

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 DE NITRÓGENO EN 15
LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L MOENCH) CON DOS NIVELES DE
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO, MASAYA.**

AUTORES

**EDWIN BAYARDO PONCE CRUZ
HOLMAN JAVIER LEIVA MONTOYA**

ASESOR

Ing. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO

MANAGUA-NICARAGUA

ENERO, 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACION AGRONÓMICA Y USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN 15 LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L MOENCH) CON DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO, MASAYA.

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

AUTORES

**EDWIN BAYARDO PONCE CRUZ
HOLMAN JAVIER LEIVA MONTOYA**

ASESOR

Ing. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO

INDICE GENERAL

Contenido	Pagina
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 objetivos específicos	4
III. MATERIALES Y METODOS	5
3.1 Descripcion del lugar	5
3.1.1 Ubicación	5
3.1.2 Clima	5
3.1.3 Suelo	6
3.2 Metodologia Experimental	7
3.2.1 Descripción del diseño experimental	7
3.2.2 Descripción de la unidad experimental	7
3.2.3 Descripción de los tratamientos	8
3.2.4 Variables evaluadas	8
3.2.5 Análisis estadísticos	10
3.3 Manejo agronómico	10

IV. RESULTADOS Y DISCUSION	12
4.1 Variables de crecimiento del cultivo	12
4.1.1 Altura de la planta	12
4.1.2 Diámetro del tallo	15
4.1.3 Número de hojas por planta	20
4.2 Variables del rendimiento	25
4.2.1 Longitud de panoja	25
4.2.2 Longitud de raquis	28
4.2.3 Biomasa	33
4.2.4 Rendimiento de grano	36
4.2.5 Nitrógeno en el grano	41
4.2.6 Nitrógeno en la biomasa	42
4.3 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada	44
4.3.1 Acumulación de Nitrógeno en la biomasa	45
4.3.2 Acumulación de Nitrógeno en el grano	46
4.3.3 Eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa (kg de biomasa ha ⁻¹ / kg N absorbido ha ⁻¹)	48
4.3.4 Eficiencia del uso del nitrógeno por el grano (kg de grano ha ⁻¹ / kg N absorbido ha ⁻¹)	49
4.3.5 Incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano/kg N aplicado)	51
V CONCLUSIONES	53
VI RECOMENDACIONES	54
VII BIBLIOGRAFIA	55

DEDICATORIA

A **DIOS** de una forma inmensa por darme la sabiduría e inteligencia y las fuerzas necesarias para poder soportar aquellos momentos tan difíciles que pase en estos arduos estudios y poder llegar a culminar mi carrera de ingeniero agrónomo lo que inicio con un deseo y gracias a Dios lo he logrado.

A mi madre **Susana Montoya Espinoza** le agradezco de todo corazón por haberme apoyado desde el inicio, por brindarme un futuro, por haber permanecido en ella un sueño, de verme alcanzar una profesión. Le agradezco por brindarme su ayuda de una forma incondicional, por darme amor, deseos de superación, y estar siempre conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida te amo madre gracias y que Dios te bendiga hoy y siempre.

A mis hermanos: **Moisés Efraín Montoya, José Gabriel Montoya, Rosa Leyla Montoya, Enma Montoya y Arellys Montoya, Xavier silva, Nicolás silva** por brindarme sus consejos, gracias por confiar en mí, por ser mis anhelos de superación cada día, por sus sonrisas y sus lágrimas en mis momentos buenos y más difíciles de mi vida.

A **Efraín González** por brindarme su ayuda y consejos en esta ardua carrera.

A mi abuela **Maria José Montoya** por brindarme sus consejos, a mis tíos, tías y primos que de cualquier forma me brindaron interés e impulsos que motivaron mi vida.

A mi tía **Maria José Montoya** de una forma muy especial por brindarme su ayuda, comprensión, y consejos que fueron y son de mucha importancia para alcanzar una profesión.

Holman Javier Leiva Montoya.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo con mucho amor

A **DIOS**, por haberme dado la fuerza y el valor para enfrentar todos los obstáculos en el transcurso de mis estudios. Gracias Jehová sin tí no hubiera podido llegar hasta donde estoy.

A mis padres **Santos Aurelia Cruz y Miguel Angel Ponce**, por su gran apoyo incondicional (espiritual, moral, y económico), gracias por el gran sacrificio que hicieron para que se hiciera realidad uno de mis sueños ser profesional. Los quiero mucho.

A mis hermanos **Maykelin y Kener Johaxi Ponce**.

A mi esposa **Janixia Jareth Acuña de Ponce** y a mi hija **Eliannis Giselle Ponce Acuña**, por ser fuente de inspiración.

A todos mis profesores que tuvieron la dedicación de educarme y compartir sus conocimientos con migo, gracias sin su ayuda no hubiese sido posible este glorioso triunfo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible que culminara mi carrera. Gracias por su apoyo, sus sabios consejos y su deseo de ayudarme.

Edwin Bayardo Ponce Cruz

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros profundos y sinceros agradecimientos primeramente a **Dios** por darnos la vida y la sabiduría, por ser nuestra luz, nuestro guía, por ser el guarda de nuestros sueños y permitirnos finalizar con mucho éxito una de nuestras metas, ser ingenieros agrónomos generalistas.

Al programa **INTSORMIL** por financiar nuestro tema de investigación y así poder finalizar con mucho éxito nuestra carrera.

Al **Ing. Msc. Leonardo García Centeno** por brindarnos su apoyo profesional en el tema de investigación y la asesoría del mismo.

A nuestra alma mater por habernos proporcionado los medios para la investigación en el campo de agronomía por su interés en el desarrollo de buenos profesionales del agro.

Al departamento de servicios estudiantiles, en especial a la **lic. Idalia Casco de Oporta**, por su comprensión y apoyo brindado en el transcurso de nuestra carrera.

A todos nuestros amigos y amigas del v año del grupo 1 y 2 promoción 2005, de ingeniería agronómica generalista, por compartir tantas experiencias a lo largo de la vida universitaria.

Al personal del CENIDA, en especial al Ing. **Gabriel López Martínez** por su apoyo prestado en la revisión de literatura. A todo el personal que labora en el comedor y al departamento de deporte. **Lic. Sergio Ramírez y Lic. José Delgado.**

Holman Javier Leiva Montoya.

Edwin Bayardo Ponce cruz.

INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Análisis Químico de suelo. Zambrano, Masaya 2004.	6
Tabla 2. Descripción de los factores evaluados.	7
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	13
Tabla 4. Resultados de la separación de media para la variable altura (cm.) de planta a los 35, 50, 65 dds Zambrano, 2004.	14
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo.	15
Tabla 6. Resultados de la separación de media para la variable diámetro del tallo (mm) a los 35, 50, 65 dds Zambrano, 2004.	17
Tabla 7. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado, sobre el diámetro del tallo (mm) a los 35 dds. Zambrano, 2004.	19
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta.	20
Tabla 9. Resultados de la separación de media para la variable número de hojas para los factores en estudio a los 35, 50, 65 dds. Zambrano, 2004.	22
Tabla 10. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el número de hojas de la planta a los 50 dds.	24

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable longitud de panoja.	25
Tabla 12. Resultados de separación de medias para la variable longitud de panoja (cm), Zambrano, 2004.	27
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable longitud de raquis.	28
Tabla 14. Resultados de separación de medias para la variable longitud de raquis (cm), Zambrano, 2004.	30
Tabla 15. Efecto de interacción de líneas x niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud de raquis (cm) al momento de la cosecha, Zambrano, 2004.	32
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable producción de biomasa.	33
Tabla 17. Resultados de separación de medias para la variable producción de biomasa (kg ha⁻¹), Zambrano, 2004.	35
Tabla 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano.	36
Tabla 19. Resultados de separación de medias para la variable rendimiento de grano(kg ha⁻¹), Zambrano, 2004.	38
Tabla 20. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de grano (kg ha⁻¹).	40

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C), presentados durante el experimento. El plantel, 2004.	5
Figura 2. Contenido de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización.	42
Figura 3. Contenido de nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.	44
Figura 4. Acumulación de nitrógeno en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización (kg ha⁻¹).	46
Figura 5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización (kg ha⁻¹).	47
Figura 6. Uso eficiente del nitrógeno por la biomasa.	49
Figura 7. Eficiencia de uso del nitrógeno por el grano.	50
Figura 8. Incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano /kg N aplicado).	52

Resumen

En la época de postrera comprendida entre Septiembre y Diciembre de 2004, con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico productivo y el uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo, se condujo este estudio en la finca El Plantel, ubicada en el municipio de Zambrano, departamento de Masaya con coordenadas de 12^o 06' latitud norte y 86^o 04' longitud oeste a una elevación de 200 msnm, en suelos de textura franco-arcilloso. Se utilizó un diseño bifactorial en bloques completos al azar (BCA) con arreglos en parcelas divididas con cuatro replicas. Los factores evaluados fueron quince líneas de sorgo y un testigo local (Pinolero 1), con dos niveles de fertilización nitrogenada 0 y 37 kg N ha⁻¹ utilizando completo de la formula 12-30-10 y urea 46% aplicando esta ultima en forma fraccionada en dos aplicaciones a los 30 y a los 45 dds. Los resultados muestran que todas las variables evaluadas presentan diferencias significativas para el nivel A (líneas) en todos los momentos evaluados a excepción del número de hojas a lo 35 y 50 (dds); en relación al factor B (niveles de nitrógeno aplicado) no se encuentra significancia para las variables de crecimiento; y significativas para las variables longitud de panoja y de raquis, rendimiento de biomasa y grano, evaluados al momento de la cosecha. La interacción de los factores tuvo diferencias significativas para el diámetro a los 35 dds y para el número de hojas a los 50 dds. El rendimiento de grano presentó diferencias altamente significativas para ambos factores y para la interacción el mayor rendimiento de grano se presento en la línea ICSVLM-93079 con el nivel 37 kg N ha⁻¹ con 6458.7 kg ha⁻¹. Sin embargo la mayoría de las líneas con cero aplicaciones de nitrógeno lograron superar el rendimiento promedio nacional (2,500 kg ha⁻¹). El mejor uso eficiente del nitrógeno por la biomasa con el nivel 37 kg N ha⁻¹ lo mostraron las líneas ICSVLM-90510 con 125 kg de biomasa/ kg N ha⁻¹ y ICSVLM-92512 con 122 Kg de biomasa/ kg N ha⁻¹ respectivamente. El uso eficiente del nitrógeno por el grano lo obtuvieron las líneas ICSVLM-92512 con 51 kg ha⁻¹, y ICSVLM-89524 con 46 kg ha⁻¹. En lo que respecta al incremento de grano por kg de nitrógeno aplicado lo obtuvieron las líneas ICSVLM-93079 con 35 kg de grano, ICSVLM-90510 con 26 kg de grano respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

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

En Nicaragua el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) ha disminuido sustancialmente, de tal manera que en el año 2003/2004 se cosecharon 80,600 ha y para el año 2004/ 2005 solamente se cosecharon 60,200 ha, esta disminución fue afectada por sequía en alguna zona y exceso de lluvias en otras, durante la época de primera y en la fase de llenado de grano y la proliferación de ratas de campo, provocando una baja en el área cosechada de sorgo a nivel nacional del 26% (MAGFOR, 2005).

En nuestro país existen zonas catalogadas como óptimas para la producción de este importante rubro. Alemán & Tercero (1991) afirman que dentro de estas se destaca la zona de Masaya donde puede ser sembrado de forma rentable en época de primera y postrera; otras zonas consideradas con buena aptitud se destaca Granada, Rivas, León, Chinandega y Estelí, en la mayoría de ellas se obtienen mejores resultados en siembra de postrera.

La mayor cantidad del área, se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos y variedades mejoradas. Las zonas antes mencionadas son las que tienen mayor área de siembra representando el 53 % del área cultivada y por ende se presenta la mayor producción de granos, y un 78 % de la producción en el ambiente nacional. Esto se debe a la disminución de las áreas cultivadas, provocada por la baja de los precios internacionales, que a su vez ha incidido en el incremento relativo de las importaciones de maíz amarillo (IICA, 2003). Entre otros factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso de líneas (genotipos), condiciones ambientales y prácticas de manejo, otro problema es, la cantidad de fertilizante requerido para la planta de sorgo, la que varía dependiendo del tipo y las

condiciones de suelo, por lo que las respuestas del cultivo varían según las condiciones en que se establece el cultivo.

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

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

El nitrógeno es uno de los elementos nutritivos esenciales de la planta que mas abunda en la naturaleza. La falta de disponibilidad de nitrógeno en el suelo, limita probablemente los rendimientos (Pineda, 1997).

El nitrógeno juega un papel importante en la agricultura moderna. Este elemento se destaca dentro de los elementos esenciales en el desarrollo y crecimiento de las plantas por sus funciones relevantes en la producción y síntesis de amino ácidos, que son el componente básico de proteínas, enzimas y vitaminas (Demolón, 1975).

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

Dada la importancia del cultivo de sorgo y su fertilización para la producción de grano es conveniente conocer una dosis adecuada para cada línea, así como su influencia en los componentes de rendimientos 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 propósito de evaluar el comportamiento agronómico productivo y el uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo en la finca El Plantel se realizó el presente trabajo de investigación, proponiéndose los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento agronómico y uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) con dos niveles de fertilización nitrogenada en el municipio de Zambrano.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico en base a caracteres de crecimiento y rendimiento en el municipio de Zambrano.

Determinar el uso eficiente de nitrógeno: por la biomasa, el grano, y el incremento del rendimiento de grano por kg de N aplicado.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del lugar

3.1.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la finca El Platel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, localizada en el kilómetro 40 carretera Tipitapa-Masaya, departamento de Masaya, Nicaragua. La finca El Plantel está ubicada a una altura de 200 msnm cuyas coordenadas corresponden a 12° 06' Latitud norte y 86° 04' Longitud Oeste. El plantel según la zonificación ecológica corresponde a una zona transicional entre bosque tropical seco y bosque tropical húmedo (Chávez y Mendoza, 2000).

3.1.2 Clima

El clima en la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 1100 mm y una temperatura media de 26 °C. El ensayo se realizó en la época de postrera (septiembre a diciembre) del 2004.

