

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

Evaluación del comportamiento Agronómico y uso eficiente del nitrógeno de 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.

AUTORES

Br: Eliezer de Jesús Manzanarez Rugama
Br: Francisco José Calero Romero

ASESOR

Ing. M.Sc. Leonardo García

Managua, Nicaragua, Diciembre, 2004

INDICE

| SECCION | Página |
|--|------------|
| DEDICATORIA | <i>i</i> |
| AGRADECIMIENTO | <i>ii</i> |
| INDICE DE CUADROS | <i>iii</i> |
| INDICE DE FIGURAS | <i>iv</i> |
| R4ESUMEN | <i>v</i> |
| | |
| I INTRODUCCION | 1 |
| | |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| | |
| 2.1 General | |
| 2.2 Específicos | |
| | |
| III. MATERIALES Y METODOS | 4 |
| 3.1 Descripción del Lugar | |
| 3.1.1 Ubicación | 4 |
| 3.1.2 Clima | 4 |
| 3.1.3 Suelo | 5 |
| 3.2 Metodología Experimental | 5 |
| 3.2.1 Descripción del Diseño Experimental | 5 |
| 3.2.2 Descripción de los Tratamiento | 6 |
| | |
| 3.3 Variables Evaluadas | 7 |
| 3.3.1 Altura de la planta (cm) | 7 |
| 3.3.2 Número de hojas | 7 |
| 3.3.3 Diámetro del tallo (mm) | 7 |
| 3.3.4 Longitud de la panoja (cm) | 8 |
| 3.3.5 Longitud del raquis (cm) | 8 |
| 3.3.6 Biomasa (Kg ha ⁻¹) | 8 |
| 3.3.7 Rendimiento de grano (Kg ha ⁻¹) | 8 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.3.8 | Porcentaje de nitrógeno en grano (%) | 8 |
| 3.3.9 | Porcentaje de nitrógeno en biomasa (%) | 8 |
| 3.3.10 | Acumulación de nitrógeno en la biomasa (Kg ha ⁻¹) | 8 |
| 3.3.11 | Acumulación de nitrogenen en el grano (Kg ha ⁻¹) | 8 |
| 3.3.12 | Relación de eficiencia (Kg ha ⁻¹) | 8 |
| 3.3.13 | Eficiencia fisiológica (%) | 9 |
| 3.3.14 | Eficiencia de recuperación (%) | 9 |
| 3.4 | Procesamiento de Datos | 9 |
| 3.5 | Manejo Agronómico | 9 |
| 1V | <i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> | 11 |
| 4.1 | <i>Variables de crecimiento y desarrollo</i> | 11 |
| 4.1.1 | <i>Altura de la planta</i> | 11 |
| 4.1.2 | <i>Número de hojas por planta</i> | 15 |
| 4.1.3 | <i>Diámetro del tallo</i> | 17 |
| 4.2 | <i>Variables y componentes del rendimiento</i> | 20 |
| 4.2.1 | Longitud de la panoja | 20 |
| 4.2.2 | Longitud del raquis | 22 |
| 4.2.3 | Biomasa (Kg ha ⁻¹) | 24 |
| 4.2.4 | Rendimiento de grano (Kg ha ⁻¹) | 27 |
| 4.2.5 | Porcentaje de nitrógeno en grano (%) | 30 |
| 4.2.6 | Porcentaje de nitrógeno en biomasa (%) | 31 |
| 4.3 | Uso eficiente de la fertilización nitrogenada | 33 |
| 4.3.1 | Acumulación de nitrógeno en biomasa (Kg ha ⁻¹) | 34 |
| 4.3.2 | Acumulación de nitrógeno en grano (Kg ha ⁻¹) | 34 |
| 4.3.3 | Relación de eficiencia (%) | 35 |
| 4.3.4 | Eficiencia fisiológica (%) | 36 |

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 4.3.5 | Eficiencia de recuperación (%) | 38 |
| V. | CONCLUSIONES | 40 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 42 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |

DEDICATORIA

A dios por haberme dado la vida, la sabiduría, inteligencia y entendimiento necesario, por ser mi Guía y llegar a concluir mi carrera universitaria y alcanzar el título profesional de Ing. Agrónomo Generalista.

A mis padres: pastora Rugama Méndez y Alfredo Manzanarez Aviléz por haber depositado en mi su confianza, comprensión, amor, y sobre todo por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi formación lo cual fue esencial para llegar a culminar mi formación académica.

A mi hijo Eliézer de Jesús Manzanarez Avendaño, el cual a sido mi inspiración, mi motivación para concluir mis estudios universitarios con la esperanza de darle un furo mejor y a si mismo a mi familia, te quiero hijo mi vida entera eso eres tú.

A mi esposa aquí en amo, aprecio y estimo mucho Nelly del Socorro Avendaño Suárez por haberme apoyado siempre y estar con migo en los buenos y malos momentos y ser alguien que influyó mucho para que yo lograra culminar mi carrera y por darme siempre su apoyo moral deseos de superación.

A mis hermanos: Narcisa, Harold, Rigoberto, Carlos, y Ramiro Manzanarez Rugama. Por haberme ayudado cuando más los necesité y darme ánimos y deseos de salir adelante.

A mis sobrinos: Joseph, Axel, Steven, Ricxer, Aron, Lenoska y Daleska Manzanarez.

Eliézer de Jesús Manzanarez Rugama.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo producto de mi esfuerzo necesario para obtener el título de ingeniero agrónomo generalista por lo cual he luchado con dedicación y ahínco.

A mi madre Celina María Romero Fernández quien fue capaz de apoyarme e incentivar me con cariño, amor y abnegación y aún estando lejos de mi hogar, ella supo darme la confianza para culminar mi carrera para un futuro mejor.

A mi padre Bayardo Estevan Calero Jaime, quien abnegadamente me ha brindado su valioso apoyo combinado con cariño y esperanza, para no desestimar nunca el privilegio de estudiar y poder alcanzar esta meta.

A mis hermanos: Arlen del Socorro Calero Romero
Bayardo Estevan Calero Romero

Quienes me han ayudado a mantener viva la alegría, la esperanza y el ego para no flaquear nunca aun en los momentos más difíciles, pudiendo salir siempre adelante, sirviéndome continuamente como un ejemplo a seguir en mi vida por su valentía de llegarse a superar por esfuerzo propio y no rendirse ante las adversidades de la vida.

Francisco José Calero Romero.

AGRADICIMIENTO

A INTSORMIL por haber apoyado al seguimiento y avance de esta investigación.

A nuestro asesor Ing. M.Sc. Leonardo García, por su apoyo incondicional.

A mi amigo y docente Armando Cerrato por haberme prestado su tiempo, paciencia y conocimientos.

Al departamento de becas muy especialmente a la Lic. Idalia Casco de Oporto por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta Universidad (UNA) mediante la asignación de una beca interna durante mis cinco años de carrera.

A todas las personas que laboran en el comedor del internado quienes muy amables los atendieron día a día en el transcurso de mi carrera.

Al personal del CENIDA quienes me apoyaron facilitándome material didáctico para fortalecer mis conocimientos.

A nuestros compañeros y amigos que estuvieron con nosotros apoyándome incondicionalmente a lo largo de esta carrera durante mi etapa de campo y gabinete, ellos son:

- Tania Elena Centeno, Ajax Manuel Fonseca. Donal Yamil Herrera, Franklin Escorcía. Haward Arnuero, - Lenin Anival Lopez, William Javier Büstching, Oswaldo Gonzales, Jose Andres Altamirano, Carlos Miller.

A mis tíos: Manuel Gonzáles Blanco.

Auxiliadora Maria Calero Jaime.

Por haberme apoyado moral y económicamente a lo largo de mis estudios.

A mi prima Marvina Leonor Gómez Calero.

Por su incondicionable apoyo logístico en la culminación de mi trabajo de diploma.

Eliézer de Jesús Manzanarez Rugama.

Francisco José Calero Romero.

INDICE DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla 1. Características del suelo donde se realizó el ensayo, Guadalupe San Ramón, 2003 | 5 |
| Tabla 2. Factores estudiados en el ensayo, en la comunidad de Guadalupe San Ramón, Matagalpa, 2003 | 6 |
| Tabla 3. Resultados de la altura de la planta a los 46, 60 y 74 dds. | 11 |
| Tabla 4. Resultados de la separación de medias para la variable altura de la planta a los 46, 60, 74 dds San Ramón, 2003. | 13 |
| Tabla 5. Efecto de la interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la altura de la planta a los 74 dds. | 14 |
| Tabla 6. Resultados de la variable número de hojas, a los 46, 60 y 74 dds. | 15 |
| Tabla 7. Resultados de la separación de medias para la variable número de hojas a los 46, 60 y 74 dds. | 15 |
| Tabla 8. Resultados de la variable diámetro del tallo, a los 46, 60 y 74 dds. | 18 |
| Tabla 9. Resultados de la separación de medias para la variable diámetro del tallo a los 46, 60 y 74 dds. | 19 |
| Tabla 10. Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre el diámetro de la planta los 74 dds. | 20 |
| Tabla 11. Resultados de la longitud de la panoja, a la cosecha. | 21 |
| Tabla 12. Valores alcanzados de longitud de la panoja. | 22 |
| Tabla 13. Resultados de la longitud del raquis, a la cosecha. | 23 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 14. | Resultados de la separación de medias para la variable longitud del raquis. | 24 |
| Tabla 15. | Resultados de la biomasa seca, a la cosecha. | 25 |
| Tabla 16. | Resultados de la separación de medias en la producción de biomasa seca. | 26 |
| Tabla 17. | Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre la biomasa seca. | 27 |
| Tabla 18. | Resultados de los rendimientos de grano. | 28 |
| Tabla 19. | Resultados de la separación de medias para la variable rendimiento. | 29 |
| Tabla 20. | Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en Kg ha ⁻¹ . | 30 |

INDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Precipitaciones y temperaturas promedio ocurridas de septiembre a diciembre del 2003 | 4 |
| Figura 2. Contenido de nitrógeno (%) en grano para cada línea cada línea y nivel de fertilización | 31 |
| Figura 3. Contenido de nitrógeno (%) en la biomas seca para cada línea y nivel de fertilización | 32 |
| Figura 4. Porcentaje de nitrógeno acumulado en la biomasa seca para cada línea y nivel e fertilización | 34 |
| Figura 5. Porcentaje de nitrógeno acumulado en el grano para cada línea y nivel de fertilización | 35 |
| Figura 6. Relación de eficiencia para cada línea y nivel de fertilización | 36 |
| Figura 7. Eficiencia fisiológica para cada una de las línea en estudio | 38 |
| Figura 8. Eficiencia de recuperación par cada una de las línea en estudio | 39 |

