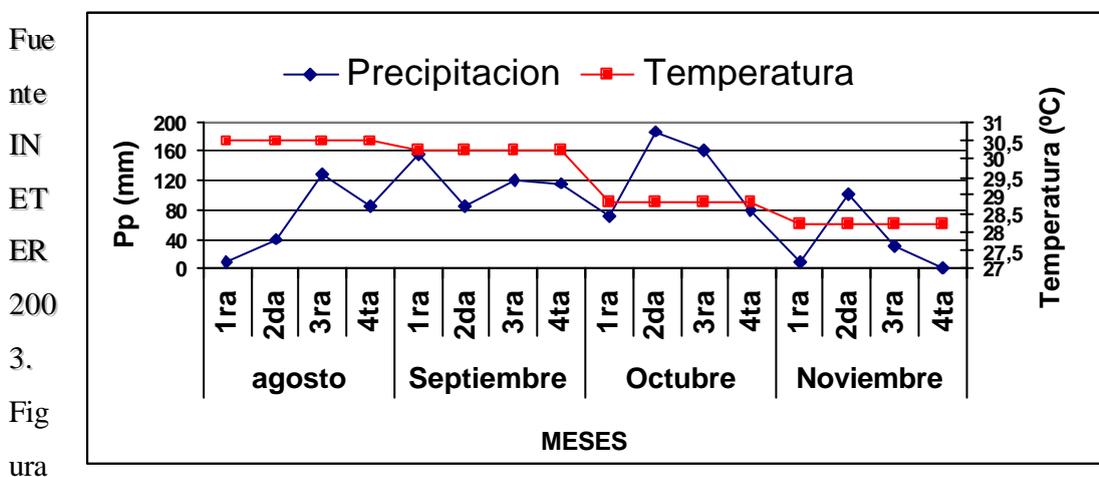
3.1. Descripción del Lugar.

3.1.1 Ubicación.

El ensayo se realizó en la época de postrera, período comprendido entre Agosto y Diciembre del 2003 en El Centro Experimental de Occidente (CEO), el cual esta ubicado en el municipio de Posoltega, Departamento de Chinandega, ubicado a los 12° 33' de latitud Norte y 85° 59' de longitud Oeste, a 80 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

3.1.2 Zona de Vida y Tipo de Suelo.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1982) sobre zonas de vida, esta localidad se encuentra comprendida en la zona bosque subtropical seco lo que actualmente es una llanura sin bosque. Los suelos pertenecen a la serie Ingenio (E.I) constituidos de textura franco-arenosa de origen volcánico, tratándose de suelos Andosoles con topografía plana y ligeramente ondulados, profundos con buen drenaje.



1. Precipitaciones y temperaturas promedio sucedidas de agosto a Noviembre 2003.

Tabla 1. Análisis químico del suelo proveniente del área experimental. CEO 2003.

Localidad	pH	%		ppm Meq/100 g de suelo		Textura
	H ₂ O	M.O.	N	P	K	
CEO	7.1	1.37	0.07	54.5	1.45	Fco. Are.

Fuente: UNA 2003, Laboratorio de suelos y agua.

3.2 Metodología Experimental

3.2.1 Descripción del diseño experimental

Para el establecimiento del ensayo se utilizó un experimento bifactorial en Diseño de Bloques Completos al Azar (B.C.A) en parcelas divididas, con 4 repeticiones; cada parcela fue constituida por 6 surcos de 2 m de largo y 0.6 m entre ellos, para un área de 6 m² por parcela. Se utilizaron los cuatro surcos centrales como parcela útil para los muestreos de las variables a evaluar, cada repetición contiene 16 parcelas, para un área de 96 m², lo que corresponde a un área total de 384 m² en las cuatro repeticiones. El área entre parcelas es de 1 metro y entre bloques es de 2 metros lo que suma 462 m² de espacios libres dentro del experimento para un área total del ensayo de 846 m². El ensayo constó con 15 líneas de sorgo de origen salvadoreño más un testigo local (Pinolero 1).

Tabla 2. Listado de los factores en estudio.

Factor A: Líneas evaluadas			
1	ICSVLM - 89513	9	ICSVLM - 92512
2	ICSVLM - 89524	10	ICSVLM - 93074
3	ICSVLM - 89527	11	ICSVLM - 93075
4	ICSVLM - 89537	12	ICSVLM - 93076
5	ICSVLM - 89544	13	ICSVLM - 93079
6	ICSVLM - 89551	14	ICSVLM - 93081
7	ICSVLM - 90510	15	JOCORO
8	ICSVLM - 90520	16	PINOLERO 1 (testigo)
Factor B: Niveles de Nitrógeno aplicados por hectárea			
1.-	112Kg. de N ha⁻¹	2.-	0 Kg. de N ha⁻¹

El origen de las líneas con el código ICSVLM, son del programa ICRISAT/LASIP; y quiere decir en inglés: ICRISAT Sorghum Variety Latin American Program, los primeros dos dígitos indican el año que fue generada la línea y los últimos tres dígitos del código, el cual es correlativo según se generen. JOCORO, es una variedad comercial de El Salvador y su origen es del ICRISAT / LASIP. Pinolero 1 que es el tratamiento testigo posee una altura de 190 cm., panoja semiabierta, grano es de color blanco, de 64 días a partir de la germinación hasta floración, ejercicio de panoja 10 cm y tamaño de la panoja 30 cm respectivamente, 110 días hasta la cosecha con un potencial genético de 4852 kg/ha (75qq/mz).

3.2.2 Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 112 kg de N ha⁻¹), con Urea 46 % aplicados en cada línea de sorgo fraccionado de la siguiente manera; 50 % del total de N a los 30 días después de la siembra (dds), y el otro 50% a los 45 dds; a estos tratamientos se les adiciono un testigo con los niveles de N. Todas las líneas incluyendo al testigo (Pinolero 1) se les aplico como fertilización base 23 kg de N ha⁻¹, de la fórmula 12 -30 -10 aplicado al momento de la siembra y al fondo de surco, lo cual se hizo solamente en los tratamientos con el nivel de fertilización 112 kg de N ha⁻¹ el cual se obtiene de la suma de la fertilización base mas la aplicación fraccionada en dos momentos (30 y 45 dds), los tratamientos con 0 aplicación de N ha⁻¹ no recibieron ningún tipo de fertilización.