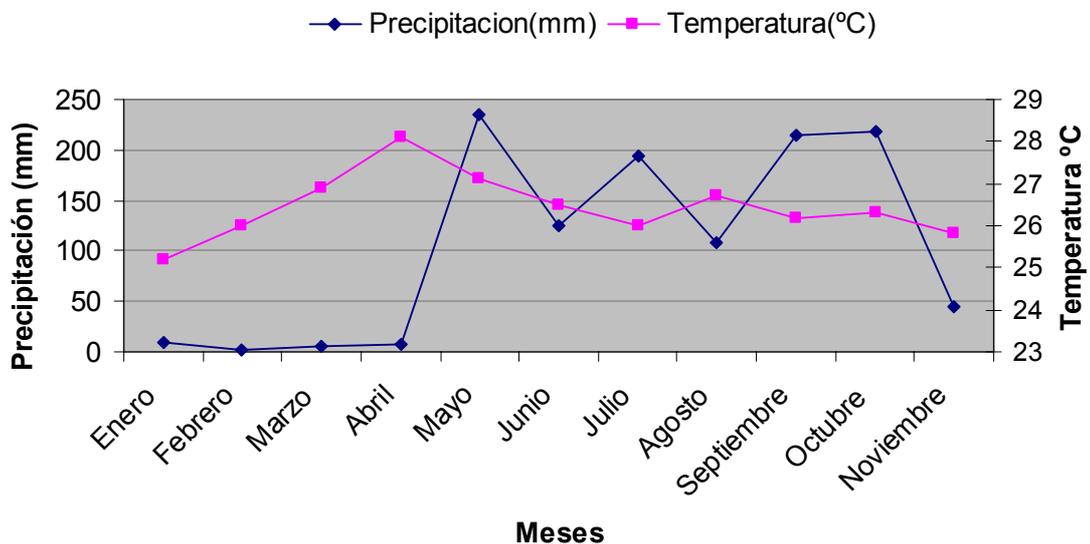


Figura 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C), presentados durante el experimento. El plantel, 2004. Fuente: (INETER,2004)

3.1.3 Suelo

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

Tabla 1. Análisis Químico de suelo. Zambrano, Masaya 2004.

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

Fuente: Laboratorio de suelo y agua. (UNA), 2004. Clave: MA: muy alt MB: muy baj A: acido
N: normal Rango de clasificación aproximado de nutrientes en suelos de Nicaragua (Fuentes, 1994).

3.2 Metodología experimental

3.2.1 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglos en parcelas divididas con cuatro réplicas. En total se evaluaron treinta y dos tratamientos los que se distribuyeron a la unidad experimental al azar, la distancia entre surco fue de 0.8 m. Se utilizaron seis surcos por parcela cuya longitud fue de 6 m, de los cuales se tomaron cuatro surcos centrales como parcela útil, el área de la parcela útil fue de 24 m². Cada parcela tenía un área de 30 m² de forma rectangular, y cada bloque contenía 16 parcelas es decir un área de 480 m² lo que corresponde a 1840 m² en los cuatro bloques. Entre cada bloque se dejó un espacio de un m². El área total del experimento fue de 2520 m². El ensayo corresponde a un bifactorial, se organizó de manera tal que en las parcelas grandes se manejaron las líneas de sorgo y en las parcelas pequeñas los niveles de fertilización nitrogenada (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los factores evaluados.

Factor A: Líneas a evaluar	
a ₁ ICSVLM-89513	a ₉ ICSVLM-92512
a ₂ ICSVLM-89524	a ₁₀ ICSVLM-93074
a ₃ ICSVLM-89527	a ₁₁ ICSVLM-93075
a ₄ ICSVLM-89537	a ₁₂ ICSVLM-93076
a ₅ ICSVLM-89544	a ₁₃ ICSVLM-93079
a ₆ ICSVLM-89551	a ₁₄ ICSVLM-93081
a ₇ ICSVLM-90510	a ₁₅ JOCORO
a ₈ ICSVLM-90520	a ₁₆ PINOLERO 1 *
Factor B: Niveles de nitrógeno aplicado	
b ₁ 37 kg N ha ⁻¹	b ₂ 0 kg N ha ⁻¹

* Testigo

3.2.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron dos niveles de fertilización (0 y 37 kg N ha⁻¹), utilizando completo de la fórmula (12-30-10) al momento de la siembra y urea al 46 % aplicando esta última en forma fraccionada de la siguiente manera : 50 % a los 30 (dds) y 50 % a los 45 dds aplicadas a 15 líneas y al testigo (PINOLERO 1).

3.2.3 Variables evaluadas

Durante el crecimiento del cultivo, a los 35 dds se seleccionaron 5 plantas tomadas al azar por parcela útil, se marcaron, y cada 15 días se les midió las siguientes características.

Durante el crecimiento del cultivo

Altura de la planta (cm.): Tomada en tres momentos a los 35, 50 y 65 días después de la siembra, se midió con cinta métrica desde la superficie del suelo hasta la última hoja formada.

Diámetro del tallo (mm): Se determinó con pie de rey a 5 cm del suelo, a los 35, 50 y 65 días después de la siembra.

Número de hojas por planta: Se contaron las hojas funcionales de la planta, esta variable se evaluó en tres momentos a los 35, 50 y 65 días después de la siembra.

A la cosecha se midieron los siguientes variables

Longitud de la panoja (cm.): De una muestra de 20 panojas por parcela útil, se midió la longitud de la panoja desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma y luego se promedió.

Longitud del ráquis (cm.): De la misma muestra de 20 panojas por parcela útil, se les midió la longitud de ráquis hasta la base de la panoja y se promedió.

Biomasa (kg ha⁻¹): Al momento de la cosecha se tomaron tres plantas al azar de la parcela útil, se registró el peso fresco, posteriormente se introdujo al horno una muestra de 500 g a 65 °C por 72 horas y se registró el peso seco. Se hicieron conteos de población final para la realización de biomasa y rendimiento.

Rendimiento del grano (kg ha⁻¹): La producción de cada tratamiento fue secada hasta 14 % de humedad, se peso y se expresó en kg ha⁻¹.

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

Nitrógeno en el grano (%): Una muestra de grano (100 g) de sorgo cosechado en la parcela útil fue enviada al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano, el método utilizado fue el mismo que se utilizó en el porcentaje de nitrógeno en biomasa.

Uso eficiente del nitrógeno: Con los datos obtenidos de rendimiento de grano y biomasa y sus respectivos porcentajes de N, se calcularon la eficiencia de la fertilización y la cantidad de grano producido por kg de fertilizante aplicado usando las siguientes formulas (Maranville *et al*, 1980).

$$\text{NUE1} = \frac{\text{Rendimiento de grano} + \text{Rendimiento de rastrojo (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N en grano} + \text{N en rastrojo (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

$$\text{NUE2} = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N en grano} + \text{N en rastrojo (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

$$\text{IRG/kgN} = \frac{\text{kg ha}^{-1} \text{ grano producido C/N} - \text{kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ grano producido S/N}}{37 \text{ kg N ha}^{-1}}$$

NUE1: Eficiencia de uso del N por la biomasa

NEU2: Eficiencia de uso del N por el grano

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

C/N: Con Nitrógeno

S/N: Sin Nitrógeno

3.2.4 Análisis estadísticos

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

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

De donde:

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

μ : Es el efecto de la media poblacional

β_k : Es el efecto del k-ésimo bloque

T_i : Es el efecto de la i - ésima líneas

$(\beta T)_{ik}$: Es el error para evaluar la parcela grande

α_j : Es el efecto de la j - ésima dosis de fertilización nitrogenada (0 y 37 kg ha⁻¹)

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

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

3.3 Manejo agronómico

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

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

JOCORO es una variedad comercial en el Salvador y su origen es de ICRISAT/LASIP.