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el municipio de San Ramón, Matagalpa durante la época de postrera 2003. Las coordenadas de la propiedad son 12° 55' 24" latitud norte y 85° 50' 33" longitud oeste, con una altitud de 700 a 750 msnm. Se evaluó el comportamiento agronómico y el uso eficiente del nitrógeno de 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) más un testigo local PINOLERO 1. Cada línea en estudio se sometió a dos niveles de fertilización; 1) cero absoluto t 2) la aplicación de fertilizantes completo (12-30-10) al momento de la siembra a razón 1.5 qq ha⁻¹ y luego se aplicó urea (46%) en forma fraccionada a razón de 37.43 Kg de N ha⁻¹. El ensayo se estableció en un diseño en bloques completamente al azar con arreglo en parcela divididas. Las variables a evaluar, fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm) número de hojas por planta, longitud de la panoja (cm), longitud del ráquis (cm), biomasa seca producida (Kg. ha⁻¹), porcentaje nitrógeno en biomasa (%), porcentaje de nitrógeno en grano (%). rendimiento de grano (Kg ha⁻¹), acumulación de nitrógeno en grano (Kg ha⁻¹), Acumulación de nitrógeno en biomasa (Kg ha⁻¹), Eficiencia fisiológica (%), relación de eficiencia (%), Eficiencia de recuperación (%). Los datos se procesaron usando el paquete estadístico Olivares (versión 2.5) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, Facultad de Agronomía FAUNAL, con TUKEY al 0.05% de probabilidad. Con el nivel 37.43 Kg. de N ha⁻¹ los mejores resultados se obtuvieron en las variables: Altura de planta, número de hojas, diámetro, longitud del ráquis, en biomasa seca sobresalió la línea ICSVLM_89551, 89513 con 7,756.37 y 7,7049 Kg ha⁻¹ en la interacción de igual forma sobresalió la línea ICSVLM_89513 con 9,035 Kg ha⁻¹ y la línea ICSVLM_89503 con 8,824.75 Kg ha⁻¹, para el rendimiento de grano la línea que sobresalió fue ICSVLM_89537 con 2,595 Kg. ha⁻¹ de igual forma sobresalió e la interacción con 3,931 Kg ha⁻¹ En cuanto a los % de nitrógeno en biomasa con el nivel b1 sobresalió la línea ICSVLM_89537 con 1.11 % y para el nivel b2 fue la misma línea con 0.57 %, para el porcentaje de N en grano sobresalió el testigo pinolero 1 con 1.5 % para el nivel b1 y para el nivel b2 fue la línea ICSVLM_89544 con 1.44 %.en la acumulación de nitrógeno en grano para el nivel 37.43 Kg. de N ha⁻¹ (b₁) sobresalieron la línea ICSVLM_89537 con 49.5 Kg ha⁻¹ y para el nivel 0 Kg N ha⁻¹ (b₂) ICSVLM_89551 con 18.2 Kg. ha⁻¹, En la acumulación de N en la biomasa para el nivel b₁ sobresalió la línea ICSVLM_89551 con 62.1 Kg ha⁻¹ y para el nivel b₂ de igual forma sobresalió la misma línea con 36.5 Kg. ha⁻¹ en cuanto a la eficiencia fisiológica sobresalieron las líneas ICSVLM_90538 con 71 % en la eficiencia de recuperación sobresalió la línea ICSVLM_89537 con 192.7 %.

I INTRODUCCION

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

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

Para incrementar los rendimientos de grano se hace necesario cultivar el cereal que mejor se adapte a las condiciones ambientales de una determinada región. En ambientes donde el Arroz (*Oriza sativa* L) y el maíz (*Zea mays* L.) reducen significativamente sus rendimientos, el cultivo de sorgo por poseer características fisiológicas propias, le permite tolerar sequías prolongadas y adaptarse a condiciones adversas.

Las áreas cultivadas de endospermo blanco se encuentran en manos de pequeños y medianos productores, quienes lo hacen con el fin de obtener alimento para consumo humano, animal y la venta (sí existe un excedente de producción) en la industria procesadora de alimentos balanceados.

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

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los cereales. Debido a su resistencia a la sequía se considera como un cultivo más apto para las regiones áridas con lluvias erráticas (Paúl, 1990) además de ser una planta de días corto y noches largas.

En Nicaragua el área total de producción de sorgo se encuentra por debajo del potencial genético que éstas presentan; teniendo como causas principales una inadecuada localización de las áreas del cultivo, deficiencias en el manejo del cultivo (fecha de siembra, control de malezas y plagas, densidad poblacional, fertilización, entre otros) y uso de variedades con deterioro genético.

El grano de sorgo esta compuesto de: almidón de 70.2 % proteína, de 7.9 % grasa, de 3.3 % fibra, de 2.4 % vitaminas y de minerales 16.2 %,(Somarriba, 1997).

Las cantidades de fertilizante requeridas para la planta de sorgo, varían dependiendo del tipo y las condiciones del suelo; son pocos los trabajos de investigación que incluyen fertilización a base de elementos mayores (N, P y K) en el cultivo del sorgo (Pineda, 1997).

Las cantidades de nitrógeno absorbido por los cereales alimentarios superan las de cualquier otro nutriente y su movilidad, en la fase líquida y gaseosa pueden ser causadas por importantes pérdidas de suelo tras su aplicación como fertilizante.

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

Con el fin de evaluar el comportamiento agronómico y productivo de 12 líneas de sorgo, se realizó el presente trabajo de investigación proponiéndose los siguientes objetivos:

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- Comparar el comportamiento agronómico y el uso eficiente del nitrógeno de 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) en el municipio San Ramón, departamento de Matagalpa.

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones de manejo en Nicaragua.
- Determinar el rendimiento de cada línea y recomendar aquellas que obtengan un mejor comportamiento productivo.
- Identificar líneas que realizan un mejor uso eficiente del nitrógeno con el fin de optimizar el uso de los fertilizantes nitrogenados.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del lugar

3.1.1 Ubicación

El presente experimento fue realizado en la época de postrera en el período comprendido entre septiembre-diciembre de 2003, en la finca de Don Catalino Figueroa. Las coordenadas de la propiedad son 12° 55' 24" latitud norte y 85° 50' 33" longitud oeste, está ubicada a cuatro kilómetros al sur del municipio de San Ramón en la comunidad de Guadalupe, Matagalpa.

3.1.2 Clima

Este Municipio presenta un clima subtropical y un período de lluvia mayor de siete meses, empiezan en mayo y terminan en noviembre-diciembre, a veces se prolonga hasta febrero y el período seco es de enero a abril, las precipitaciones anuales son de 1000-2500 mm, los meses de mayor intensidad de lluvia son septiembre y octubre. La humedad relativa en el período lluvioso es mayor de 80 %, la temperatura máxima en las partes más bajas durante los meses de marzo a mayo oscilan alrededor de 33°C y la temperatura mínima en las partes altas durante los meses de enero y febrero son de 20°C.

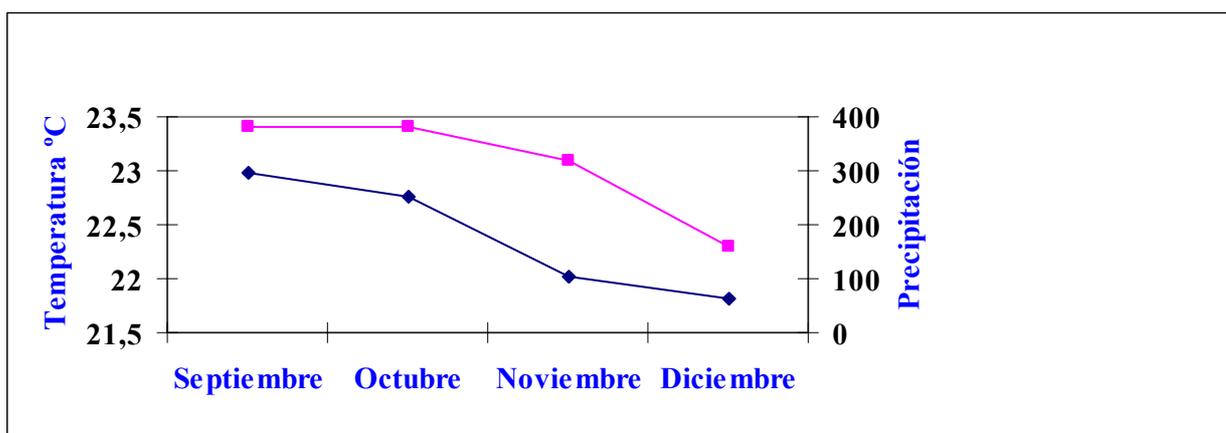


Figura 1. Precipitaciones y temperaturas promedio ocurridas de septiembre a diciembre del 2003.

3.1.3 Suelo

El tipo de suelo va desde arcillosos a franco arcilloso, estos son de color rojizo claro a oscuros dependiendo del grado de oxidación del hierro (Fe) y su contenido de materia orgánica (MO). Los tipos de suelos predominantes son los alfisoles y molisoles; la profundidad varía de 10 a 30 cm, con una pendiente que oscila entre 5 y el 10 %, y con un drenaje regular. Sus características se describen en la tabla 1.

La superficie agropecuaria de San Ramón es de 21,652 manzanas (MZ) de la cuales el 58 % es utilizado en cultivos anuales, perennes y semi perennes, el 26 % está, cubierta de pastos y 16 % de bosque.

La topografía de la zona es accidentada con pendientes que van desde 5 % en las partes más bajas hasta 50 % en las partes altas. La altitud de la zona es de 700 – 750 msnm.

Tabla 1. Características del suelo donde se realizó el ensayo, Guadalupe, San Ramón, 2003

| Elemento | Valor | Clasificación |
|-------------------------|-------|-----------------------|
| pH (H ₂ O) | 6.63 | Muy ligeramente ácido |
| Materia Orgánica (%) | 3.34 | Medio |
| Nitrógeno (%) | 0.16 | Medio |
| P (ppm) | 3.19 | Bajo |
| K (meq/100 g de suelo) | 0.44 | Alto |
| Ca (meq/100 g de suelo) | 8.02 | Alto |
| Mg (meq/100 g de suelo) | 5.72 | Alto |
| Arcilla (%) | 32.4 | Arcilloso |
| Limo (%) | 22 | Limoso |
| Arena (%) | 45.6 | Arenoso |
| CIC | 46.78 | |
| Textura | | Franco arcilloso |

Fuente: Laboratorio de suelo y agua. UNA 2003.

3.2 Metodología experimental

3.2.1 Descripción del diseño experimental

El ensayo fue establecido utilizando un diseño bifactorial en bloques completos al azar (BCA) con arreglos en parcelas divididas con 4 repeticiones; cada parcela estuvo constituida por 6 surcos de 3 metros de largo y 0.6 metros entre ellos, para un área de 15

metros cuadrados por parcela, y se utilizaron los 4 surcos centrales como parcela útil para realizar los muestreos de las variables a evaluar, es decir:

Un cuarto de sub parcela: $5\text{m} \times 3\text{m} = 15\text{ m}^2$

Área de una sub parcela: $15\text{ m}^2 \times 4 = 60\text{ m}^2$

El área de la repetición: $60\text{ m}^2 \times 3 = 180\text{ m}^2$

El área del bloque: 360 m^2

El área de los 4 bloques: $1,440\text{ m}^2$

Área de un testigo: 15 m^2

Área del experimento: $1,536\text{ m}^2$

El ensayo constó de 12 líneas más un testigo local.

1. ICSVLM_89503, 2. ICSVLM_89513, 3. ICSVLM_89524, 4. ICSVLM_89527
 5. ICSVLM_89537, 6. ICSVLM_89544, 7. ICSVLM_89551, 8. ICSVLM_90509
 9. ICSVLM_90510, 10. ICSVLM_90520, 11. ICSVLM_90538, 12. ICSVLM_92512
- PINOLERO1.