3.2.3 Variables Evaluadas.

Al momento de la cosecha se seleccionaron 10 plantas al azar por parcela útil y por tratamiento; a las cuales se evaluaron las siguientes variables:

- Altura de la planta (cm): Se midió desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo de la planta.
- Longitud de la panoja (cm): Por tratamiento se seleccionaron 10 panojas al azar y se midieron desde la base a partir de la primera ramilla hasta el ápice de las mismas determinando las medias de cada grupo de panojas.
- Materia seca producida (kg / ha): Al momento de la cosecha se selecciono una muestra de 10 plantas al azar por parcela útil y por tratamiento, se registro el peso fresco,

posteriormente se secaron a 65° C por 72 horas, luego se les calculo el peso seco y se expreso en kg de materia seca por hectárea.

- Contenido de Nitrógeno en grano y biomasa (%): De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se traslado una muestra homogenizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método semi – micro Kjeldhal. Para expresar los porcentajes en kg N ha⁻¹ se multiplico el % de N por el rendimiento de grano y / o biomasa seca y se dividió entre cien.
- Rendimiento de grano: Después de cosechadas todas las panojas de la parcela útil, se determino el porcentaje de humedad, posteriormente se desgranaron y se ajusto el rendimiento al 14 % de humedad, se pesaron las muestras para obtener los rendimientos por parcela y se expresaron en kg ha⁻¹.
- Uso eficiente de Nitrógeno.

Para la relación de eficiencia se utilizo la formula:

$$UEN = \frac{\text{Rendimiento en kg ha}^{-1} (\text{Biomasa} + \text{Grano})}{\text{N total en kg ha}^{-1} (\text{Biomasa} + \text{Grano})}$$

Eficiencia fisiológica.

$$PE = \frac{\text{Rend. kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa} + \text{grano)} - \text{Rend. kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa} + \text{grano)}}{\text{N en kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa+Grano)} - \text{N en kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa+Grano)}}$$

Eficiencia de recuperación.

$$RE = \frac{\text{N kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa} + \text{grano)} - \text{N en kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa+Grano)}}{112 \text{ kg N ha}^{-1}} * 100$$

C/N: con nitrógeno

S/N: sin nitrógeno

3.2.4 Procesamiento de datos.

Los resultados obtenidos de las variables en estudio fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de medias por rangos múltiples de Tukey al 95 % de probabilidad de éxito.

3.3 Manejo Agronómico.

La preparación del suelo se hizo con labranza mínima (bueyes), se inicio con la limpieza del terreno, se aplicaron 2 pases de arado y surcado para proceder a la siembra. La siembra se realizo manualmente a chorrillo; a los 20 días después de la siembra (dds) se hizo el raleo dejando aproximadamente 8 plantas por metro lineal.

La fertilización se realizo aplicando 3 qq/mz el equivalente a 182 kg/ha de completo (N, P, K) 12 – 30 – 10, aplicado al momento de la siembra, posteriormente se aplico la fertilización nitrogenada Urea 46%, el primer 50 % a los 30 (dds), y el 50% restante se aplico a los 45 dds coincidiendo con el desmalezado el cual se realizo con azadón.

Se cosecho manualmente entre los 90 y 115 dds al completar cada línea de sorgo su ciclo biológico. Durante el ciclo del cultivo, no se presentaron ataques de plagas y enfermedades, por lo que no fue necesario realizar alguna medida fitosanitaria.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de dosis de aplicación de fertilizante nitrogenado y comportamiento de las Líneas de sorgo en el crecimiento.

4.1.1 Altura de planta.

La altura de planta es un dato que se utiliza para su clasificación y varía de 45 a más de 4 metros. Este factor es considerado de mucha importancia ya que para la recolección mecanizada es recomendable alturas bajas que oscilan entre 140 – 160 cm lo que permite una cosecha de acuerdo a la altura de corte de la combinada de granos (Pineda, 1988).

La altura de planta esta relacionada con los niveles de nutrientes que se encuentren en el suelo. El nitrógeno es el que mayor influencia tiene sobre el crecimiento vigoroso de la planta, e influye sobre el proceso de división celular. Según López & Galeato (1982), la altura de planta de sorgo esta influenciada por diferentes factores como temperatura, humedad, y fertilización nitrogenada siendo estos determinantes en el descenso de la altura de planta.

El análisis estadístico realizado para la variable altura de planta demuestra que existe efecto altamente significativo para cada factor independiente factor A y factor B. Mientras que la interacción entre ambos factores (A x B) mostró un efecto negativo. Separando de esta manera los tratamientos en dos categorías para el factor A y dos categorías para el factor B.

La tabla 3 muestra que la línea que presentó mayor altura fue la ICSVLM-89551 con 157.62 cm seguida por ICSVLM-93081 con 154 cm que conforman la misma categoría estadística y en ultimo lugar se encuentra la línea ICSVLM-89527 con 115.62 cm.

Tabla 3. Resultados de altura de la planta (cm) para los factores en estudio al momento de la cosecha CEO, Posoltega 2003.

Factor A: Líneas en estudio	Altura (cm).
6. ICSVLM-89551	157.6 a
14. ICSVLM-93081	154.0 a
16. PINOLERO 1(testigo)	148.1 ab
11. ICSVLM-93075	143.1 ab
9. ICSVLM-92512	141.5 ab
12. ICSVLM-93076	140.5 ab
1. ICSVLM-89513	139.2 ab
5. ICSVLM-89544	136.5 ab
15. JOCORO	134.3 ab
13. ICSVLM-93079	133.1 ab
10. ICSVLM-93074	131.2 ab
4. ICSVLM-89537	130.1 ab
2. ICSVLM-89524	127.6 ab
8. ICSVLM-90520	126.7 ab
7. ICSVLM-90510	125.7 ab
3. ICSVLM-89527	115.6 b
ANDEVA	0.000
Factor B: Kg de N ha ⁻¹ .	
b ₁ : 112	143.6 a
b ₂ : 0	129.4 b
ANDEVA	0.000
C.V %	15.3

Para el factor B, el nivel de 112 kg de N ha⁻¹ alcanzo la mayor altura con 143.6 cm y con menor altura el nivel cero aplicación con 129.46 cm.

Según Monterrey (1997) es necesario aplicar fertilizante nitrogenado para incrementar la altura de plantas ya que este elemento tiene mayor influencia sobre el crecimiento vegetal.