El testigo, PINOLERO 1 posee una altura de 190 cm, panoja semi-abierta, grano de color blanco, días a floración a los 64 días después de la germinación, excersion y tamaño de la panoja 10 y 30 cm respectivamente, días a la cosecha 110 días, con un potencial genético de 4852 kg ha⁻¹.

La fertilización se realizó de forma manual aplicando completo de la fórmula 12-30-10, este fue aplicado al momento de la siembra; posteriormente se aplicó Urea 46% de forma fraccionada a los 30 dds y 45 dds. El control de maleza se realizó con azadón a los 45 dds.

La cosecha se realizó de forma manual a la madurez fisiológica del cultivo, no se presentaron ataques de plagas y enfermedades, por lo cual no se aplicó ninguna medida fitosanitaria.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de crecimiento del cultivo

4.1.1 Altura de planta

La altura del sorgo es una característica variable que se encuentra sometida a control genético (FAO, 1980). Morales (2002), plantea que la altura de la planta de sorgo es una característica esencial debido a que alturas de de 160 a 170 cm es optima para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores o menores traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.

Según López y Galeato (1982), la altura de la planta esta 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 los primeros 25 (dds), pero después de los 30 días se acelera (Cristiani, 1987).

La variable altura de la planta, según el ANDEVA, (Tabla 3) indica que existieron efectos significativos para el factor A (líneas) a los 50, 65 dds y no significativo a los 35 dds , esto como resultado del material genético utilizado. Separando los tratamientos en una categoría a los 35 dds, dos categorías a los 50 dds y seis categorías a los 65 dds, permitiendo afirmar lo planteado por la FAO, (1980) que las diferencias de alturas están influenciadas por factores genéticos.

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta

Fuente de variación	35 dds	50 dds	65 dds
Factor A	0.321	0.003	0.0001
Factor B	0.867	0.529	0.068
Interacción (A*B)	0.152	0.800	0.757
CV (%)	8.54	11.86	14.01

dds: días después de la siembra

Para el factor B (niveles de fertilización) la no significancia en los tres muestreos podría indicar que este parámetro no es afectado por la aplicación de fertilizante, o su expresión no requiere de niveles altos en el suelo. Estos datos son similares a los encontrados por (Manzanares y Calero, 2004).

La tabla 4 muestra que a los 35 dds las líneas no presentaron diferencias estadísticas para la variable altura; pero si existieron variaciones en un rango entre 25.1 y 21.7 cm.

A los 50 dds la mayor altura la obtuvieron el testigo la variedad Pinolero 1 con 56.8 cm, y las líneas ICSVLM-93076 con 56.2 cm, ICSVLM-90510 con 55.7 cm siendo iguales categóricamente, en ultimo lugar la línea ICSVLM-92512 con 43 cm.

A los 65 dds la línea que obtuvo la mayor altura es ICSVLM-89513 con 105.1 cm, seguido de la variedad Pinolero 1 con 95.9 cm y de las líneas ICSVLM-93076 con 95.8 cm, ICSVLM-89527 con 93.4 cm, ICSVLM-89524 con 92.8 cm, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Green y González (2004) y por Herrera y Garcia (2004), los cuales obtuvieron resultados que oscilan entre 69 a 105 cm. Pero superiores a los obtenidos por Manzanares y Calero (2004) resultados de 39-89 cm de altura.

Los resultados obtenidos para la variable altura de la planta no cumplen con el óptimo para la cosecha mecanizada según lo sugerido por Morales (2002).

Tabla 4. Resultados de la separación de media para la variable altura (cm.) de planta a los 35, 50, 65 dds Zambrano, 2004.

Factor A (Líneas)	35 dds	50 dds	65 dds
ICSVLM-89513	23.30 a	52.30 ab	105.10 a
ICSVLM-89524	22.50 a	50.00 ab	92.80 ab
ICSVLM-89527	21.70 a	50.90 ab	93.40 ab
ICSVL M-89537	25.10 a	53.40 ab	92.40 ab
ICSVLM-89544	22.70 a	49.40 ab	73.80 ab
ICSVLM-89551	22.70 a	52.90 ab	78.70 bcd
ICSVLM-90510	23.60 a	55.70 ab	72.30 bcd
ICSVLM-90520	23.80 a	50.60 ab	73.10 bcd
ICSVLM-92512	23.70 a	43.10 ab	60.50 d
ICSVL M-93074	23.30 a	46.20 ab	74.20 bcd
ICSVLM-93075	22.00 a	49.00 ab	80.50 bcd
ICSVLM-93076	24.70 a	56.20 a	95.80 ab
ICSVLM-93079	22.50 a	53.90 ab	88.20 abc
ICSVLM-93081	22.10 a	46.00 ab	75.70 bcd
JOCORO	22.50 a	52.80 ab	67.20 cd
PINOLERO 1	24.40 a	56.80 a	95.90 ab
ANDEVA	0.321	0.003	0.000
Factor (B) kg N ha⁻¹	35dds	50 dds	65dds
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	23.10 a	51.60 a	84.40 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	23.20 a	50.90 a	80.60 a
ANDEVA	0.867	0.529	0.757

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

4.1.2 Diámetro del Tallo

La caña o tallo del sorgo esta formada por una serie de nudos y entrenudos cortos, delgados y muy vigorosos, midiendo de 0.5 a 5 cm de diámetro cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior (Somarriba,1997).

El acame de las plantas es resultado del pobre vigor de los tallos. Las plantas acamadas constituyen un medio favorable para el desarrollo de hongos u otras enfermedades (Poehlman, 1965).

El análisis de varianza (ANDEVA), realizado para la variable diámetro del tallo, demostró que para el factor A (líneas) hubo efecto significativo a los 35 y 65 dds y no significativo a los 50 dds, mientras que el factor B (niveles de fertilización) no mostró diferencias significativas en ninguno de los muestreos, resultados similares se obtuvieron en el estudio realizado por Manzanares y Calero (2004). Solo se evidenció interacción entre ambos factores a los 35 dds (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo.

Fuente de variación	35 dds	50 dds	65 dds
Factor A	0.040	0.071	0.031
Factor B	0.142	0.662	0.162
Interacción (A*B)	0.039	0.993	0.911
CV (%)	7.90	11.13	8.56

Para el factor A (líneas) según la tabla 6 a los 35 dds la línea que presentó mayor diámetro del tallo fue ICSVLM-93076 con 21.0 mm, seguido por ICSVLM-89551 con 20.3 mm siendo iguales categóricamente y en ultimo lugar las líneas ICSVLM-92512 y ICSVLM-93079 ambas con 16.9 mm, respectivamente.

A los 50 dds las líneas en estudio no presentaron diferencias estadísticas para la variable diámetro del tallo; pero sí existieron variaciones de diámetro en un rango entre 30.8 y 24 cm.

A los 65 dds las líneas que presentaron mayor diámetro fueron ICSVLM-89537 con 35.3 mm seguido de la línea ICSVLM-93074 con 33.7 mm.

La aplicación de fertilizante nitrogenado tiene influencia en el engrosamiento del tallo, debido a que el elemento nitrógeno es indispensable para la acumulación de materia seca en el tallo de la misma. Resultados similares se encontraron en el estudio realizado por Herrera y García (2004), pero superiores a los encontrados por Manzanares y Calero (2004); Fonseca y López (2004).

Para el factor B: (niveles de nitrógeno aplicados por hectárea) con la aplicación 37 kg N ha^{-1} aplicado a los 35 dds se obtuvo un diámetro de 19 mm, a los 50 dds 27 mm, y a los 60 dds 31.8 mm superando de esta manera el nivel 0 kg N ha^{-1} .