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

3.2.2 Descripción de los tratamientos

Cada línea obtuvo como fertilizante base 1 Kg ha^{-1} de 12-30-10, aplicados al fondo del surco al momento de la siembra, de igual forma se trató el testigo Pinolero 1. De los 6 surcos por parcela se utilizaron 3 como testigo (sin fertilización alguna) y a los otros tres restantes se les hizo una fertilización nitrogenada de forma fraccionada de la siguiente manera: 50% a los 30 días después de la siembra (dds) y el otro a los 45 dds. Las líneas y niveles evaluados se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Factores estudiados en el ensayo, en la comunidad de Guadalupe, San Ramón, Matagalpa, 2003.

| Factor A: Líneas de sorgo | Factor B Niveles de N aplicado en Kg ha ⁻¹ |
|--------------------------------|---|
| a ₁ : ICSVLM_89503 | b 1 37.43 Kg ha ⁻¹ de N |
| a ₂ : ICSVLM_89513 | b 2 0 Kg ha ⁻¹ de N |
| a ₃ : ICSVLM_89524 | |
| a ₄ : ICSVLM_89527 | |
| a ₅ : ICSVLM_89537 | |
| a ₆ : ICSVLM_89544 | |
| a ₇ : ICSVLM_89551 | |
| a ₈ : ICSVLM_90509 | |
| a ₉ : ICSVLM_90510 | |
| a ₁₀ : ICSVLM_90520 | |
| a ₁₁ : ICSVLM_90538 | |
| a ₁₂ : ICSVLM_92512 | |
| a ₁₃ : PINOLERO 1 | |

3.3 Variables evaluadas

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, a los 50 días después de la siembra se tomaron 10 plantas al azar por parcela útil y se evaluaron las siguientes variables para realizar el muestreo:

Altura de la planta (cm)

Fue tomada desde la superficie del suelo hasta la última hoja formada, esta variable fue tomada en tres momentos, a los 46, 60 y 74 (dds).

Número de hojas por planta

Fueron tomadas las hojas funcionales de la planta, la medición de esta variable también se realizó en tres momentos, a los 46, 60, y 74 (dds).

Diámetro del tallo (mm)

Fue tomado de la parte media de la longitud de la planta, esta variable fue tomada en tres momentos, a los 46, 60, y 74 (dds).

Al momento de la cosecha se evaluaron las siguientes variables.

Longitud de la panoja (cm)

Fue determinada midiendo desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma. Se tomó un promedio de 10 plantas cosechadas de la parcela experimental, 5 plantas fertilizadas y 5 sin fertilizar determinando su respectiva longitud y determinándoseles la media a cada grupo de panojas, la que fue considerada en el análisis estadístico.

Longitud del raquis (cm)

Fue tomada a partir de la hoja bandera hasta la base de la panoja.

Biomasa seca producida (Kg ha⁻¹)

Una muestra de material vegetal, fue introducida al horno por 72 horas a una temperatura de 65 °C, luego se retiró y se registró su peso

Rendimiento de grano (Kg ha⁻¹)

La producción de cada línea en cada parcela fue recolectada, pesada y ajustada al 14 % de humedad.

Porcentaje de nitrógeno en grano (%)

Se recolectó una muestra de grano la que fue introducida al laboratorio para analizar el contenido de nitrógeno utilizando la técnica semi-micro-kjeldhal para determinar el porcentaje de nitrógeno.

Porcentaje de Nitrógeno en biomasa (%)

La biomasa seca fue introducida en el laboratorio para saber la cantidad de nitrógeno existente utilizando la técnica semi-micro-kjeldhal

Acumulación de nitrógeno en la biomasa (Kg ha⁻¹)

Acumulación de nitrógeno en el grano (Kg ha⁻¹)

Relación de eficiencia (Kg N ha⁻¹)

Se utilizó la fórmula
$$UEN = \frac{\text{Rendimiento Kg ha}^{-1}(\text{Biomasa} + \text{grano})}{\text{N total Kg ha}^{-1} (\text{Biomasa} + \text{grano})}$$

Eficiencia fisiológica

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

Eficiencia de recuperación (%)

$$RE = \frac{\text{N Kg ha}^{-1}C/N(\text{Biomasa}+\text{Grano}) - \text{N Kg ha}^{-1} S/N (\text{Biomasa}+\text{Grano})}{37.43}$$

UEN: Uso Eficiente del Nitrógeno.

PE: Eficiencia Fisiológica.

RE: Eficiencia de Recuperación.

3.4 Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos de las variables en estudio 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 Diseño experimental Olivares 1985 Versión 2.5.

3.5 Manejo agronómico

La preparación del suelo fue realizada mediante labranza mínima utilizando tracción animal (bueyes), se inició con la limpieza del terreno, 2 pase de arado y surcado para proceder a la siembra. La siembra fue efectuada manualmente el 6 de septiembre del 2003; a los 20 días después de la siembra se realizó el raleo, dejando aproximadamente 15 plantas por surco.

La fertilización se realizó aplicando 52 Kg ha^{-1} de N.P.K. de la fórmula 12 – 30 – 10. Esta se incorporó al momento de la siembra, posteriormente se incorporó la fertilización nitrogenada (Urea 46%), de forma fraccionada, el primer 50% a los 20 dds y la segunda aplicación se realizó a los 45 dds.

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de crecimiento y desarrollo del cultivo.

4.1.1 Altura de la planta

La altura del sorgo es una característica variable que se encuentra sometida a control genético (FAO, 1980).

Según López y Galeato (1982), la altura de la planta está influenciada por diferentes factores como: disponibilidad de nutrientes, humedad, temperatura y competencia siendo determinantes en el descenso de la altura de la planta de sorgo. El sorgo tiene un crecimiento lento en sus primeros 25 días después de la siembra, pero después de los 30 días se acelera (Cristiani, 1987).

La caña o tallo está formada de una serie de nudos y entrenudos es delgada y muy vigorosa su longitud varia de 0.5 a 4 metros (House, 1982).

La variable altura de la planta, según el ANDEVA, Tabla 3 indica que existieron efectos significativos para el factor A durante los tres muestreos (46, 60 y 74 dds), esto como resultado de la diversidad genética del material utilizado. Separando los tratamientos en siete categorías a los 46 (dds), seis categorías a los 60 dds y nueve categorías a los 74 dds, permitiendo afirmar lo planteado por la (FAO, 1980) que las diferencias de alturas están influenciadas por factores genéticos.

Tabla 3. Resultados de la altura de la planta a los 46, 60 y 74 dds.

| F. V | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|-------------|--------|--------|--------|
| Factor A | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| CV % | 22.15 | 14.50 | 15.14 |
| Factor B | 0.275 | 0.101 | 0.889 |
| Interacción | 0.010 | 0.000 | 0.000 |
| CV % | 27.86 | 18.52 | 12.20 |

Para el factor B los efectos no significativos en los tres muestreos podrían indicar que este parámetro no es afectado por la aplicación de fertilizante, o su expresión no requiere de niveles altos en el suelo.

En la tabla 4 muestra que a los 46 dds, las líneas que presentan mayor altura fueron ICSVLM_89524 con 36.93 cm, seguido por ICSVLM_89544 con 36.15 cm que conforman una segunda categoría y en último lugar se encuentra las líneas ICSVLM_90538 con 20.91 cm, ICSVLM_90520 con 18.70 cm y PINOLERO 1 con 18.54 cm siendo iguales categóricamente, a los 60 dds la mayor altura la obtuvieron las líneas ICSVLM_89513 con 49.19 cm, ICSVLM_89503 con 46.16 cm y ICSVLM_89524 con 45.73 cm respectivamente; en segundo lugar las líneas ICSVLM_89527, 89544 con 41.94 y 41.19 cm y en último lugar las líneas, ICSVLM_90520, 92512, 90538 y 90509 con 28.49, 28.19, 27.54 y 26.95 cm, respectivamente y PINOLERO 1 con 25.78 cm. siendo iguales categóricamente. Estos parámetros no varían a los 74 dds sobresaliendo la línea ICSVLM_89513 con 82.01 cm, en segundo lugar ICSVLM_89503 con 71.99 cm y en último lugar las líneas ICSVLM_92512 con 40.24 cm y ICSVLM_90538 con 39.74 cm indicando que las líneas evaluadas presentan alturas adecuadas para una cosecha mecanizada ya que los rangos óptimos para este tipo de sistema convencional son de 160 – 170 cm, En cambio alturas mayores a 190 cm traen consigo inconvenientes a la hora de la cosecha.

Tabla 4. Resultados de la separación de medias para la variable altura de la planta a los 46, 60, 74 dds San Ramón, 2003.

| Factor A líneas | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|---|------------|-----------|-----------|
| ICSVLM_89524 | 36.93 a | 45.73 a | 70.58 abc |
| ICSVLM_89544 | 36.15 ab | 41.19 ab | 54.39 de |
| ICSVLM_89513 | 34.85 abc | 49.19 a | 82.01 a |
| ICSVLM_89503 | 33.50 abc | 46.16 a | 71.99 ab |
| ICSVLM_89537 | 30.05 abcd | 39.85 abc | 58.01 cd |
| ICSVLM_90551 | 28.60 abcd | 35.26 bcd | 49.86 def |
| ICSVLM_89527 | 27.83 abcd | 41.94 ab | 60.35 bcd |
| ICSVLM_90510 | 24.35 bcd | 29.85 cd | 55.50 de |
| ICSVLM_89509 | 23.23 cd | 26.95 d | 43.20 ef |
| ICSVLM_92512 | 23.13 cd | 28.19 d | 40.24 f |
| ICSVLM_90538 | 20.91 d | 27.24 d | 39.74 f |
| ICSVLM_90520 | 18.70 d | 28.49 d | 52.45 def |
| PINOLERO 1 | 18.54 d | 25.78 d | 44.60ef |
| ANDEVA | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
| b ₁ 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 26.70 | 34.87 | 55.43 |
| b ₂ 0 Kg ha ⁻¹ de N | 28.19 | 36.80 | 55.64 |
| ANDEVA | 0.275 | 0.101 | 0.889 |

Cifras con promedios iguales no difieren estadísticamente. Tukey $\alpha = 0.05$

Para el factor B durante los tres muestreos no demostró diferencias significativas a lo largo de su ciclo, pero si muestran diferencias numéricas entre ambos factores.

Los resultados obtenidos de la interacción según el ANDEVA (Tabla 5) muestran que al aplicar N la línea ICSVLM_89524 fue la que presentó la mayor altura con 72.95 cm y con menor altura la línea ICSVLM_90538 con 31.78 cm. Sin embargo es interesante resaltar que con el nivel cero aplicación, se registraron valores mayores de altura que los alcanzado con aplicación de N, lo que podría indicar que existen líneas para la variable altura que se ven menos afectada por la fertilización nitrogenada.

Tabla 5. Efecto de la interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre la altura de la planta a los 74 dds.

| Tratamiento | 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 0 Kg ha ⁻¹ de N |
|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| ICSVLM-89524 | 72.95 a | 68.20 bc |
| ICSVLM-89551 | 69.33 ab | 30.40 e |
| ICSVLM-89513 | 68.38 ab | 93.65 a |
| ICSVLM-89527 | 68.03 ab | 52.68 cd |
| ICSVLM-89537 | 60.78 abc | 55.25 cd |
| ICSVLM-89503 | 58.80 abcd | 85.18 ab |
| ICSVLM-89544 | 55.15 abcde | 53.63 cd |
| ICSVLM-90510 | 54.33 bcde | 56.68 cd |
| ICSVLM-90520 | 52.30 bcde | 52.60 cd |
| ICSVLM-90509 | 47.98 cdef | 38.43 de |
| ICSVLM-92512 | 40.90 def | 39.58 de |
| PINOLERO 1 | 39.88 ef | 49.33 d |
| ICSVLM-90538 | 31.78 f | 47.70 de |
| Significancia | 0.000 | 0.000 |

Promedios con igual letra no son significativos. Tukey $\alpha = 0.05$

4.1.2 Número de hojas por planta

Las hojas son órgano primario que salen del tallo y ejecutan dos importantísimas funciones en la vida del vegetal el proceso de la fotosíntesis destinada a la elaboración de materia orgánica y la transpiración destinada a eliminar el exceso de agua por lo que tiene una relación directamente proporcional con el crecimiento y rendimiento del cultivo (Peña, 1989).