Desde el punto de vista agronómico la altura de planta es importante por que es un parámetro que nos permite medir de una forma cuantificable el crecimiento del cultivo, de esta manera nos permite relacionar que tan eficiente esta siendo la fertilización nitrogenada, al hacer las mediciones de crecimiento en todas las líneas de sorgo y compararlas con el testigo (pinolero 1).

4.1.1.2. Interacción altura de planta.

Los resultados obtenidos de la interacción muestran que en ambos niveles de fertilización no existe diferencias entre las líneas, sin embargo, con el tratamiento 112 kg de N ha⁻¹ sobresalen la línea (6) ICSVLM-89551 con 165.75 cm de altura y con menor altura ICSVLM-89527 (línea 3) 110.25 cm. Respecto al tratamiento 0 kg de N ha⁻¹ la mayor altura la presento la línea (6) ICSVLM-89551 con 149.5 cm; igual que la (14) ICSVLM-93081 con 148 cm y la menor altura la obtuvo la línea (7) ICSVLM-90510 con 114.75 cm. El testigo PINOLERO 1 fue superado solamente por la línea 6 en ambos tratamientos.

Es importante señalar que en algunas líneas, el incremento de altura de planta (tabla 4) con la aplicación de 112 kg N ha⁻¹ respecto al nivel cero, es muy pequeña, lo que estaría indicando que esta característica es poco afectada por la fertilización nitrogenada en algunas líneas. Esto es importante por que podrían ser líneas potenciales para cosecha mecanizada para lo cual se requiere de materiales híbridos por presentar estas altas densidades poblacionales y alturas optimas para este tipo de cosecha. Según Morales (2002) alturas de plantas de 160 a 170 cm son optimas para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores de 190 cm traen inconvenientes en el proceso mecanizado.

Tabla 4. Efecto de interacción de líneas y niveles de Nitrógeno, aplicado sobre la altura de planta al momento de la cosecha CEO, Posoltega 2003.

Tratamientos	112 kg de N ha ⁻¹	0 kg de N ha ⁻¹
Línea 6	165.7	149.5
Testigo	162.2	134.0
Línea 14	160.0	148.0
Línea 11	154.5	131.7
Línea 12	152.0	129.0
Línea 9	149.0	134.0
Línea 15	146.2	122.5
Línea 10	141.5	121.0
Línea 1	141.0	137.5
Línea 13	140.5	125.7
Línea 5	138.2	134.7
Línea 7	136.7	114.7
Línea 4	135.2	125.0
Línea 8	134.2	119.2
Línea 2	131.5	123.7
Línea 3	110.2	121.0
Significancia	NS	NS

4.1.2 Longitud de panoja

La longitud de panoja es uno de los componentes de mayor importancia en el cultivo de sorgo, Millar, (1980) y Monterrey (1997) coinciden que es de gran importancia en el rendimiento ya que panojas de mayor tamaño contienen mayor número de espiguillas y granos, lo que podría aumentar el rendimiento.

La panoja es la continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según la distancia entre las ramillas, posición, longitud y la densidad de las flores por rama, (Compton, 1990). León (1987) plantea sobre esta variable que la longitud de la panoja es inversamente proporcional al ancho de la misma, esto significa que el rendimiento puede estar determinado por el peso de los granos, los números de granos por ramillas y cantidad de ramillas por panoja todos estos parámetros pueden variar según la forma, ancho y longitud de panoja.

El análisis de varianza (ANDEVA) realizado muestra que los resultados promedios de longitud fueron altamente significativos solamente para el factor B mostrando dos categorías y

valores no significativos para el factor (A) los cuales se muestran en la tabla 5 para verificar que no existe diferencia estadística como para reflejar una comparación de medias entre líneas evaluadas. La interacción entre ambos factores también resulto ser estadísticamente no significativo debido a una mínima diferencia entre sus valores promedios. Dentro el factor B, el nivel b_1 (112 kg N ha^{-1}) muestra que existe un aumento de tamaño en la panoja cuando se aplican $112 \text{ kg de N ha}^{-1}$, superando escasamente en 2.77 cm de longitud de panoja al nivel $0 \text{ Kg de N ha}^{-1}$.

Según lo citado por Monterrey (1997), recomienda usar líneas con mayor longitud de panoja, por que estas poseen mayor rendimiento de grano; sin embargo estos resultados muestran que la línea que obtuvo mayor longitud de panoja fue JOCORO con 22.4 cm de promedio, no mostró ser la de mas alto rendimiento, por el contrario la que obtuvo el mayor rendimiento fue la línea ICSVLM-93079 la que presento una longitud media de 18.22 cm . Lo anterior se traduce a que no existe una relación tan directa en que el rendimiento este ligado directamente a la longitud de panoja. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Longitud de panoja (cm) para los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.

Factor A: Líneas en estudio		Longitud (cm)
1	ICSVLM- 89513	20.3
2	ICSVLM- 89524	20.8
3	ICSVLM- 89527	19.1
4	ICSVLM- 89537	19.5
5	ICSVLM- 89544	21.7
6	ICSVLM- 89551	19.1
7	ICSVLM- 90510	19.4
8	ICSVLM- 90520	20.5
9	ICSVLM- 92512	19.7
10	ICSVLM- 93074	22.2
11	ICSVLM- 93075	19.1
12	ICSVLM- 93076	20.3
13	ICSVLM- 93079	18.1
14	ICSVLM- 93081	22.1
15	JOCORO	22.4
16	PINOLERO 1 (testigo)	19.6
ANDEVA		NS (0.258)
<hr/>		
FACTOR B: Kg de N ha ⁻¹		
b ₁ : 112		21.6 a
b ₂ : 0		18.8 b
ANDEVA		0.000
C.V %		15.93

4.1.3 Rendimiento de biomasa.

Los residuos de cosecha (tallos y follaje) que produce la planta de sorgo se utilizan frecuentemente en la época seca para alimentar al ganado. (MAG, 1991). La tasa de producción de materia seca en el sorgo se ve afectada forzosamente por el área (densidad poblacional) en la etapa de crecimiento y desarrollo de la planta (Compton, 1990).

Según el ANDEVA realizado a los factores estudiados existe efecto altamente significativo para ambos factores excepto para la interacción que no mostró valores significativos. La separación de medias presento 7 categorías para el factor A y 2 para el factor B. El factor A (líneas), obtuvo una producción de materia seca (MS) en toneladas por hectárea (Ton ha⁻¹),

que oscila entre 2 y 8 (Ton MS ha⁻¹), la línea que obtuvo mayor rendimiento fue ICSVLM-89524 con 8 (Ton MS ha⁻¹) y en último lugar ICSVLM-89544 con 2.60 (Ton MS ha⁻¹).