A pesar de las diferencias numéricas entre líneas, estadísticamente todas son iguales en todos los factores evaluados. Igual comportamiento estadístico se determinó para el factor nivel de fertilización.

Tabla 6. Resultados de la separación de media para la variable diámetro (mm) del tallo a los 35, 50, 65 dds Zambrano, 2004.

Factor A (Líneas)	35 dds	50 dds	65 dds
ICSVLM-89513	18.90 ab	27.40 a	32.10 ab
ICSVLM-89524	19.00 ab	25.40 a	30.40 ab
ICSVLM-89527	19.50 ab	28.00 a	32.70 ab
ICSVL M-89537	18.80 ab	30.80 a	35.30 a
ICSVLM-89544	19.40 ab	27.90 a	32.90 ab
ICSVLM-89551	20.30 ab	27.20 a	31.90 ab
ICSVLM-90510	19.40 ab	24.90 a	29.90 ab
ICSVLM-90520	17.60 ab	25.20 a	30.30 ab
ICSVLM-92512	16.90 b	26.10 a	30.30 ab
ICSVL M-93074	18.50 ab	29.40 a	33.70 ab
ICSVLM-93075	18.40 ab	24.00 a	29.00 b
ICSVLM-93076	21.00 a	25.30 a	30.30 ab
ICSVLM-93079	16.90 b	28.20 a	32.40 ab
ICSVLM-93081	18.30 ab	26.00 a	30.80 ab
JOCORO	18.60 ab	27.20 a	31.90 ab
PINOLERO 1	19.40 ab	24.40 a	29.30 ab
ANDEVA	0.040	0.071	0.031
Factor (B) kg N ha⁻¹	35 dds	50 dds	65 dds
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	19.00 a	27.00 a	31.80 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	18.60 a	26.40 a	31.10 a
ANDEVA	0.142	0.662	0.162

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

Para la interacción líneas-niveles de fertilización (tabla 7), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha⁻¹ hay cinco categorías estadísticas bien diferenciadas y para el nivel 0 kg N ha⁻¹ existen tres categorías.

Esto significa que cuando se aplica el nivel 37 kg N ha⁻¹ aumentó el diámetro de la planta, siendo la línea ICSVLM-93076 la que presentó mayor diámetro con 21.5 mm y ocupando el último lugar la línea ICSVLM-92512 con 16.1 mm, mientras que el nivel 0 kg N ha⁻¹ el testigo la variedad Pinolero 1 presentó el mayor diámetro con 20.7 mm seguido de las líneas ICSVLM-93076 con 20.5 mm, ICSVLM-89551 con 20.4 mm, respectivamente, siendo todas estas estadísticamente iguales.

Es importante comentar que las líneas ICSVLM-90510, ICSVLM-93075 e ICSVLM-93079 son las que responden positivamente a la aplicación de 37 kg N ha⁻¹ con mayor diferencia de diámetro en relación a la cero aplicación. Sin embargo estas líneas no alcanzaron los mayores diámetros.

Tabla 7. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el diámetro del tallo (mm) a los 35 dds. Zambrano, 2004.

Tratamiento	37 kg N ha⁻¹	0 kg N ha⁻¹
ICSVLM-89513	18.80 abc	18.90 ab
ICSVLM-89524	19.40 abc	18.60ab
ICSVLM-89527	20.00 abc	19.00 ab
ICSVL M-89537	18.80 abc	18.70 ab
ICSVLM-89544	19.70 abc	18.30 ab
ICSVLM-89551	20.20 ab	20.40 a
ICSVLM-90510	20.90 ab	17.90 ab
ICSVLM-90520	17.70 abc	17.60 ab
ICSVLM-92512	16.10 c	17.80 ab
ICSVL M-93074	18.50 abc	18.60 ab
ICSVLM-93075	19.20 abc	17.60 ab
ICSVLM-93076	21.50 a	20.50 a
ICSVLM-93079	17.90 abc	15.80 b
ICSVLM-93081	17.40 bc	19.20 ab
JOCORO	19.40 abc	17.9 0ab
PINOLERO 1	18.20 abc	20.70 a
ANDEVA	0.039	

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

4.1.3 Número de hojas por planta

Según Peña (1989), las hojas son órganos primarios 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.

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

Al hacer un conteo de hojas, se debe de considerar como hojas desarrolladas aquellas que presentan el cuello, la vaina y la lámina totalmente visible (Somarriba, 1997).

Los resultados para la variable número de hojas, según el ANDEVA (Tabla 8), el factor A (líneas) mostró efecto altamente significativo a los 65 dds. Solo se evidenció interacción entre ambos factores (líneas-niveles de fertilización) a los 50 dds.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta.

Fuente de variación	35 dds	50 dds	65 dds
Factor A	0.176	0.244	0.002
Factor B	0.135	0.545	0.278
Interacción (A*B)	0.231	0.040	0.939
CV (%)	9.89	8.2	10.8

A la tercera evaluación, los datos demuestran (tabla 9) que las líneas con mayor número de hojas fueron ICSVLM-89513 e ICSVLM-89527 ambas con 14 hojas, siendo estadísticamente iguales.

Obteniéndose de esta manera un promedio por todas las líneas de 11 hojas. Estos resultados obtenidos en el número de hojas son superiores a los encontrados por Manzanares y Calero

(2004) que obtuvieron como promedio 8 hojas; Fonseca y López (2004) con 9 hojas; pero son similares a los encontrados por Herrera y García (2004) con un promedio de 11 hojas.

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

En relación con el factor B el análisis de varianza no mostró efecto significativo durante los tres muestreos.

Tabla 9. Resultados de la separación de media para la variable número de hojas para los factores en estudio a los 35, 50, 65 dds. Zambrano, 2004.

Factor A (Líneas)	35 dds	50 dds	65 dds
ICSVLM-89513	5 a	8 a	14 a
ICSVLM-89524	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-89527	5 a	8 a	14 a
ICSVL M-89537	5 a	8 a	13 ab
ICSVLM-89544	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-89551	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-90510	5 a	8 a	11 abc
ICSVLM-90520	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-92512	5 a	8 a	11 abc
ICSVL M-93074	5 a	8 a	9 c
ICSVLM-93075	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-93076	5 a	8 a	12 abc
ICSVLM-93079	5 a	8 a	10 abc
ICSVLM-93081	5 a	8 a	12 abc
JOCORO	5 a	8 a	10 bc
PINOLERO 1	5 a	8 a	11 abc
ANDEVA	0.176	0.244	0.002
Factor (B) kg N ha⁻¹	35 dds	50 dds	65 dds
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	5 a	8 a	12 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	5 a	8 a	11 a
ANDEVA	0.135	0.545	0.278

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

Para la interacción de ambos factores (tabla 10), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha^{-1} hay tres categorías estadísticas. Refleja que cuando se aplican 37 kg N ha^{-1} aumenta el número de hojas de la planta, siendo las líneas ICSVLM-89527, ICSVLM-89544, ICSVLM-90510 e ICSVLM-93081, las que presentaron mayor número de hojas todas con 10 hojas, siendo estadísticamente iguales y ocupando el último lugar el testigo la variedad Pinolero 1 con 7 hojas, mientras que el nivel 0 kg N ha^{-1} presentó una categoría estadística y las líneas que presentaron mayor número de hojas fueron ICSVLM-89513, ICSVLM-89527, ICSVLM-89537 y JOCORO todas con 9 hojas, siendo estadísticamente iguales al resto de líneas.