La fenología encierra fenómenos biológicos acomodados a ciertos ritmos periódicos como brotación, número de hojas, floración y maduración.

El número de hojas por planta está en dependencia de la variedad, porte y condiciones agro ecológicas del medio en que se cultiva. El tallo erguido presenta un número de hojas comprendido entre 5 y 24, éstas hojas están provistas de una vaina más larga que los entrenudos a los que cubre y rodea completamente (Ibar, 1987).

Las plantas de sorgo se diferencian unas a otras en cuanto al número de hojas, en plantas bien adaptadas hay comúnmente de 14 a 16 hojas, pero especies menos adaptadas pueden tener hasta 30 hojas (Peña, 1989).

Los resultados para la variable número de hojas, según el ANDEVA, (Tabla 6) muestran efectos significativos para el factor A en los tres muestreos, para el factor B durante las evaluaciones la variable número de hojas no mostró diferencias estadísticas pero si diferencias numéricas y la interacción no se manifestó al final de las evaluaciones, lo que podría suponerse es que las variaciones en esta variable dependen de la diversidad genética de las líneas evaluadas.

Tabla 6. Resultados de la variable número de hojas, a los 46, 60 y 74 dds.

| F.V | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|-------------|--------|--------|--------|
| Factor A | 0.008 | 0.000 | 0.001 |
| CV % | 16.37 | 12.81 | 11.90 |
| Factor B | 0.860 | 0.504 | 0.146 |
| Interacción | 0.001 | 0.016 | 0.324 |
| CV % | 19.05 | 9.21 | 10.06 |

Dentro del factor A la separación de medias mostró que a los 46, 60, 74 dds la línea que presentó mayor número de hojas es ICSVLM_89503 con 4, 7, y 10 hojas, respectivamente y en último lugar durante los tres muestreos el testigo PINOLERO 1 con 3, 5 y 8 hojas, respectivamente siendo diferentes categóricamente, los resultados se muestran en el Tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la separación de medias para la variable número de hojas para los factores en estudio a los 46, 60 y 74 dds.

| Factor A: líneas | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|---|--------|--------|--------|
| ICSVLM_89503 | 4a | 7a | 10a |
| ICSVLM_89513 | 4ab | 6b | 9ab |
| ICSVLM_89544 | 4ab | 6bc | 8abc |
| ICSVLM_89524 | 4ab | 6bc | 9abc |
| ICSVLM_90510 | 4ab | 5c | 8bc |
| ICSVLM_89537 | 4ab | 6bc | 8bc |
| ICSVLM_89551 | 4ab | 5bc | 9abc |
| ICSVLM_89527 | 4ab | 6ab | 8abc |
| ICSVLM_90509 | 3ab | 6bc | 8abc |
| ICSVLM_90538 | 3ab | 5bc | 8bc |
| ICSVLM_92512 | 3ab | 5bc | 9abc |
| ICSVLM_90520 | 3ab | 6bc | 8bc |
| PINOLEO 1 | 3b | 5c | 8c |
| ANDEVA | 0.008 | 0.000 | 0.001 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | 46 | 60 | 74 |
| b ₁ : 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 3 | 6 | 9 |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 3 | 6 | 8 |
| ANDEVA | 0.860 | 0.504 | 0.146 |

En relación con el factor B en el análisis de varianza no mostró efectos significativos, pero si mostró diferencias numéricas lo que supone que las líneas evaluadas no son muy exigentes en cuanto a la aplicación de fertilizantes lo que supone que estas no demandan grandes cantidades de fertilizantes y no significativas para la interacción en la tres toma de datos (46, 60 y 74 dds).

4.1.3 Diámetro del tallo

Somarriba (1997) define que la caña o tallo está formada por una serie de nudos y entre nudos, es delgado y muy vigoroso midiendo de 0.5 a 5 centímetros de diámetro cerca de la base volviéndose más angosto en el extremo superior.

El diámetro se puede ver diferenciado por varios factores entre ellos se destacan: el nitrógeno disponible en el suelo, y la densidad poblacional usada (Cuadra, 1988).

Según Alvarado (1994), en estudios realizados sobre el diámetro del tallo de las plantas de sorgo no encontró diferencias significativas tanto en labranza convencional como labranza cero.

El acame de las plantas se produce como resultado del pobre vigor de los tallos, el sorgo acamado constituye un medio favorable para el desarrollo de hongos y otra enfermedades (Poehlman 1965).

Según el ANDEVA (Tabla 8) muestra que el factor A presenta efectos significativos, esto como resultado tanto de la densidad poblacional como del material genético utilizado y no significativos para el factor B, en los tres muestreos, en el caso de la interacción a los 46 dds muestra efectos no significativos, no así en los dos análisis evaluados a los 60 y 74 dds, mostrando efectos significativos, las diferencias encontradas según los análisis podrían estar ligadas directamente a factores genéticos producto de las diferentes líneas estudiadas.

Tabla 8. Resultados de la variable diámetro del tallo, a los 46, 60 y 74 dds.

| F.V | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|-------------|--------|--------|--------|
| Factor A | 0.008 | 0.000 | 0.000 |
| CV % | 25.79 | 21.12 | 12.38 |
| Factor B | 0.520 | 0.260 | 0.260 |
| Interacción | 0.427 | 0.018 | 0.000 |
| CV % | 25.44 | 15.45 | 14.1 |

Para el factor A según la Tabla 9 a los 46 dds la línea que presentó mayor diámetro fue ICSVML_89513 con 9.7 mm y en último lugar según los análisis lo presenta el testigo PINOLERO 1, con 6.7 mm y la línea ICSVLM_90520 con 6.7 mm siendo iguales categóricamente. A los 60 dds la línea que presentó mayor diámetro fue ICSVLM_89503 con 11 mm, siempre dentro de este mismo muestreo con un nivel más bajo se presenta el testigo PINOLERO1 con 7.8 mm, siguiendo con los análisis según la última toma de datos (74 dds) la línea que mostró mayor diámetro del tallo fue ICSVLM_89503 con 12.4 mm, superada las demás líneas evaluadas lo que permite ubicarla dentro de una sola categoría estadística y en último lugar dentro de este mismo muestreo se ubica el testigo PINOLERO1 con 8.0 mm manteniendo resultados inferiores en comparación al resto de líneas evaluadas, esto se debió a que esta variedad es exigente respecto al manejo agronómico.

Tabla 9. Resultados de la separación de medias para la variable diámetro del tallo a los 46, 60 y 74 dds.

| Factor A: Líneas | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
|---|--------|---------|----------|
| ICSVLM_89513 | 9.7a | 10.2abc | 10.5ab |
| ICSVLM_89527 | 9.5ab | 10ab | 11.7abc |
| ICSVLM_89503 | 9.5ab | 11a | 12.4a |
| ICSVLM_89537 | 9.3ab | 9.4abc | 9.4bcd |
| ICSVLM_89544 | 9.3ab | 9.5abc | 9.6bcd |
| ICSVLM_90538 | 8.8ab | 9.6abc | 9.6bcd |
| ICSVLM_89524 | 8.5ab | 9.5abc | 10.2abc |
| ICSVLM_92512 | 7.9ab | 8.4c | 8.5 cd |
| ICSVLM_90510 | 7.9ab | 8.7bc | 9.3bcd |
| ICSVLM_90509 | 7.7ab | 9.1bc | 9.2bcd |
| ICSVLM_89551 | 7.2ab | 9.2bc | 9.8abcd |
| PINOLERO 1 | 6.7b | 7.8c | 8.0bcd |
| ICSVLM_90520 | 6.7b | 10.3abc | 10.5abcd |
| ANDEVA | 0.008 | 0.000 | 0.000 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | 46 dds | 60 dds | 74 dds |
| b ₁ : 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 8.64 | 9.85 | 9.65 |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 8.33 | 9.46 | 9.30 |
| ANDEVA | 0.520 | 0.260 | 0.260 |

En el factor B el análisis de medias indicó efectos no significativos en los tres muestreos pero si mostró diferencias numéricas.

Para la interacción, la separación de medias indicó que para el nivel 37.43 y 0 Kg ha⁻¹ de N hay cinco categorías estadística para cada nivel. Los resultados de los análisis según la ultima toma de datos (74 dds) con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N, la línea que sobresalió fue ICSVLM_89503 con 13.33 mm y en último lugar dentro este mismo nivel se ubica la línea ICSVLM_89551 con 7.68 mm, con el tratamiento cero nivel de fertilización (0 Kg ha⁻¹ de N) el mayor diámetro lo muestra la línea ICSVLM_89551 con 11.93 mm y en último lugar el testigo PINOLERO 1 con 7.33 mm, siempre dentro de este mismo nivel hubieron 5 líneas que superaron al nivel fertilización aunque las diferencias no son bien

marcadas esto refleja que estas líneas responden satisfactoriamente a las fuentes de fertilización natas del suelo, los resultados de los factores independientes se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre el diámetro de la planta los 74 dds.

| Tratamiento | 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 0 Kg ha ⁻¹ de N |
|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| ICSVLM-89503 | 13.3a | 10.4ab |
| ICSVLM-89527 | 11ab | 9abc |
| ICSVLM-89524 | 10.7abc | 9.7abc |
| ICSVLM-89544 | 10.2abc | 8.9abc |
| ICSVLM-89513 | 10.2abc | 10.2abc |
| ICSVLM-90510 | 9.3bc | 9.5abc |
| ICSVLM-89537 | 9.2bc | 9.3abc |
| ICSVLM-90520 | 9.2bc | 10.4ab |
| ICSVLM-90509 | 9bc | 7.4bc |
| PINOLERO 1 | 8.8bc | 7.3c |
| ICSVLM-90598 | 8.5bc | 8.7bc |
| ICSVLM-92512 | 7.8c | 7.8bc |
| ICSVLM-89551 | 7.6c | 11.9 a |
| Significancia | 0.000 | 0.000 |

Promedios con igual letra no son significativos. Tukey $\alpha = 0.05$

4.2 Variables y componentes del rendimiento

4.2.1 Longitud de la panoja

La panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según la distancia entre ramillas, posición, longitud o densidad de las flores por rama, la posición puede ser recta curva, la longitud de la panoja es inversa al ancho de la misma. Esta variable se puede ver influenciada por factores tales como: fertilidad, humedad del suelo, foto periodo y factores genéticos (León, 1987).

La panoja de tipo semi cerrada y con buena longitud (21 a 31 cm) produce un buen rendimiento del grano (Clara, 1988).

El ANDEVA realizado (Tabla 11) demuestra que los resultados para el factor A fueron no significativos y significativos para el factor B, esto confirma lo planteado por León (1987) que la longitud de la panoja está influenciada por la fertilidad de los suelos lo que indica que los genotipos evaluados responden muy bien a las aplicaciones de fertilizantes, siguiendo con los análisis la interacción mostró efectos no significativos.