Respecto al factor B la mayor producción de biomasa se obtuvo cuando se aplicó 112 kg N ha⁻¹ con 6.07 (Ton MS ha⁻¹), superando de esta forma al nivel 0 kg N ha⁻¹ que obtuvo 4.53 (Ton MS ha⁻¹). Los bajos rendimientos obtenidos del nivel 0 kg N ha⁻¹ muestran que la no aplicación del elemento Nitrógeno tiene un efecto depresivo sobre la producción de biomasa aérea pudiendo tener como consecuencia una disminución de su desarrollo vegetativo.

Tabla 6. Producción de biomasa seca (tallos y follaje) (kg ha⁻¹) y significancia de los factores en estudio. CEO, Posoltega, 2003.

Factor A: Líneas en estudio	Materia seca (kg ha ⁻¹).
2. ICSVLM-89524	7,232.3 a
6. ICSVLM-89551	6,322.0 ab
16. PINOLERO 1(testigo)	6,259.2 ab
14. ICSVLM-93081	5,819.7 abc
7. ICSVLM-90510	5,790.6 abcd
4. ICSVLM-89537	5,650.6 abcd
15. JOCORO	5,627.0 abcd
9. ICSVLM-92512	5,299.7 bcde
12. ICSVLM-93076	5,041.6 bcde
11. ICSVLM-93075	4,344.6 cdef
8. ICSVLM-90520	4,151.1 cdef
1. ICSVLM-89513	4,051.7 defg
13. ICSVLM-93079	3,543.0 efg
10. ICSVLM-93074	2,934.7 fg
3. ICSVLM-89527	2,760.8 fg
5. ICSVLM-89544	2,369.3 g
ANDEVA	0.000
FACTOR B: kg de N ha⁻¹	
b ₁ : 112	5,522.6 a
b ₂ : 0	4,127.1 b
ANDEVA	0.000
C.V %	20.6

Como ya se indicaba, para la interacción no hubo diferencias significativas, sin embargo puede observarse en la figura 2, que en todas las líneas la materia seca se vio incrementada al aplicar nitrógeno.

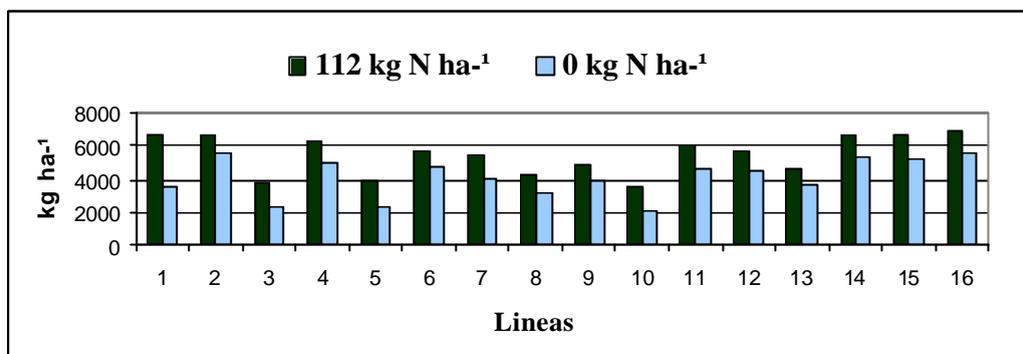


Figura 2. Rendimiento de biomasa en kilogramos por hectárea.

4.1.4 Rendimiento de grano.

El rendimiento del grano es el resultado de un sin número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en kilogramos por hectárea (Paúl 1985). La absorción de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta de sorgo y para su rendimiento final. En general la fertilidad natural del suelo no es suficiente para mantener la producción máxima de un cultivo (Millar, 1980).

House, (1982) revela que la fotosíntesis reducida y el sombreado afectan en menor grado el rendimiento cuando esto ocurre durante la etapa de crecimiento 1 (germinación- desarrollo de la planta) y mayor en la etapa de crecimiento 2 (iniciación de la panícula-floración), así mismo es sensible en la etapa de llenado de grano. Para lograr buenos rendimientos de grano las líneas deben tener características agronómicas adecuadas tales como panoja abierta o semiabierta ya que estas son menos afectadas por insectos y hongos que atacan los granos, bajo condiciones de excesiva humedad; tamaño de la planta enana para facilitar la cosecha mecánica y manual; ciclo de desarrollo de alrededor de 95 días que permita cosechas de primera y/o postrera y una longitud superior a los 30 cm en el tallo (Espinoza 1992).

El análisis de varianza ANDEVA para el rendimiento de grano demuestra que existe efecto altamente significativo para ambos factores, pero no significativo para la interacción de los mismos.

Dentro del factor A (líneas en estudio), la tabla 7 muestra que la línea que obtuvo el mayor rendimiento fue ICSVLM-93079 con 4,612 kg, ha⁻¹ (71.30 qq/mz) y en último lugar ICSVLM-90520 con 1,698.5 kg, ha⁻¹ (26.25 qq/mz). De las 16 líneas evaluadas, el 50 % obtuvieron rendimientos superiores al promedio general 3,321 kg, ha⁻¹ lo que indica un buen número de líneas promisorias para trabajos de mejoramiento y producción comercial.

Tabla 7. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y significancia de los factores en estudio CEO, Posoltega, 2003.

Factor A: Líneas en estudio	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
13. ICSVLM-93079	4,612.2 a
16. PINOLERO 1(testigo)	4,294.2 ab
12. ICSVLM-93076	4,053.3 abc
15. JOCORO	4,019.8 abc
14 ICSVLM-93081	3,884.2 abcd
2. ICSVLM-89524	3,878.2 abcd
1. ICSVLM-89513	3,619.2 abcd
5. ICSVLM-89544	3,484.0 abcd
11. ICSVLM-93075	3,203.1 abcde
4. ICSVLM-89537	3,092.2 abcde
7. ICSVLM-90510	3,012.5 abcde
6. ICSVLM-89551	2,900.0 abcde
9. ICSVLM-92512	2,698.3 bcde
3. ICSVLM-89527	2,529.5 cde
10. ICSVLM-93074	2,156.5 de
8. ICSVLM-90520	1,698.5 e
ANDEVA	0.000
FACTOR B: N kg ha ⁻¹ .	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
b ₁ : 112	3,994.4 a
b ₂ : 0	2,647.5 b
ANDEVA	0.000
C.V %	29.94

En el factor B con la aplicación 112 kg N. ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento de grano con 3,994.43 kg, ha⁻¹, superando de esta manera al nivel 0 kg N. ha⁻¹ con 2,647.59. Dentro del factor A, el 91 % de las líneas evaluadas estuvieron por encima de su rendimiento promedio.