Tabla 10. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el número de hojas de la planta a los 50 dds.

Tratamientos	37 kg N ha⁻¹	0 kg N ha⁻¹
ICSVLM-89513	8 ab	9 a
ICSVLM-89524	8 ab	8 a
ICSVLM-89527	10 a	9 a
ICSVLM-89537	9 ab	9 a
ICSVLM-89544	10 a	8 a
ICSVLM-89551	9 ab	8 a
ICSVLM-90510	10 a	8 a
ICSVLM-90520	8 ab	8 a
ICSVLM-92512	9 ab	8 a
ICSVLM-93074	8 ab	8 a
ICSVLM-93075	8 ab	8 a
ICSVLM-93076	8 ab	8 a
ICSVLM-93079	8 ab	8 a
ICSVLM-93081	10 a	8 a
JOCORO	9 ab	9 a
PINOLERO 1	7 b	8 a
ANDEVA	0.040	

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

4.2 Variables del rendimiento

4.2.1 Longitud de panoja

La panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según la distancia entre ramilla, posición, longitud o densidad de flores. La posición puede ser erecta o curva, la longitud de la panoja es inversa al ancho de la misma (León, 1987).

La panícula puede tener de 4 a 25 cm de largo, de 2 a 20 cm de ancho y llevar de 400 a 8000 granos (Compton, 1990).

La longitud de panoja es una variable que esta ligada tanto a factores genéticos como ambientales, es de gran importancia en el rendimiento, ya que panojas de mayor tamaño tienen mayor número de espiguillas y de granos, lo que aumenta el rendimiento (Monterrey, 1997).

El análisis de varianza (ANDEVA), realizado para la variable longitud de panoja, demuestra que los resultados obtenidos fueron significativos para ambos factores en estudio (Tabla 11).

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable longitud de panoja

Fuente de variación	A la cosecha
Factor A	0.0001
Factor B	0.005
Interacción (A*B)	0.607
CV (%)	4.90

Dentro del factor A (Líneas) el testigo la variedad Pinolero 1 presentó una mayor longitud de panoja con 30.0 cm siendo estadísticamente diferente del resto de líneas seguido de la línea ICSVLM-93074 con 29.2 cm, mientras que ICSVLM-93075 e ICSVLM-93081 presentaron las menores longitudes de panoja con 22.9 cm y 22.7 cm, respectivamente (Tabla 12). Estos resultados son similares a los encontrados por Herrera y García (2004) y superiores a los obtenidos por Green y González (2004); Manzanares y Calero (2004) y Fonseca y López (2004).

Monterrey (1997), recomienda usar líneas con mayor longitud de panoja ya que estas poseen mayor rendimiento de grano; sin embargo esta relación no es siempre directamente proporcional ya que el testigo Pinolero 1 que obtuvo mayor longitud de panoja no mostró mayor rendimiento.

Los valores obtenidos en la variable longitud de panoja para el factor A (Líneas), fueron de 22 a 30 cm. Según lo citado por Compton (1990), la longitud de panoja varía de 4 a 25 cm de largo, en este estudio los resultados muestran valores superiores a los referidos.

Los resultados obtenidos del factor B muestran significancia estadística, existe un aumento de tamaño de la panoja cuando se aplica 37 kg N ha^{-1} superando respectivamente al nivel 0 kg N ha^{-1} , de esta forma hemos comprobado la importancia de la fertilización nitrogenada en la determinación última de este componente del rendimiento.

Tabla 12. Resultados de separación de medias para la variable longitud de panoja (cm), Zambrano, 2004.

Factor A (Líneas)	Longitud de panoja (cm)
ICSVLM-89513	26.50 abcde
ICSVLM-89524	25.40cdef
ICSVLM-89527	25.10 cdef
ICSVL M-89537	26.80 abcde
ICSVLM-89544	27.10 abcd
ICSVLM-89551	25.60 bcdef
ICSVLM-90510	25.60 bcdef
ICSVLM-90520	24.60 def
ICSVLM-92512	27.00 abcde
ICSVL M-93074	29.20 ab
ICSVLM-93075	22.90 f
ICSVLM-93076	23.50 ef
ICSVLM-93079	25.30 cdef
ICSVLM-93081	22.70 f
JOCORO	28.30 abc
PINOLERO 1	30.00 a
ANDEVA	0.0001
Factor (B) kg N ha⁻¹	Longitud de panoja (cm)
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	26.30 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	25.00 b
ANDEVA	0.005

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

4.2.2 Longitud de 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, permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera lo que reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula (Manzanares y Calero, 2004).

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

El análisis de varianza para la variable longitud de raquis, demuestra que los resultados obtenidos fueron altamente significativos para ambos factores y para la interacción (líneas-niveles de fertilización) (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza para la variable longitud de raquis.

Fuente de variación	A la cosecha
Factor A	0.0001
Factor B	0.0001
Interacción (A*B)	0.0001
CV (%)	9.44

Dentro del factor A, la línea ICSVLM-92512 presentó mayor longitud de raquis con 11.8 cm, siendo diferente estadísticamente del resto de líneas mientras que las líneas ICSVLM-93076 con 2.8 cm, e ICSVLM-93075 con 2.0 cm presentaron las menores longitudes de raquis respectivamente (Tabla 14).

Herrera y García (2004) realizaron un estudio similar en la misma zona y encontraron longitudes de raquis mayores a las registradas en este estudio; lo cual sugiere que se debe a

condiciones ambientales más favorables (temperatura y precipitación). Al respecto Comptom (1990) expresa que la longitud del raquis esta controlada por factores genéticos, pero, factores ambientales adversos como la influencia del agua puede ejercer efectos pronunciados.

Los resultados para el factor B muestran significancia estadística; existe un aumento de tamaño en la longitud del raquis cuando se aplica 37 kg N ha^{-1} superando al nivel 0 kg N ha^{-1} .

Tabla 14. Resultados de separación de medias para la variable longitud de raquis (cm), Zambrano, 2004

Factor A (Líneas)	Longitud de raquis (cm)
ICSVLM-89513	3.90 efg
ICSVLM-89524	3.10 gh
ICSVLM-89527	3.40 fg
ICSVL M-89537	4.10 efg
ICSVLM-89544	3.90 efg
ICSVLM-89551	8.30 b
ICSVLM-90510	7.80 b
ICSVLM-90520	6.10 cd
ICSVLM-92512	11.80 a
ICSVL M-93074	6.50 c
ICSVLM-93075	2.00 h
ICSVLM-93076	2.80 gh
ICSVLM-93079	3.80 fg0
ICSVLM-93081	4.60 ef
JOCORO	3.70 fg
PINOLERO 1	5.10 de
ANDEVA	0.0001
Factor (B) kg N ha⁻¹	Longitud de raquis (cm)
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	5.60 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	4.50 b
ANDEVA	0.0001

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

Para la interacción de ambos factores (tabla 15), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha⁻¹ hay 10 categorías estadísticas y 11 categorías estadísticas para el nivel 0 kg N ha⁻¹.