Tabla 11. Resultados de la longitud de la panoja, a la cosecha.

| F.V | Al momento de la cosecha. |
|-------------|---------------------------|
| Factor A | 0.128 |
| CV % | 20.24 |
| Factor B | 0.000 |
| Interacción | 0.229 |
| CV % | 17.54 |

Para el factor B el análisis de medias muestra que existe un aumento de tamaño en la panoja cuando se aplicó 37.43 Kg ha⁻¹ de N obteniéndose una longitud de 22.05 cm superando respectivamente al nivel cero fertilización (0 Kg ha⁻¹ de N) con 17.91 cm, los resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores alcanzados de longitud de la panoja.

| Factor A: líneas | Longitud de la panoja |
|---|-----------------------|
| ICSVLM_89503 | 21.01 |
| ICSVLM_89513 | 18.83 |
| ICSVLM_89524 | 17.50 |
| ICSVLM_89527 | 23.4 |
| ICSVLM_89537 | 19.55 |
| ICSVLM_89544 | 19.23 |
| ICSVLM_89551 | 22.26 |
| ICSVLM_90509 | 18.96 |
| ICSVLM_90510 | 20.29 |
| ICSVLM_90520 | 19.20 |
| ICSVLM_90538 | 21.44 |
| ICSVLM_92512 | 19.73 |
| PINOLERO 1 | 18.30 |
| ANDEVA | 0.128 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | Longitud de la panoja |
| b ₁ : 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 22.05a |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 17.91b |
| ANDEVA | 0.000 |

4.2.2 Longitud del raquis

La excersión es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo que se localiza entre la panoja y el tallo, la excersión se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja, una buena excersión de panoja permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera lo que le reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula.

La longitud de excersión de la panoja posibilita el quiebre del pedúnculo y por lo tanto la pérdida de los granos (Álvarez y Talavera, 1991).

Las líneas con intervalos de 5 a 7 cm de longitud del raquis no son muy aceptables, ya que lo recomendable es que sean mayores para no tener inconvenientes en la

incorporación de materia indeseable ya que influye en la calidad del grano (Espinoza, 1992).

El ANDEVA aplicado a la variable longitud del raquis según la Tabla 13 muestra que existen efectos significativos para el factor A, estos resultados están influenciados directamente por la diversidad genética de los genotipos estudiados, siguiendo con los análisis para el factor B muestra efectos significativos, lo que nos indica que la longitud del raquis además de verse afectado por factores genéticos, la fertilización jugó un papel importante en su desarrollo, para la interacción mostró efectos no significativos.

Tabla 13. Resultados de la longitud del raquis, a la cosecha.

| F.V | Al momento de la cosecha. |
|-------------|---------------------------|
| Factor A | 0.000 |
| CV % | 11.48 |
| Factor B | 0.000 |
| Interacción | 0.240 |
| CV % | 12.02 |

Para el factor A la Tabla 14 muestra que la mayor longitud del raquis lo obtuvo la línea ICSVLM_92512 con 28.16 cm. Dentro de este mismo factor con un nivel más bajo se presentó la línea ICSVLM_89537 con 18.71 cm. Cabe señalar que la longitud del raquis es un carácter de suma importancia económica, ya que según Espinoza (1992), las longitudes que se encuentren dentro de los rangos (5 a 7 cm) ocasionan efectos negativos en la recolección mecanizada lo que se traduce en una mayor incorporación de materia inerte ocasionando una disminución en la calidad de la semilla, considerando por lo tanto que estas líneas superan estos rangos óptimos lo que le favorece durante la recolección mecanizada.

En el factor B se muestra que la mayor longitud del raquis se presenta con el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N con 25.39 cm. En comparación con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N que alcanzó una longitud de 22.34 cm. Este resultado demuestra que la longitud del raquis no se ve afectado por la aplicación de fertilizantes, esto se debe probablemente a que a mayor aplicación de fertilizante mayor desarrollo de la panoja y por ende una menor longitud del raquis y viceversa.

Tabla 14. Resultados de la separación de medias para la variable longitud del raquis.

| Factor A: líneas | Longitud del raquis |
|---|---------------------|
| ICSVLM_92512 | 28.16a |
| ICSVLM_89503 | 26.03ab |
| PINOLERO 1 | 25.78ab |
| ICSVLM_90538 | 25.27ab |
| ICSVLM_89544 | 24.71ab |
| ICSVLM_90510 | 24.70ab |
| ICSVLM_89527 | 24.50ab |
| ICSVLM_89551 | 23.77abc |
| ICSVLM_89524 | 23.41abcd |
| ICSVLM_90509 | 23.40abcd |
| ICSVLM_90520 | 22.10bcd |
| ICSVLM_89513 | 19.67cd |
| ICSVLM_89537 | 18.71d |
| ANDEVA | 0.000 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | Longitud del raquis |
| b ₁ : 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 22.33a |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 25.39b |
| ANDEVA | 0.000 |

4.2.3. Biomasa

La biomasa es una forma de evaluar la masa de los tejidos vivos de una planta, agronómicamente hablando se evalúa como biomasa aérea con el propósito de utilizar los rastrojos como suplemento alimenticio del ganado en la época de verano.

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

Según el ANDEVA (Tabla 15) muestra que los factores estudiados tienen efectos significativos para ambos factores en estudio así como para la interacción, estos resultados indican que las variaciones en cuanto a contenidos de biomasa están siendo influenciadas directamente por factores genéticos y las aplicaciones de fertilizantes.

Tabla 15. Resultados de la biomasa seca, a la cosecha.

| F.V | Al momento de la cosecha. |
|-------------|---------------------------|
| Factor A | 0.000 |
| CV % | 15.57 |
| Factor B | 0.000 |
| Interacción | 0.000 |
| C.V | 12.02 |

Para el factor A según los análisis la tabla 16 muestra que las líneas que obtuvieron mayor rendimiento de materia seca (MS) fueron ICSVLM_89551, 89513 con 7, 756.38, 7, 040 Kg ha⁻¹ siendo iguales categóricamente siempre dentro del mismo factor con un nivel más bajo se presenta el testigo PINOLERO 1 con 1 926.12 Kg ha⁻¹ de MS.

Respecto al factor B la mayor producción de biomasa se obtuvo cuando se aplicó 37.43 Kg ha⁻¹ de N con 5, 339.76 Kg ha⁻¹ MS, obteniendo el menor resultado con el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N con 3, 648.28 Kg de MS, esto confirma lo citado por Paúl (1990) que a mayor absorción de nitrógeno mayor rendimiento de biomasa.

Los bajos rendimientos obtenidos por el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N son debidos a la no aplicación del elemento N en el suelo disminuyendo el desarrollo vegetativo de la planta.

Tabla 16. Resultados de la separación de medias en la producción de biomasa seca.

| Factor A: líneas | Biomasa seca (Kg ha ⁻¹) |
|---|--------------------------------------|
| ICSVLM_89551 | 7756.37a |
| ICSVLM_89513 | 7049.00a |
| ICSVLM_89503 | 5679.79b |
| ICSVLM_89527 | 4647.12bc |
| ICSVLM_89544 | 4589.75c |
| ICSVLM_90538 | 4334.50c |
| ICSVLM_92512 | 4147.50c |
| ICSVLM_90510 | 4082.25c |
| ICSVLM_89537 | 3965.12c |
| ICSVLM_9520 | 3834.62c |
| ICSVLM_89524 | 3727.00cd |
| ICSVLM_90509 | 2682.50de |
| PINOLERO 1 | 1926.12e |
| ANDEVA | 0.000 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | Biomasa seca Kg ha ⁻¹ |
| br: 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 5339.76a |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 3648.28b |
| ANDEVA | 0.000 |

En la tabla 17 se muestra el efecto de interacción que la separación de medias indicó, tres categorías estadísticas con el tratamiento 37.43 Kg ha⁻¹ de N y 8 categoría para el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N. Al analizar el efecto de la interacción de los factores, muestra que con el tratamiento 37.43 Kg ha⁻¹ de N las líneas que obtuvieron el mayor rendimiento de materia seca fueron ICSVLM_89513, 89503, 89551 con 9,035, 8,824.75, 8,069.75 Kg de MS siendo iguales categóricamente siempre dentro de este mismo nivel, con una producción más baja de materia seca se encuentra la línea ICSVLM_90509 y el PINOLERO 1 con 2751.25, 2 122.75 Kg de MS. Respecto al nivel cero aplicación de fertilizante (0 Kg ha⁻¹ de N) la línea que obtuvo mayor rendimiento fue ICSVLM_89551 con 7, 443 Kg ha⁻¹ y en último lugar el testigo PINOLERO 1 con 729.50 Kg de MS.

Tabla 17. Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre la biomasa seca.

| Tratamiento | 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 0 Kg ha ⁻¹ de N |
|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| ICSVLM-89513 | 9,035a | 5,045b |
| ICSVLM-89503 | 8,824.75a | 2,534.25de |
| ICSVLM-89551 | 8,069.75a | 7,443a |
| ICSVLM-90598 | 5,513.75b | 3,155..25cde |
| ICSVLM-89527 | 5,352b | 3,942.25bcd |
| ICSVLM-89537 | 4,934b | 3,016..25cde |
| ICSVLM-90510 | 4,808.50b | 3,356cd |
| ICSVLM-89544 | 4,742.25b | 4,437.25bc |
| ICSVLM-92512 | 4,484.75b | 3,810.25bcd |
| ICSVLM-90520 | 4,447.25b | 3,222cde |
| ICSVLM-89524 | 4,341b | 3,123cde |
| ICSVLM-90509 | 2,751.25c | 2,613.75de |
| PINOLERO 1 | 2,122.75c | 1,729.50e |
| Significancia | 0.000 | 0.000 |

4.2.4 Rendimiento de grano

El rendimiento del grano de sorgo es el resultado de factores biológicos y ambientales los cuales interaccionan entre si. Paúl (1995), señala también que está determinado por la deficiencia que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio, relacionado al potencial genético. Este potencial genético depende de numerosos componentes de contribución individual, pero cuya acción conjunta redundan en la expresión del rendimiento final.

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto comparable al del arroz, trigo y maíz. En condiciones de campo, los rendimientos pueden llegar a superar los 11,000 Kg ha⁻¹; con rendimientos promedios que fluctúan entre 7,000 y 9,000 Kg ha⁻¹ cuando la humedad no es un factor limitante. En aquellas áreas donde es un cultivo común sostiene rendimientos

de 3,000 a 4,000 Kg ha⁻¹ bajo buenas condiciones y bajan a 300 ó 1,000 Kg ha⁻¹ cuando la humedad se vuelve limitante (House, 1982).

Para lograr buenos rendimientos de granos las líneas deben tener características agronómicas adecuadas como panojas semiabiertas y longitud superior a los 30 cm Espinoza (1992).

Salmerón y García (1994) manifiestan que el rol del nitrógeno sobre los rendimientos varía de acuerdo al potencial genético de las variedades.

El análisis de rendimiento del grano según el ANDEVA (Tabla 18) muestra que existen efectos significativos para ambos factores, así como para la interacción entre ambos factores en estudio.

Tabla 18. Resultados de los rendimientos de grano.

| F.V | Al momento de la cosecha. |
|-------------|---------------------------|
| Factor A | 0.000 |
| CV % | 16.93 |
| Factor B | 0.000 |
| Interacción | 0.000 |
| CV % | 17.92 |

Dentro del factor A, según la Tabla 19 muestra que la línea que obtuvo mayor rendimiento, fue ICSVLM_89537 con 2, 595 Kg ha⁻¹ de grano, consecutivamente dentro de este mismo factor con un rendimiento inferior se encuentra la línea ICSVLM_89524 con 1,323.63 Kg ha⁻¹.

Dentro del factor B, con el nivel fertilización (37.43 Kg ha⁻¹ de N) los rendimientos promedios de grano que se alcanzaron fueron de 2,643.83 Kg ha⁻¹, superando de esta manera al nivel cero aplicación de fertilizante (0 Kg ha⁻¹ de N) con 935.85 Kg ha⁻¹.