Dentro del nivel cero aplicación de nitrógeno cerca del 32 % de las líneas superaron su rendimiento promedio lo que las ubica como líneas promisorias para trabajos bajo condiciones de suelo bajos de nitrógeno; esto demuestra, que son capaces de producir buenos rendimientos haciendo uso de las reservas nativas del suelo.

En el análisis de las interacciones de los factores en estudio demostró que no existe diferencia significativa en el rendimiento del grano. Sin embargo en la figura 3, se puede observar que con el nivel 112 kg N ha⁻¹ los rendimientos fueron siempre mayores. Es importante resaltar que líneas como la 4, 8, 10 y 12 los rendimientos son muy similares con ambos niveles fertilización, lo que indica su baja respuesta a las aplicaciones de nitrógeno.

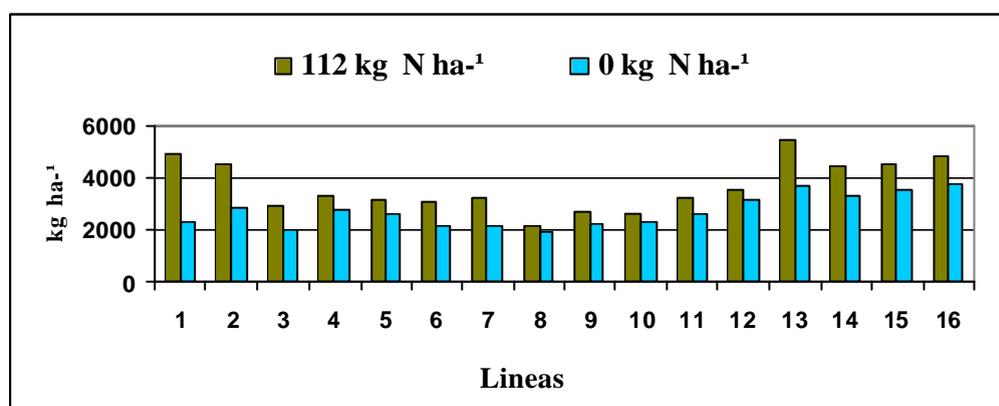


Figura 3. Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.

4.1.5 Nitrógeno en biomasa.

El nitrógeno (N) absorbido por los cultivos representa una fuente de proteína vegetal y animal que a su vez nutre al hombre (Salmerón & García, 1994).

El contenido de nitrógeno total en las plantas de sorgo promedia de 2 a 4 %. La deficiencia de N limita la división y expansión celular y a consecuencia de esto dificulta el crecimiento de la planta (Gardner et al, 1985 citado por Paúl, 1990).

Según Fuentes (1994), solo una mínima porción del contenido total de nitrógeno, se encuentra en las plantas en forma inorgánica (compuestos amoniacales, nitratos, y nitritos) ampliándose

esta porción solamente cuando se presentan anomalías en el metabolismo de la planta, que dificultan la síntesis de proteínas.

La concentración de nitrógeno expresada en porcentaje sobre la materia seca, mostró que de los datos obtenidos de las líneas en estudio; el mayor contenido de nitrógeno en biomasa se obtuvo cuando se aplicó el nivel 112 kg N ha^{-1} sobresaliendo la línea ICSVLM-89544 con 0.76 % valor similar al que presentaron las líneas ICSVLM-89527 y 90510 con 0.74 %, seguido de las líneas ICSVLM- 89551, 90520 y 92512 con 0.72 % y en ultimo lugar se encuentra la variedad JOCORO con 0.49 %. Para el nivel 0 kg N ha^{-1} la mayor concentración de N en biomasa la obtuvo la línea ICSVLM-89544 con 0.72 % coincidiendo así la misma línea para el nivel 112 kg N ha^{-1} , seguido de las líneas ICSVLM-90510 con 0.71 % e ICSVLM-90520 con 0.67 % de N hasta quedar en ultimo lugar la variedad JOCORO con 0.40 % de N.

El hecho de que algunas líneas hayan presentado valores similares para esta variable en ambos niveles 112 y 0 kg. N. ha^{-1} se debe a que estos materiales son capaces de suplir sus necesidades fisiológicas solamente con las reservas de nutrientes existentes en el suelo. Resultados similares fueron obtenidos por Valle y Toledo, 2003 mostrando así la potencialidad de estas líneas para desarrollarse en diferentes ambientes.

La importancia de este hecho es que las reservas de nutrientes nativos en el suelo pueden aumentarse con la incorporación de rastrojos de cosecha o nutriendo el suelo de este elemento tan importante (N) con la siembra de cultivos abonos asociados al cultivo para proporcionar nutrientes de reserva para cultivos posteriores, prescindiendo así de los fertilizantes sintéticos. La figura 4 muestra los porcentajes de nitrógeno en la materia seca para los dos niveles de N en estudio.

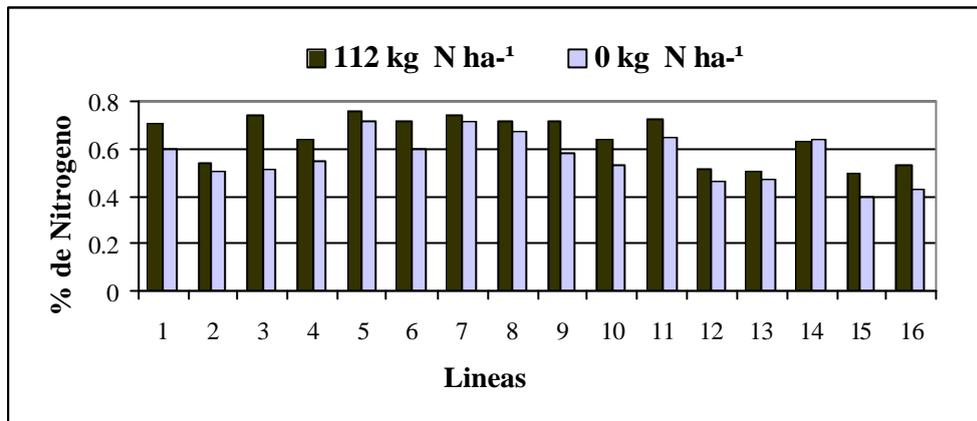


Figura 4. Concentración en porcentajes (%) de Nitrógeno en la biomasa.