La misma tabla muestra que cuando se aplicó el nivel 37 kg N ha⁻¹ aumenta la longitud del raquis siendo la línea ICSVLM-92512 la que presentó mayor longitud con 13.2 cm, siendo estadísticamente diferente del resto de líneas. En relación al nivel 0 kg N ha⁻¹ la línea que presentó mayor longitud de raquis fue ICSVLM-92512 con 10.4 cm, siendo estadísticamente diferente del resto de líneas. Siempre en este mismo nivel la variedad PINOLERO 1 superó al nivel fertilización 37 kg N ha⁻¹ aunque la diferencia no es bien marcada. Esto significa que esta línea responde satisfactoriamente a las fuentes de nutrientes naturales del suelo.

Tabla 15. Efecto de interacción de líneas por niveles de nitrógeno aplicado sobre la longitud de raquis (cm) al momento de la cosecha. Zambrano, 2004.

Tratamientos	37 kg N ha ⁻¹	0 kg N ha ⁻¹
ICSVLM-89513	4.50 efg	3.40 fg
ICSVLM-89524	3.70 gh	2.60gh
ICSVLM-89527	3.60 gh	3.30 fg
ICSVLM-89537	4.20 fgh	4.00 ef
ICSVLM-89544	4.50 fgh	3.30 fg
ICSVLM-89551	8.70 b	7.90 b
ICSVLM-90510	8.40 b	7.20 bc
ICSVLM-90520	6.60 cd	5.70 d
ICSVLM-92512	13.20 a	10.40 a
ICSVLM-93074	7.00 c	6.00 cd
ICSVLM-93075	2.30 i	1.80 h
ICSVLM-93076	3.20 hi	2.50 gh
ICSVLM-93079	4.10 fgh	3.50 fg
ICSVLM-93081	5.60 ef0	3.60 fg
JOCORO	4.50 efg	2.90 fgh
PINOLERO 1	4.50 efg	5.00 de
ANDEVA	0.0001	

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

4.2.3 Biomasa

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

La materia seca acumulada esta 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 esta la absorción total de nitrógeno para el cultivo (Paúl, 1990).

Según el ANDEVA (Tabla 16), existen diferencias significativas para ambos factores y no significativo para la interacción.

Tabla 16. Análisis de varianza para la variable producción de biomasa

Fuente de variación	A la cosecha
Factor A	0.0001
Factor B	0.002
Interacción (A*B)	0.784
C V (%)	14.48

Para el factor A la línea que obtuvo el mayor rendimiento de biomasa fue ICSVLM-93079 con 11130.5 kg ha⁻¹, seguido de la línea ICSVLM-89537 con 9437 kg ha⁻¹ ambas estadísticamente iguales, y la línea que presento menor producción de biomasa numéricamente fue ICSVLM-89551 con 5427.3 kg ha⁻¹. Estos rendimientos obtenidos en biomasa son superiores a los encontrados por Herrera y Garcia (2004) con rendimientos de 4511.8, 5682.3, 4659.5 kg ha⁻¹; Green y González (2004) con 3479.38, 3932.38, 3303.25 kg ha⁻¹; Manzanares y Calero (2004) líneas ICSVLM-89537, ICSVLM-89551 con 3965.12, 7756.37 kg ha⁻¹; Fonseca y López (2004) línea ICSVLM-93079 con 4985.5 kg ha⁻¹ de biomasa cuando evaluaron las mismas líneas.

Respecto al factor B, (Tabla 17) la separación de medias mostró diferencias entre ambos niveles, indicando que la aplicación de nitrógeno aumenta la producción de biomasa.

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

Tabla 17. Resultados de separación de medias para la variable producción de biomasa (kg ha^{-1}), Zambrano, 2004.

Factor A (Líneas)	Producción de biomasa (kg ha^{-1})
ICSVLM-89513	7131.30 cde
ICSVLM-89524	6883.50 de
ICSVLM-89527	7083.00 cde
ICSVL M-89537	9437.00 ab
ICSVLM-89544	8928.00 bc
ICSVLM-89551	5427.30 e
ICSVLM-90510	8841.00 bc
ICSVLM-90520	5743.50 de
ICSVLM-92512	7572.20 bcd
ICSVL M-93074	7447.20 cd
ICSVLM-93075	5700.00 de
ICSVLM-93076	6644.00 de
ICSVLM-93079	11130.50 a
ICSVLM-93081	6753.00 de
JOCORO	7088.00 cde
PINOLERO 1	7393.50 cd
ANDEVA	0.0001
Factor (B) kg N ha^{-1}	Producción de biomasa (kg ha^{-1})
b_1 : 37 kg N ha^{-1}	7761.40 a
b_2 : 0 kg N ha^{-1}	7138.90 b
ANDEVA	0.002

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

4.2.4 Rendimiento de grano

El rendimiento de grano es el principal objetivo a alcanzar en el cultivo de sorgo y es el resultado de una serie de factores que en su mayoría pueden modificarse en forma artificial (Tapia, 1980). Al respecto Espinoza, (1992), plantea que para lograr buenos rendimiento de granos las líneas deben tener características agronómicas adecuadas, tales como panoja semi-abiertas y longitud superior a los 30 cm.

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 11000 kg ha⁻¹; con rendimientos promedios que fluctúan entre 7000 y 9000 kg ha⁻¹ cuando la humedad no es un factor limitante. En aquellas áreas donde es un cultivo común sostiene rendimientos de 3000 a 4000 kg ha⁻¹ bajo buenas condiciones y bajan a 1000 o 300 kg ha⁻¹ cuando la humedad se vuelve limitante (House, 1982); para las condiciones edafoclimáticas de nuestro país el rendimiento promedio es de 2000 kg ha⁻¹ (MAGFOR, 2005).

El análisis de varianza (ANDEVA), presentado en la (tabla 18), muestra que existen diferencias altamente significativas para ambos factores y para la interacción.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano.

Fuente de variación	A la cosecha
Factor A	0.0001
Factor B	0.0001
Interacción (A*B)	0.001
CV (%)	8.44

Dentro del factor A, (Tabla 19) las líneas mostraron diferencias altamente significativas en cuanto al rendimiento, variando entre 5804.8 y 2391 kg ha⁻¹. La línea que muestra el mejor comportamiento productivo es ICSVLM- 93079 con 5804.8 kg ha⁻¹, seguido de la variedad PINOLERO 1 (Testigo) con 5260.1 kg ha⁻¹, siendo ambas estadísticamente iguales.

Estos rendimientos son superiores a los encontrados por Herrera y Garcia (2004) que obtuvo rendimientos de 1330-4443 kg ha⁻¹; Green y González (2004) con 1691-3188 kg ha⁻¹; Manzanares y Calero (2004) con 1323-2595 kg ha⁻¹; Fonseca y López (2004) con 1402-2440 kg ha⁻¹.

Según lo citado por Salmerón y García (1994), el rol del nitrógeno sobre los rendimientos varía con las variedades de acuerdo a su potencial genético de estas.

La falta de nitrógeno es un elemento limitante en el nivel 0 kg N ha⁻¹ ya que el rendimiento obtenido fue bajo 3740 kg ha⁻¹ en comparación con el nivel 37 kg N ha⁻¹ el cual obtuvo 4194.3 kg ha⁻¹. Estas diferencias encontradas en el rendimiento de grano entre ambos factores y en la interacción (líneas-nivel de fertilización) se debe a la importancia que tiene la disponibilidad de nitrógeno sobre los componentes de crecimiento y rendimiento del cultivo, donde juega un papel importante en la síntesis de proteínas, la cual es indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta, por ende cuando falta dicho elemento se obtienen menores rendimientos debido a la disminución del tamaño de las células y especialmente en el ritmo de división celular para la acumulación de nitrógeno.