Tabla 19. Resultados de la separación de medias para la variable rendimiento.

| Factor A: líneas | Rendimiento |
|---|--------------|
| ICSVLM_89537 | 2,595a |
| ICSVLM_89527 | 2,129.5ab |
| ICSVLM_89551 | 2,073.81ab |
| ICSVLM_90520 | 2,000.50bc |
| ICSVLM_90510 | 1,902.12bcd |
| ICSVLM_89544 | 1,818.87bcde |
| ICSVLM_89513 | 1,759.50bcde |
| ICSVLM_90538 | 1,599bcde |
| ICSVLM_89503 | 1,597.37bcde |
| ICSVLM_92512 | 1,597.12bcde |
| ICSVLM_90509 | 1,469.25cde |
| PINOLERO 1 | 1,402.37de |
| ICSVLM_89524 | 1,323.62e |
| ANDEVA | 0.000 |
| Factor B: Kg ha ⁻¹ de N | Rendimiento |
| b ₁ : 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 2,643.82a |
| b ₂ : 0 Kg ha ⁻¹ de N | 935.85b |
| ANDEVA | 0.000 |

Al evaluar el efecto de las interacciones, se observan que la variable rendimiento mostró efectos significativos agrupando los tratamientos en seis categorías estadísticas.

Los resultados de la interacción en la Tabla 20 muestra que el mayor rendimiento de grano lo obtuvo la línea ICSVLM_89537 con la aplicación 37.43 Kg ha⁻¹ de N para un rendimiento de 3,931 Kg ha⁻¹, presentando menor rendimiento con el mismo nivel el testigo PINOLERO1, la línea ICSVLM_89524 y 90509 con 2133, 2074, 2012.75 Kg ha⁻¹ respectivamente, siendo iguales categóricamente. Se observó que con el nivel cero aplicación de fertilizante (0 Kg ha⁻¹ de N) la línea que presentó un mayor rendimiento de grano fue ICSVLM_89551 con 1,377.50 Kg ha⁻¹ y en menor grado dentro de este mismo nivel la línea ICSVLM_89524 con 573.25 Kg ha⁻¹.

Tabla 20. Efecto de interacción de las líneas y niveles de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en Kg ha⁻¹.

| Tratamiento | 37.43 Kg ha ⁻¹ de N | 0 Kg ha ⁻¹ de N |
|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| ICSVLM-89537 | 3931a | 1259ab |
| ICSVLM-89527 | 3254.75ab | 1003.75ab |
| ICSVLM-90520 | 2943bc | 1058ab |
| ICSVLM-90510 | 2905.25bc | 8099ab |
| ICSVLM-89551 | 2770.25bcd | 1377.50a |
| ICSVLM-89544 | 2577bcd | 1060.75ab |
| ICSVLM-89503 | 2551.75bcd | 643ab |
| ICSVLM-92512 | 2501.25bcd | 693ab |
| ICSVLM-90538 | 2460.75cd | 737.25ab |
| ICSVLM-89513 | 2255cd | 1264ab |
| PINOLERO 1 | 2133d | 671.75ab |
| ICSVLM-89524 | 2074d | 573.25 |
| ICSVLM-90509 | 2012.75d | 925.75ab |
| Significancia | 0.000 | 0.000 |

4.2.5 Porcentaje de nitrógeno en el grano (%)

El nitrógeno juega un rol importante en las plantas, en los cereales su influencia la ejerce aumentando el número de granos por espigas el elevado peso y tamaño de los granos (Salmerón y García, 1994).

El nitrógeno es un elemento importante en la nutrición vegetal, es absorbido como nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺) (Arzola *et al*, 1981).

Arzola (1981) citado por Carlson (1990), el contenido de nitrógeno en el grano depende de varios factores, entre ellos la capacidad de la planta para traslocar el nitrógeno de su parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo de la misma.

En los análisis realizados las líneas que presentaron un mayor porcentaje de nitrógeno en grano con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N fueron en primer lugar la variedad PINOLERO 1 con

1.5 % seguido de las líneas ICSVLM_89544, 89503, 89551 y 92512 con 1.45, 1.40, 1.39, y 1.38 % respectivamente y en menor proporción las líneas ICSVLM_89527, 90520, y 90538 con 1.12, 1.12, 1.12 % de nitrógeno en grano siendo iguales porcentualmente.

En la Figura 2 se muestra que el porcentaje de nitrógeno en el grano con el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N es bastante similar al alcanzado con la aplicación de N. El mayor valor lo alcanzó la línea ICSVLM_89544, con 1.44 % seguido del testigo PINOLERO 1 con 1.36 % y en menor proporción las líneas ICSVLM_89527 y 89537 con 1.1 y 1 % de nitrógeno en el grano

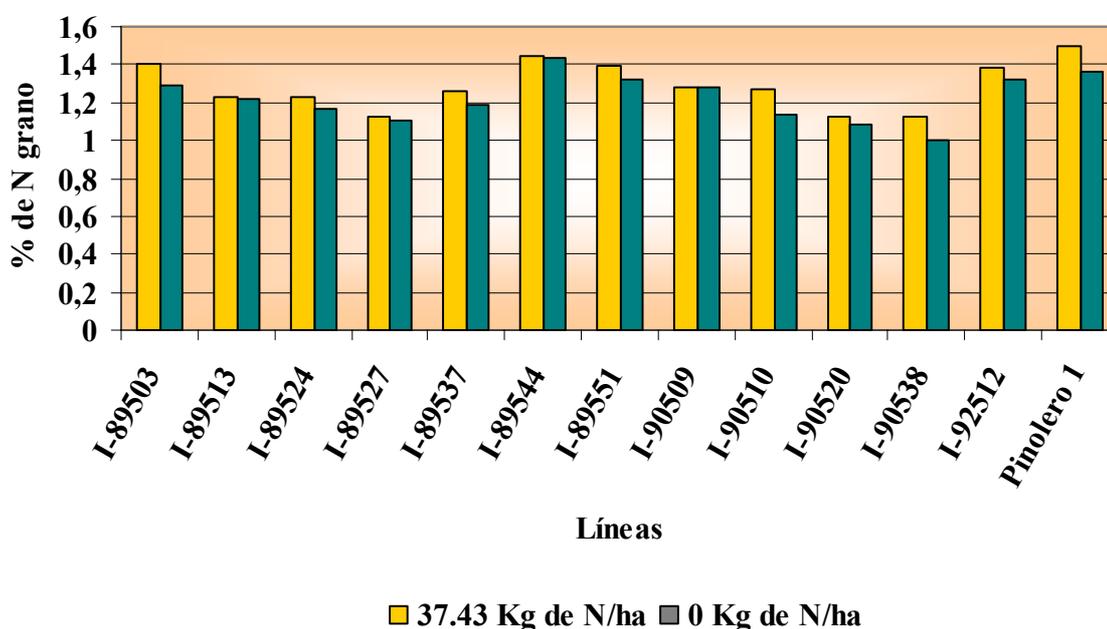


Figura 2. Contenido de nitrógeno (%) en grano para cada línea y nivel de fertilización

Desde el punto de vista agronómico, la presencia de líneas con niveles similares de N en el grano con o sin aplicación de fertilizante, es importante porque permite detectar material promisorio para condiciones de suelos bajos en nutrientes.

4.2.6 Porcentaje de nitrógeno en la biomasa

El nitrógeno absorbido por los cultivos representa un elemento necesario para la multiplicación celular y desarrollo de los órganos vegetales (Demolon, 1995).

El nitrógeno absorbido por los cultivos constituye la fuente de proteína animal y vegetal de la que se nutre el hombre.

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

El contenido promedio de nitrógeno en las plantas es de 2 a 4 %, siendo constituyente de los aminoácidos amidas y proteínas, nucleoproteínas y alcaloides, la deficiencia de nitrógeno limita la división y expansión de la célula y por ende el crecimiento de la planta (Paúl, 1990).

En la Figura 3 se muestran los resultados de los estudios sobre el porcentaje del nitrógeno en la biomasa seca con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N las líneas que presentaron el mayor porcentaje fueron ICSVLM_89537, 89527, 89551, 90520, con 1.11, 0.92, 0.77, y 0.77 % de nitrógeno, las líneas que resultaron con la menor concentración fueron ICSVLM_89513, 90510, con 0.09 y 0.11 % de nitrógeno en la biomasa seca. Para el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N la mayor concentración de nitrógeno en la biomasa la obtuvieron las líneas ICSVLM_89537, 89551 y el testigo PINOLERO 1 con 0.57, 0.49 y 0.45 % de nitrógeno, consecuentemente fue decreciendo, resultando en último lugar las líneas ICSVLM_89513, 90520 con igual % (0.08) del nitrógeno en la biomasa seca respectivamente.

Estas concentraciones de nitrógeno en la biomasa son recomendables para la alimentación de ganado por no superar el 0.9 % de nitrógeno que puede tener efectos tóxicos, a excepción de las líneas ICSVLM_89527, 89537 que superan el rango óptimo con 0.92 y 1.11 % con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N. Por otro lado si la biomasa es incorporada al suelo en forma de rastrojo, proporcionaría reservas nutricionales de nitrógeno para cultivos subsiguientes.

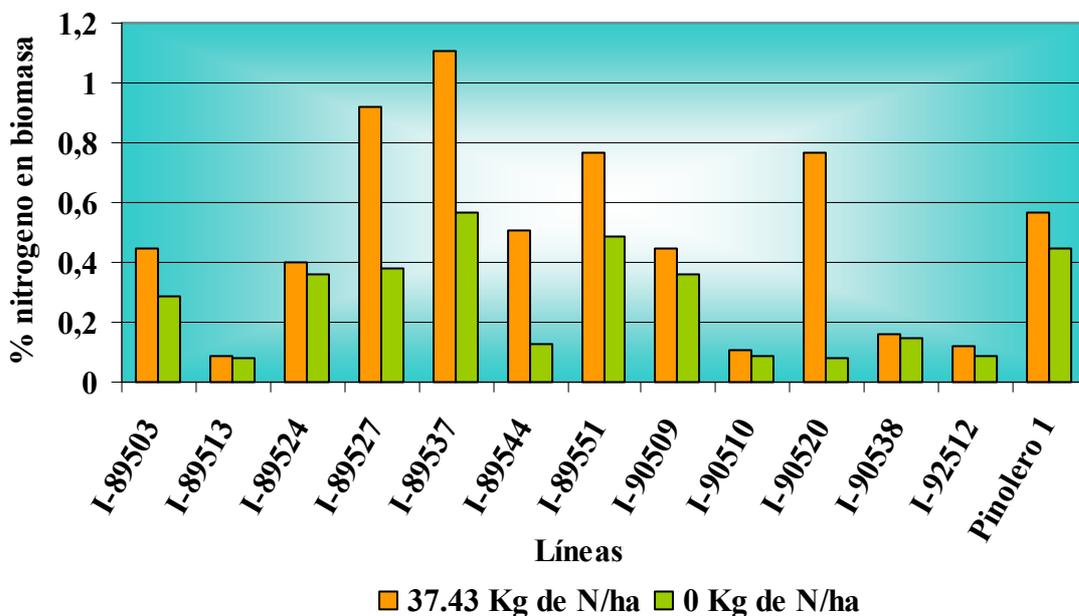


Figura 3. Contenido de nitrógeno (%) en la biomasa seca para cada línea y nivel de fertilización

4.3 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada

Desde el punto de vista práctico después del agua, el nitrógeno es el principal nutriente que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y la producción óptima de los cultivos.