4.1.6 Nitrógeno en grano.

El nitrógeno es un elemento importante en la nutrición vegetal, ya que es absorbido principalmente como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) (Arzola et al, 1986). Buckman & Brady (1985), aseguran que el nitrógeno produce efectos favorables en las plantas como los cereales en los cuales aumenta la corpulencia de los granos y su porcentaje de proteínas.

Según Mifflin (1976) citado por Carlson (1990) el contenido de nitrógeno en el grano depende de varios factores entre ellos la capacidad de las plantas de traslocar el nitrógeno de su parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo de la misma. El aprovechamiento del nitrógeno por las plantas y las repuestas de estas al nitrógeno, esta también asociada a la disponibilidad de agua y otros factores ecológicos como la radiación, por lo tanto la el rendimiento del nitrógeno aplicado es bajo y depende del clima y oscila entre 30-50 % (Salmerón y García, 1994).

Se ha demostrado que la calidad nutritiva del grano de sorgo es similar a la del maíz siendo una fuente energética y proteica donde los carbohidratos constituyen el 82 % del grano e incluye almidón, celulosa, azúcar y otros siendo el principal componente el almidón que representa el 83 % del endospermo (Metcalf & Elkins, 1987), por consecuente la

concentración de nitrógeno en el grano juega un papel importante en la nutrición animal y humana.

Al evaluar el contenido de nitrógeno en el grano los resultados obtenidos revelaron que la todas las línea presentaron mayor porcentaje en grano con el nivel 112 kg N ha^{-1} , obteniendo el mayor porcentaje el testigo PINOLERO 1 con 2.38 % seguido de las líneas ICSVLM-93079 con 2.19 %, 89527 con 2.18 %, 93081 con 2.16 %, 89513 con 2.15 % y el menor porcentaje la línea 89544 con 1.76 %.

Con el nivel $B_2 0 \text{ kg N ha}^{-1}$ la línea que presento el mayor porcentaje de nitrógeno fue la línea ICSVLM-93081 con 2.11 % seguido por ICSVLM-93079 con 2.09 % e ICSVLM-89513 con 2.08 %, la de menor concentración fue ICSVLM-89527 con 1.53 % de N en grano. La figura 5 muestra los porcentajes de nitrógeno para cada línea.

Es interesante destacar que existieron líneas fertilizadas con el nivel $112 \text{ kg de N ha}^{-1}$ las cuales fueron superadas por líneas con cero aplicación de fertilizante, así mismo líneas como la 1, 5, 10, 13, 14 y 15 presentaron porcentajes de nitrógeno en el grano similares en ambos niveles 0 y $112 \text{ kg de N ha}^{-1}$; lo que podría indicar que estas líneas poseen características de traslocar el N absorbido al grano aun en condiciones de baja disponibilidad de N nativo en el suelo.

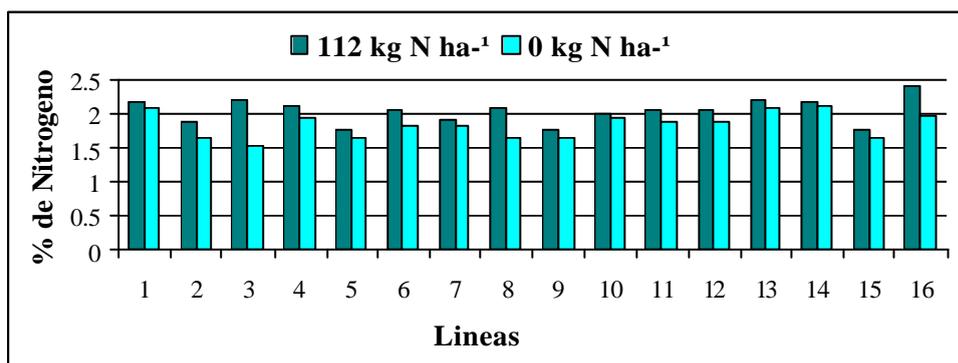


Figura 5. Concentración en porcentajes (%) de Nitrógeno en grano.

4.2. Uso eficiente de nitrógeno.

Según Youngquist *et al* (1992), el uso eficiente de nitrógeno (N) ha sido descrito, uno que describe eficiencia de absorción, y otra sobre la utilización eficiente de N, siendo esta última más importante por que 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 N (UEN), es definido como el rendimiento de grano por unidad de N en la planta en la maduración. Según Maranville *et al*, (1980), el UEN es definido como la producción de biomasa por el total de N almacenado (NE_1), la producción de grano por unidad de N almacenado en la planta (NE_2), y como el producto de NE_2 y la relación entre el contenido de N en el grano y el N almacenado.

4.2.1 Relación de eficiencia.

La relación de eficiencia o eficiencia de absorción de N, es definida como el total de N contenido en la planta por unidad de fertilizante aplicado, (Youngquist *et al*, 1992). Los resultados muestran claramente (figura 6) que todas las líneas evaluadas alcanzaron arriba del 60 % de eficiencia, esto significa que todas ellas son capaces de traslocar al menos el 60 % del N que se les aplica. También se muestra que solamente la variedad JOCORO alcanzó un 100 % de eficiencia, seguida de tres líneas que obtuvieron valores mayores al 90 % de eficiencia, así mismo 12 líneas (75 %) alcanzaron un nivel por encima del 80 % de eficiencia. Estas mismas líneas comparadas con su testigo absoluto (sin N) presentaron valores similares de N en biomasa y grano, lo que indica que son eficientes bajo cualquier condición.