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 tales como el nitrógeno cuando en el suelo tiene deficiencia de este nutriente (Hardarson, 1990).

En los últimos años se ha venido realizando estudios para encontrar genotipos que garanticen una eficiente recuperación y utilización fisiológica de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos, esto producto de los altos costos en que ésta práctica incurre y por la contaminación que producen al medio ambiente debido a su alta movilidad en el suelo, por lo que se debe optimizar el uso de los fertilizantes aplicados para obtener mayor rendimiento agrícola, pero de manera sustentable sin contaminar los recursos suelo y agua.

4.3.1 Acumulación de nitrógeno en la biomasa (Kg ha^{-1})

Según los resultados mostrados en la Figura 4, con el nivel 37.43 Kg ha^{-1} de N las líneas que obtuvieron las mayores acumulaciones de nitrógeno en biomasa son ICSVLM_89551, 89537, 89527 y 89503 con $62.1, 54.8, 49.2$ y 39.7 Kg ha^{-1} respectivamente y en menor grado con este mismo nivel fueron ICSVLM_90538, 89513, 92512 y 90510 con $8.8, 8.1, 5.4$ y 5.3 Kg ha^{-1} respectivamente y para el nivel 0 Kg ha^{-1} de N las líneas que obtuvieron la mayor acumulación de N fueron ICSVLM_89551, 89537, 89527 y 89524 con $36.5, 17.2, 15, 11.2 \text{ Kg ha}^{-1}$ y en menor grado para este nivel las líneas ICSVLM_89513, 92512, 90510 y 90520 con $4, 3.4, 3$ y 2.6 Kg ha^{-1} de nitrógeno acumulado en la biomasa seca.

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

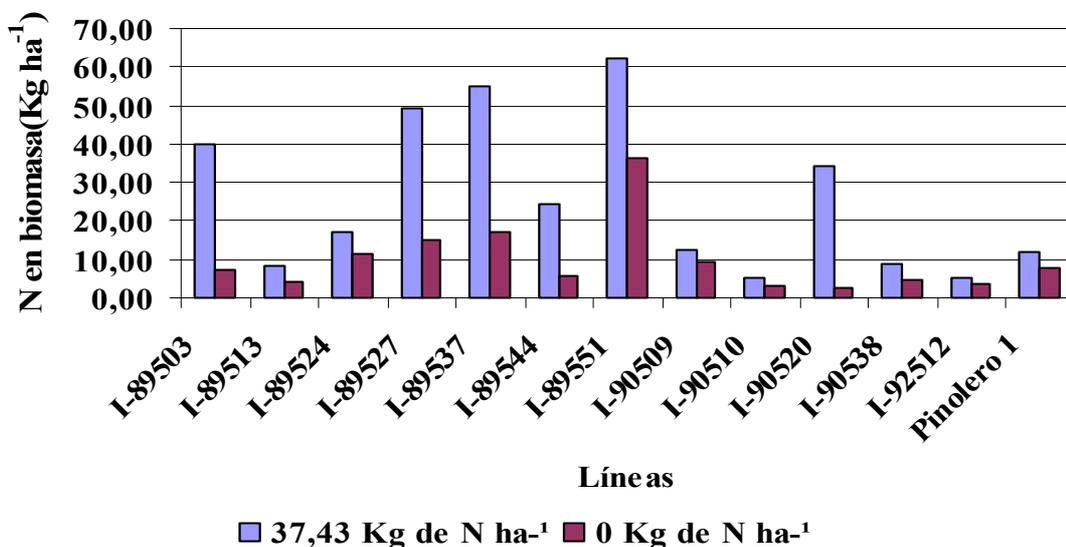


Figura 4. Porcentaje de nitrógeno acumulado en la biomasa seca para cada línea y nivel de fertilización.

4.3.2 Acumulación de N en el grano (Kg ha^{-1})

Según los resultados obtenidos del análisis en la Figura 5 con el nivel 37.43 Kg ha^{-1} de N las líneas que obtuvieron la mayor acumulación de N fueron ICSVLM-89537, 89551,

90510, y 89527 con 49.5, 38.5, 36.9, y 36.7 Kg ha⁻¹ respectivamente y en menor grado con este nivel están las líneas ICSVLM-89513, 90538, 90509, y 89524 con 27.7, 27.6, 25.8, y 25.5 Kg ha⁻¹ y para el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N las líneas con mayor acumulación de nitrógeno fueron ICSVLM-89551, 89513, 89544, y 90509 con 18.2, 15.4, 15.3 y 11.8 Kg ha⁻¹ respectivamente y en menor grado las líneas ICSVLM-92512, 89503, 90538 y 89524 con 9.1, 8.3, 7.4, y 6.7 Kg ha⁻¹ de nitrógeno acumulado en el grano.

En general, las altas concentraciones de N total en el grano se lograron con la aplicación de 37.43 Kg ha⁻¹ de N.

Por otro lado, los valores obtenidos de las líneas para el nivel cero aplicación de nitrógeno se debió a la capacidad de utilización del N nativo y a la alta capacidad de traslocación del N absorbido hacia la biomasa.

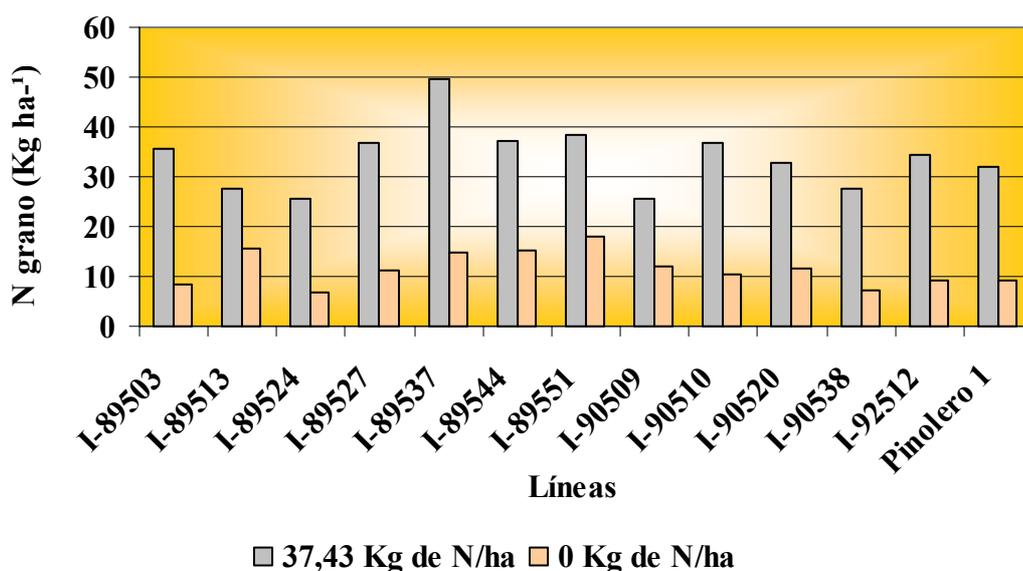


Figura 5. Porcentaje de nitrógeno acumulado en el grano para cada línea y nivel de fertilización

4.3.3 Relación de eficiencia (%)

El uso eficiente del nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que es 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 (Younquist *et al*; 1992).

Los resultados muestran claramente (Figura 6) que al menos 5 líneas superaron el 50 % de N, esto significa que estas líneas son capaces de traslocar al menos el 50 % del nitrógeno que se le aplica, también muestra que el 80 % del las líneas presentan niveles bajo de eficiencia los que andan por debajo del 50 % de eficiencia, estas mismas líneas comparadas con su testigo absoluto (sin N) muestran porcentajes similares de eficiencia a excepción de la línea ICSVLM_89544, 90520, con el nivel cero aplicación de fertilizante que mostraron valores por encima del nivel fertilizado.

Las diferencias porcentuales presentes en las líneas en cuanto a la eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado las líneas con el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N presentaron un mayor porcentaje de eficiencia, lo que nos indica que al hacer una oportuna localización y aplicación fraccionada de los fertilizantes nitrogenados permite una mayor absorción y utilización fisiológica por parte de la planta y por ende mayor rendimiento del cultivo de sorgo.

De forma general las diferencias porcentuales presentes en cuanto a la relación de eficiencia con ambos niveles (37.43 y 0 Kg ha⁻¹ de N) de fertilización se debe meramente a una variabilidad genética e interacciones medioambientales.

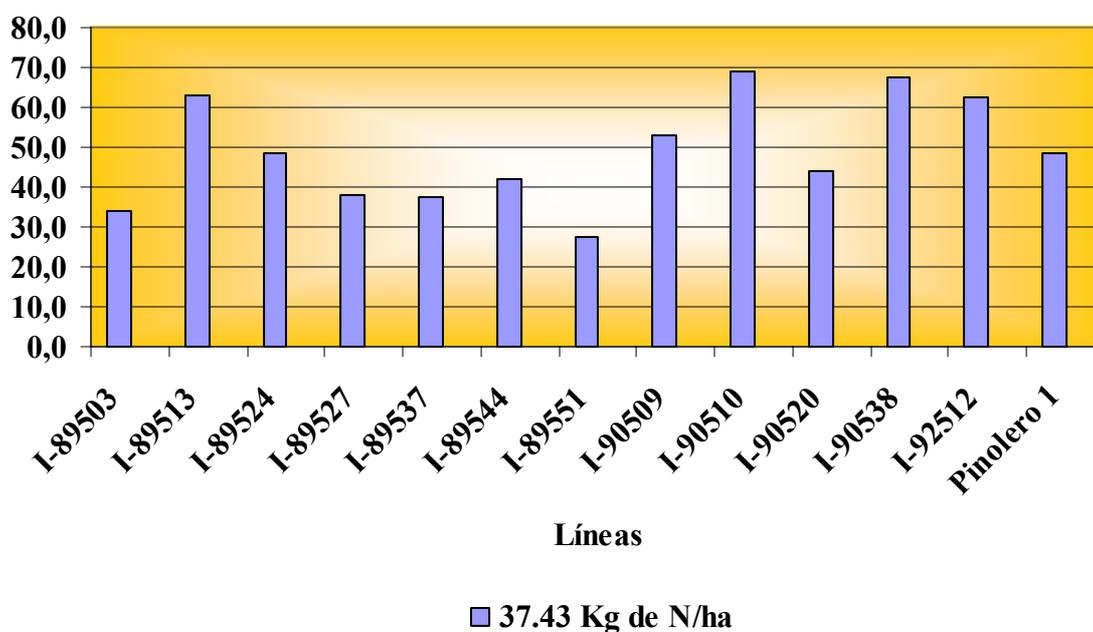


Figura 6. Relación de eficiencia para cada línea y nivel de fertilización.

4.3.4. 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 sistema agrícola intensivos.

La eficiencia en la utilización del fertilizante consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutriente que 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 practicas de fertilizantes, tales como las fuentes, el momento, la colocación, y sus interacciones en diferentes sistemas agrícolas (FAO, 1980).

Estos resultados indican que tan eficientes se comportan estos genotipos en cuanto a la absorción de los fertilizantes, ya que en el presente se están haciendo grandes esfuerzos para encontrar genotipos de sorgo que garanticen la eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados radicando su importancia en los elevados costos del fertilizante (N) y con las creciente preocupación acerca de los efectos adversos al medio ambiente derivados del pobre manejo del nitrógeno.

Según los resultados de los análisis que muestra la figura 7 en cuanto a la eficiencia fisiológica las líneas evaluadas con mayor porcentaje fueron ICSVLM-90538, 90510, 92512 y 90509 con 71, 69.4, 66.2 y 64.4 %, respectivamente.