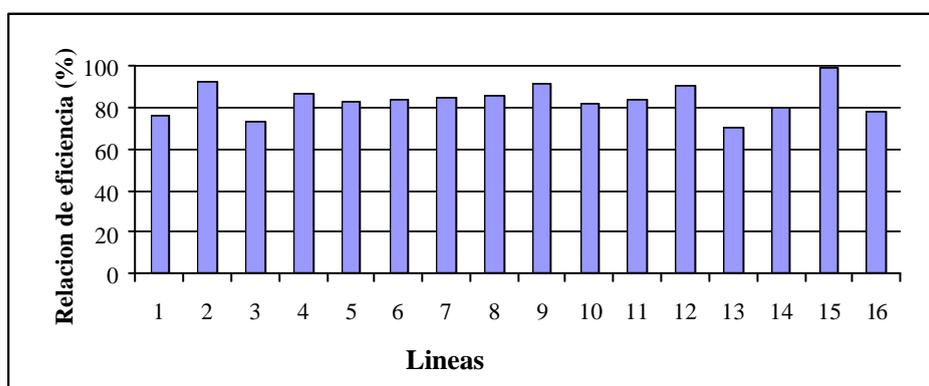


Figura 6. Relación de eficiencia (%) para cada línea evaluada.

4.2.2 Eficiencia fisiológica.

Los fertilizantes constituyen uno de los insumos esenciales que deben utilizarse para mantener o aumentar el nivel de fertilidad del suelo en los sistemas agrícolas intensivos.

La eficiencia en la utilización de fertilizantes consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutriente que se añade al suelo.

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

La eficiencia fisiológica del uso de nitrógeno, debe ser considerada como un componente de la eficiencia global del N, que considera la reacción de la planta en la interacción de otros componentes que expresen el comportamiento de otros parámetros como la eficiencia de recuperación y la relación de eficiencia del nitrógeno. Para Moll *et al*, (1982), la eficiencia de absorción de N, y el uso relativo en la producción de grano requiere que los procesos asociados con la absorción, traslocación, asimilación y redistribución de N operen eficientemente.

La eficiencia fisiológica es también una medida de la eficiencia de la utilización del N aplicado, y esta relacionada al contenido de N en la biomasa total (rastrojo y grano) respecto al testigo sin fertilizante. La figura 7 muestra que todas las líneas alcanzan en contenido al menos el 40 % del N aplicado, sobresaliendo líneas como la 5 y la 10 que alcanzan más del 80 % del N aplicado.

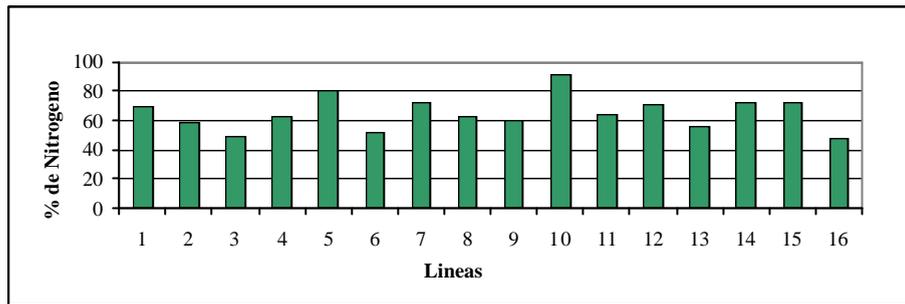


Figura 7. Eficiencia fisiológica (%) de cada línea en estudio.

El comportamiento de las líneas, también indican que solo están por encima de un 20 % de recuperación respecto a las mismas sin aplicación de N.

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 (absorbido) por determinado cultivo o variedad (genotipo) (Urquiaga & Zapata, 2000).

El tiempo de aplicación del fertilizante nitrogenado es un factor que afecta la eficiencia del nitrógeno ya que el tiempo entre la aplicación y absorción de nitrógeno por el cultivo determina la exposición del fertilizante a procesos de pérdidas, cuando se retardan las aplicaciones disminuyen los rendimientos y la recuperación del nitrógeno fertilizante que se encuentra estrechamente ligado con las características del suelo y condiciones climáticas.

La eficiencia de recuperación como se muestra en la figura 8 revela que la línea que obtuvo una mayor eficiencia de recuperación de nitrógeno (N) fue ICSVLM- 89513 con 76.6 %, seguido de PINOLERO 1 (47.6 %); ICSVLM-89527 (45.8 %) y en último lugar ICSVLM-93074 con 18.6 %. La figura también muestra que 6 de los 16 materiales evaluados solo alcanzaron el 20 % recuperación, y 5 por encima del 40 %, destacándose la línea 1 con cerca de 80 % de recuperación.

Esto muestra que solamente el 62 % de los materiales evaluados se acercaron a los niveles de recuperación señalados por Tisdale y Nelson (1991) de 50 %, esto es que cerca del 50 % del N

aplicado se pierde por diferentes vías y procesos. También puede señalarse a que el nivel usado es alto respecto al recomendado para este cultivo, por lo que los valores podrían estar indicando que los materiales satisfacen su demanda con niveles mas bajos y lo que corrobora con los niveles de N contenido en la biomasa total por las líneas sin aplicación de N.

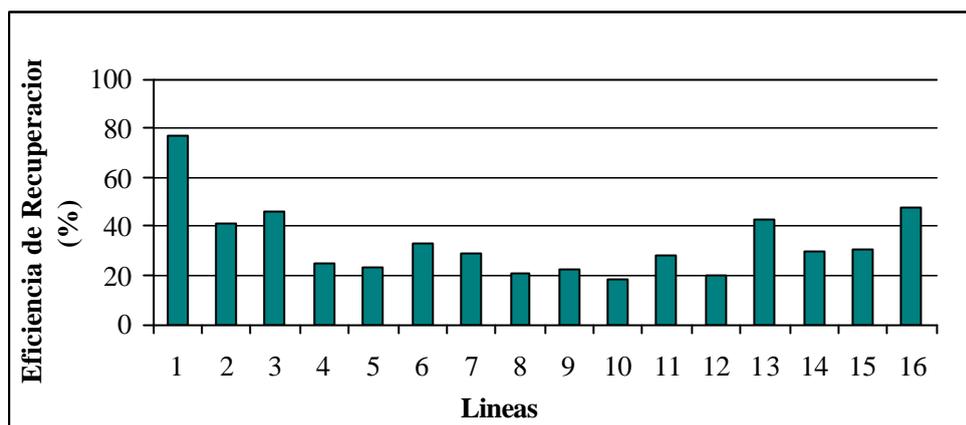


Figura 8. Eficiencia de recuperación (%) de nitrógeno para cada línea.

Al analizar los datos de incremento de rendimiento obtenido por la diferencia entre el rendimiento con y sin aplicación de N, se encontró que la línea 1 fue la única que alcanzó a producir 25 kg de grano por cada kg de N aplicado. Figura 9.

De forma general podemos afirmar que los bajos resultados (kg de grano) obtenidos a partir de la fertilización (kg de N aplicado), pueden deberse al alto nivel de N aplicado, reafirmando lo señalado por varios autores (Maranville, R.B. Clark & W.M. Ross) en el sentido de que el incremento del rendimiento no es proporcional a las cantidades de N aplicado.

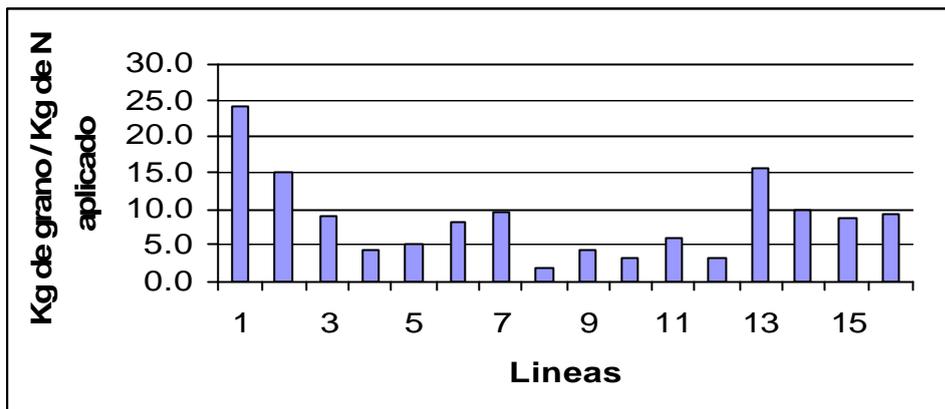


Figura 9. Kilogramos de grano por g de N aplicado en cada línea evaluada.

V. CONCLUSIONES

- ✚ La altura de planta varía para cada línea siendo la ICSVLM_89551 la que presentó la mayor altura (157 cm), como resultado promedio de 112 y 0 aplicación de N ha⁻¹. Esta variable fue afectada positivamente por la aplicación de N.
- ✚ La longitud de panoja solo fue afectada positivamente al aplicar nitrógeno.
- ✚ El rendimiento de biomasa y grano varió entre líneas y se vieron incrementadas al aplicarle nitrógeno.
- ✚ La concentración de nitrógeno en el grano y la biomasa seca varían entre líneas, sin embargo, en un buen número de ellas evaluadas, los contenidos con (112 kg N ha⁻¹) y sin (0 kg N ha⁻¹) aplicación de N son muy similares.
- ✚ La línea ICSVLM-93079 presentó el mayor rendimiento 4,612 kg ha⁻¹ como resultado de la separación de medias y el 50 % de las líneas evaluadas obtuvieron rendimiento superior al promedio general de 3,321 kg ha⁻¹.
- ✚ La capacidad de traslocación del N por los materiales evaluados fue alta, lo que manifiesta en una Relación de Eficiencia y Eficiencia Fisiológica cercana al 80 %.
- ✚ La cantidad de grano producido por kg de N aplicado fueron bajos en todas las líneas, debido quizás a la alta cantidad de N que se aplicó en este caso 112 kg N ha⁻¹.

VI. RECOMENDACIONES

- ✚ Realizar este ensayo en otras localidades con diferentes condiciones climáticas y edáficas para comparar resultados.
- ✚ Evaluar en estudios posteriores las líneas que obtuvieron rendimientos superiores al promedio nacional a niveles más bajos de fertilización nitrogenada.
- ✚ Hacer evaluaciones posteriores de aquellas líneas que tuvieron una mayor eficiencia fisiológica a niveles más bajos de fertilización nitrogenada.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMAGRO, 1996. Diagnostico de la producción de sorgo en la zona del pacifico. Documento de trabajo. Masaya, Nicaragua. 15 p.
- Arzola, P. N Fundora H. O, Machado DE A. 1986. Suelo planta y abonado. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 461 Pág.
- Buckman & Brady. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. México. 590p.
- Carlson, P. S. 1990. Biología de la productividad de los cultivos. AGT Editor. México. 239p.
- CRAT, 1976. Centro Regional de Ayuda Técnica. Guía para cultivos en los trópicos y subtropicos. 1ra. Edición en Español.128 p.
- 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/CIMIT. México (DF) 37 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) 62-63 p.
- FAO, 1980. Introducción al control integrado de las plagas del sorgo (Estudio: Producción y Protección vegetal # 19).
- Fuentes J, L.1994. El suelo y los fertilizantes. Madrid, España. Pág 121-122.
- Holdridge L, R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Por Humberto Jiménez Saa.1a ed. San José, Costa Rica, IICA. 216 p
- House L, R.1982. El sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial gaceta, SA. Pág 29,30.
- IICA. 2003. Estudio de la cadena de comercialización de sorgo. EDITARTE. LA PRENSA S. A. MANAGUA (NIC). Pág. 7.
- INTA. 1995. Cultivo del sorgo. Guía tecnológica-5. Managua- Nicaragua. 14 p.
- León, L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de ciencia agrícola de la OEA, San José, Costa Rica.

- López, J. & Galeato, A. 1982. Efecto de competencia de distintos estados de crecimientos del sorgo. Publicaciones técnicas N° 25. INTA. Argentina. 20 p.
- MAG. 1991. Manual practico para interpretación de los mapas de suelo. Departamento de suelos y dasonómica. Managua-Nicaragua. 39 p.
- Maranville, J. W., R. B. Clark & W. M. Ross. 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. J. Pan. Nutri. 2: 577 – 589.
- Monterrey, 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.
- Millar F, R. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) FAO. Producción y protección vegetal. Roma (Italia). 135 p.
- Moll R, H. 1982. Analysis and interpretation of factor witch contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy T. 564 p.
- Olivares, S. 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.
- Salmeròn M, F. & García C, L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto básico. UNA. Managua (Nic). 141 p.
- Tisdale, L. Samuel y Nelson, L. Warner. 1998. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Unión tipográfica editorial hispano americana. S.A de C.V. Primera edición en español. 760 p.
- Urquiaga, S & 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. Pág 9,19, 21 y 99.

Valle, K. J & Toledo, I. 2003. Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Moench.) en el municipio de Zambrano. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 35 p.

Youngquist, J. B; Bramel-cox, P & Maranville, J. W. 1992. Evaluation of alternative screening criateria for selecting Nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. Crop sciencie. Vol. 32, No 6 (P 1310-1313).