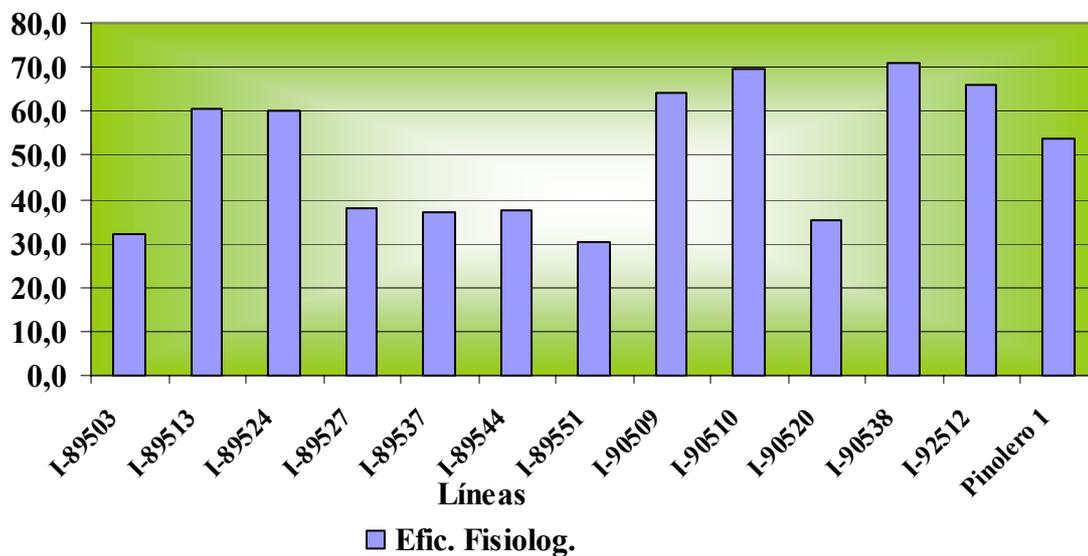


Figura 7. Eficiencia fisiológica para cada una de las líneas en estudio.

4.3.5 Eficiencia de recuperación (%)

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

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 las exposiciones 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.

Según los resultados obtenidos del análisis del gráfico las líneas con mayor porcentaje de recuperación fueron ICSVLM-89537, 89527, 89503, 90520 con 192.7, 160, 159.7, 142.1 % de recuperación y en menor grado las líneas ICSVLM-90509, 89513, con 45.1 y 43.8 % de recuperación.

Estos resultados repercuten significativamente en el rendimiento del cultivo y en menor grado en un impacto ambiental.

En un ciclo de cultivo la eficiencia de recuperación de N-fertilizante aplicado difícilmente supera el 50%. (Roselle *et al*, 1983).

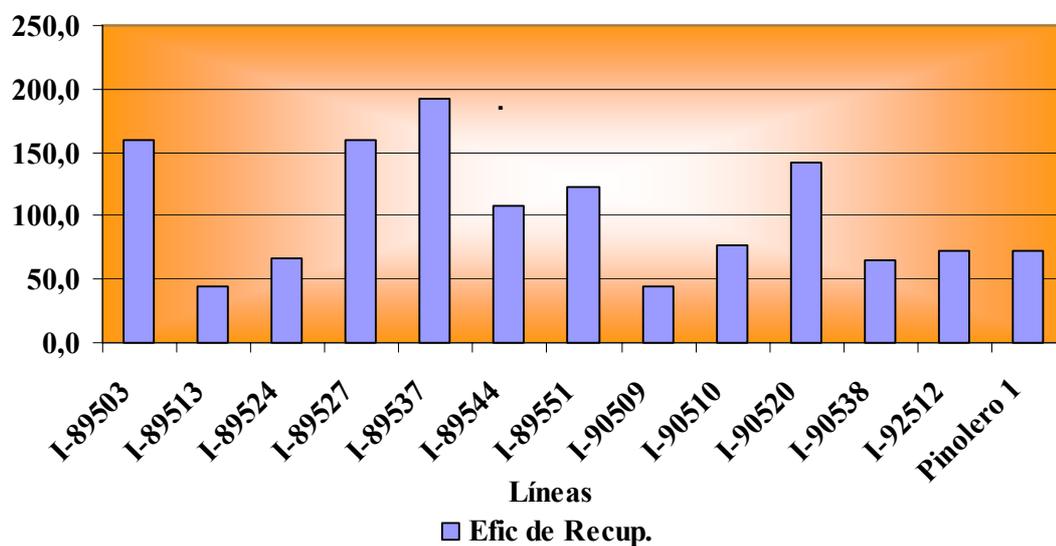


Figura 8. Eficiencia de recuperación para cada una de las líneas en estudio

V. CONCLUSIONES

- ❖ Las variables de crecimiento, altura, diámetro, y número de hojas presentaron efectos significativos para el factor líneas (A) para el factor niveles de fertilización (B) presentaron efectos no significativos y para la interacción de ambos factores (A*B) presentó efectos significativos en los tres momentos de evaluación.
- ❖ En las variables de desarrollo; longitud de panoja, longitud del raquis, biomasa presentaron efectos significativos para el factor A, B como la interacción (A*B) en los tres momentos de evaluación.
- ❖ Para la variable rendimiento de grano, el factor A, factor B y la interacción (A*B) tuvieron efectos significativos lo que indujeron a obtener los mayores rendimientos de grano, llegando a superar los rendimientos de la zona dentro del cual se encuentra la línea ICSVLM_89537 y 89544.
- ❖ El mayor porcentaje de nitrógeno en grano para el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N lo obtuvo el testigo PINOLERO 1 y para el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N se encontró la línea ICSVLM_89544.
- ❖ Los mayores porcentajes de nitrógeno en biomasa para el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N lo obtuvo la línea ICSVLM_89537 y para el, nivel 0 Kg ha⁻¹ de N lo obtuvo la línea ICSVLM_9537.
- ❖ En la variable acumulación de nitrógeno en biomasa (Kg ha⁻¹) la línea que sobresalió fue ICSVLM_89551 para ambos niveles de fertilización (37.43 y 0 Kg ha⁻¹ de N).
- ❖ Las líneas con mayor acumulación de nitrógeno en grano fue ICSVLM_89551 para ambos niveles de fertilización (37.43 y 0 Kg ha⁻¹ de N).

- ❖ Para la variable relación de eficiencia la línea que sobresalió fue ICSVLM_90510 para el nivel 37.43 Kg ha⁻¹ de N y para el nivel 0 Kg ha⁻¹ de N la línea con mayor eficiencia fue ICSVLM_90520.

- ❖ La mayor eficiencia fisiológica la presentaron las líneas ICSVLM_90538 y 90510

- ❖ En cuanto a la eficiencia de recuperación los porcentajes más altos lo presentaron las líneas ICSVLM_89537, 89527.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se establecen las siguientes recomendaciones:

- ❖ Por su buen rendimiento de biomasa seca, de grano y características agronómicas deseables, seguir evaluando las líneas ICSVLM_89513, 89537 en la misma zona bajo el mismo manejo agronómico.
- ❖ Seguir evaluando los mismos niveles de fertilización en suelos bajo diferentes niveles de fertilidad natural.
- ❖ Repetir el mismo experimento incluyendo las mismas variables en zonas edafoclimáticas similares a la de la zona con el objetivo de medir con exactitud la respuesta de este cultivo a la fertilización nitrogenada.
- ❖ Hacer evaluaciones posteriores a aquellas líneas que tuvieron una mayor eficiencia fisiológica a niveles más bajos de fertilización nitrogenada tales como ICSVLM_89503, 89527, 89537.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, E. F. R 1994. Efecto de sistemas de labranza, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de Maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Trabajo de Diploma UNA Managua. Nicaragua. Facultad de Agronomía. 87 pp.

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

Arzola, P. N; Fundora, H. O; Machado DE A. J. 1981. Suelo planta y abonado. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 461pp.

Clara, V. R 1988. Problemática sobre la producción y usos de semilla mejorada de sorgo en Meso América, trabajo presentado en IV región anual de la comisión latinoamericana de investigadores del sorgo (Clais) del 6 al 9 de Diciembre de 1988, San salvador. 9 pp.

Cristiani, B. A. 1987. Instituto Cultivo del sorgo. Edición 1987. Guatemala, Cristiani, Burkard 30 pp.

Cuadra, R. M. 1988. Efecto de diferentes niveles de N, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays*) Vr NB-6 Instituto Superior de Ciencia Agropecuaria – Nicaragua Escuela de Producción Vegetal. Tesis Ing Agr. 39 pp.

Carlson, P. S. 1990. Biología de la productividad de cultivos. Instituto Superior de Ciencia Agropecuaria. Managua, Nicaragua. 413 pp.

Demolón, A. 1995. Principios de agronomía. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba cuarta edición. 587 pp.

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

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

FAO, 1980. Introducción al control Integrado de las plagas del sorgo (Estudio FAO: Producción y Protección vegetal #19).

FAO, 1984. Boletín Numero 3 .Managua, Nicaragua.

FAO, 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Roma (ITALIA). 197 pp

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

House, L. R. 1982. El sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial Gaceta, S.A., 29,30 pp.

INTA, 1995. Cultivo del sorgo. Guía tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 14 pp.

Ibar, A. L 1987. El sorgo: Cultivo y aprovechamiento. Editorial, Aedos. 161 pp.

Juárez, Y. J. 1997. Efecto de labranza y manejo químico de malezas sobre las malezas y el rendimiento del sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench.) Trabajo de diploma U. N. A. Managua, NICARAGUA. Facultad de Agronomía. 54 pp.

León, J. L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencia Agrícola de la OEA, San José, Costa Rica.

López, A. y Galeato, A. 1982. Efectos de competencia de malezas en distintos estados de crecimiento del sorgo. Publicación técnica numero 25, INTA.

MAG, 1971. Manual práctico para interpretación de los mapas de suelos. Departamento de suelo y dasonomía. Managua, Nicaragua. 39 pp.

Paul, C. L. 1990. Agronomía del sorgo ICRISAT. Patanchero (India). 301 pp.

Paúl, C. L. 1990. Agronomía del sorgo CENTA El Salvador 1,19, 20,47, 63,110, pp.

Pineda, L. L. 1987. Informe anual del programa de mejoramiento de sorgo Granífero de Nicaragua. DGB/MIDINRA, Managua, Nicaragua. 22 pp.

Pineda, L. L. 1995. INTA, Cultivo del sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 14 pp.

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, CENIA. Managua, Nicaragua 55 pp.

Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas, Limusa. México 453 pp.

Peña, S. E. 1989. Influencia de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de malezas, y el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del sorgo. 50 pp.

Ruselle, M. P ; R. D. Hauk ; y Raolson. 1983. Nitrogen Accumulation Rates of Irrigated Maize Agronomy Journal vol.75 July-August.

Salmeron, M. F. y García, C. L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos texto básico U. N. A Managua Nicaragua. 141 pp.

Silva, P. S. E. Del C. 1989. Influencia de rotación y control de malezas sobre Cenosis de la maleza el crecimiento desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo. Estudio de tesis Managua Nicaragua. 48 pp.

Somarriba, R. C. 1997. Granos básicos. Texto, 1997 Escuela de Producción Vegetal UNA Managua Nicaragua, 64, 66, 71, 59, 197 pp.

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 9, 19 y 21 pp.

Younquist, J. B y Bramol, Cox. P y Maraville, J. W. 1992. Evaluation of alternative Screening Criateria for selecting Nitrogen-use efficient genotypes in Sorghum. Crop Science. 32, 6 (1310, 1313) pp.