Tabla 19. Resultados de separación de medias para la variable rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Zambrano, 2004

Factor A (Líneas)	Rendimiento (kg ha⁻¹)
ICSVLM-89513	4702.00 bc
ICSVLM-89524	4019.20 cde
ICSVLM-89527	3944.20 de
ICSVL M-89537	4326.20 cd
ICSVLM-89544	3538.00 efgh
ICSVLM-89551	3152.20 fgh
ICSVLM-90510	4160.00 cde
ICSVLM-90520	3613.60 efg
ICSVLM-92512	5083.60 b
ICSVL M-93074	3825.70 def
ICSVLM-93075	2391.00 i
ICSVLM-93076	2995.10 ghi
ICSVLM-93079	5804.80 a
ICSVLM-93081	3750.00 def
JOCORO	2907.50 hi
PINOLERO 1	5260.10 ab
ANDEVA	0.0001
Factor (B) kg N ha⁻¹	Rendimiento (kg ha⁻¹)
b ₁ : 37 kg N ha ⁻¹	4194.30 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	3740.00 b
ANDEVA	0.0001

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

Para la interacción de ambos factores (tabla 20), la separación de medias indica que para el nivel 37 kg N ha⁻¹ se obtuvieron doce categorías estadísticas y siete categorías estadísticas para el nivel 0 kg N ha⁻¹.

Significa que cuando se aplica el nivel 37 kg N ha⁻¹ aumenta el rendimiento, siendo la línea ICSVLM-93079 la que presentó mayor rendimiento con 6458.7 kg ha⁻¹ estadísticamente y ocupando el último lugar la línea ICSVLM-93075 con 2567.2 kg ha⁻¹, mientras que el nivel 0 kg N ha⁻¹ presentó mayor rendimiento la variedad PINOLERO 1 con 5213.2 kg ha⁻¹, seguido por la línea ICSVLM-93079 con 5151 kg ha⁻¹ ambas estadísticamente iguales.

Tabla 20. Efecto de interacción de líneas por niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

Tratamientos	37 kg N ha ⁻¹	0 kg N ha ⁻¹
ICSVLM-89513	4855.00 cd	4788.00 ab
ICSVLM-89524	4439.20 de	3599.20 cd
ICSVLM-89527	4102.20 def	3786.20 cd
ICSVLM-89537	4415.30 de	4237.20 bc
ICSVLM-89544	3611.50 fg	3465.50 de
ICSVLM-89551	3499.70 fg	2804.50 ef
ICSVLM-90510	4646.00 cd	3674.00 cd
ICSVLM-90520	3658.00 fg	3569.20 cd
ICSVLM-92512	5555.20 b	4612.00 ab
ICSVLM-93074	3910.20 defg	3741.20 cd
ICSVLM-93075	2567.20 h	2215.00 f
ICSVLM-93076	3223.50 gh	2766.70 ef
ICSVLM-93079	6458.70 a	5151.00 a
ICSVLM-93081	3845.00 efg	3655.00 c d
JOCORO	3334.00 g	2481.0 f
PINOLERO 1	5307.00 bc	5213.20 a
ANDEVA	0.001	

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

4.2.5 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, y el peso de los granos (Salmerón y García, 1994).

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

Los resultados de los contenidos de nitrógeno a la cosecha muestran (figura 2) que la mayor concentración de nitrógeno en grano con el nivel 37 kg N ha^{-1} la obtuvo la línea ICSVLM-93074 con 1.9 %, seguido de las líneas ICSVLM-89544 y JOCORO ambas con 1.8 % de nitrógeno, y en menor concentración se presentó en las líneas ICSVLM-89524, ICSVLM-90520 e ICSVLM-92512 todas con 1.4 % de nitrógeno. Estos porcentajes son similares a los obtenidos por Herrera y García (2004). Pero son superiores a los encontrados por Fonseca y López (2004) y Manzanares y Calero (2004).

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

Para el nivel 0 kg N ha^{-1} la mayor concentración de nitrógeno fue para la línea JOCORO con 1.8 % seguido de la línea ICSVLM-93076 con 1.7 % y con menores concentraciones se presentó en la línea ICSVLM-90520 con 1.2 % de nitrógeno.

Las líneas ICSVLM-89513, ICSVLM-89537, ICSVLM-90510, ICSVLM- 93079 presentan porcentajes iguales de nitrógeno en el grano, debido a que hubo

mayor aprovechamiento del nitrógeno del suelo por la planta, cabe destacar que estas líneas fueron capaces de producir buenos rendimientos con niveles bajos de nitrógeno disponible en el suelo.

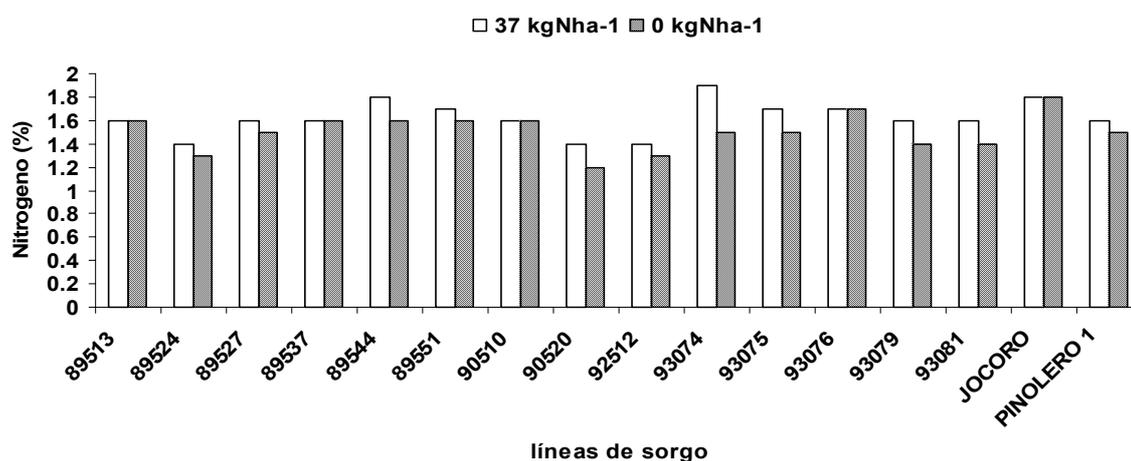


Figura 2. Contenido de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización.

4.2.6 Nitrógeno en la biomasa (%)

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

Según Fuentes (1994), el nitrógeno en menor proporción en relación al contenido total, también se encuentra en las plantas en forma de (N-orgánico, y N-inorgánico) aumentando esta proporción cuando se presentan anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas.

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

En los análisis de nitrógeno realizados a la cosecha en la biomasa (figura 3), la línea que obtuvo el mayor porcentaje de nitrógeno en la biomasa cuando se aplicó 37 kg N ha⁻¹ fue ICSVLM-93079 con 0.9 % seguido de las líneas ICSVLM-89527 con 0.8 %, presentando menores resultados las líneas ICSVLM-90510, ICSVLM-92512 e ICSVLM-93076 todas con 0.4 % de nitrógeno en la biomasa. Aplicar nitrógeno es indispensable para obtener mayores concentraciones de dicho elemento en la biomasa. Estos porcentajes de nitrógeno en la biomasa son superiores a los encontrados por Calero y Manzanares (2004).

Para el nivel 0 kg N ha⁻¹ la mayor concentración de nitrógeno en la biomasa la obtuvieron las líneas ICSVLM-89537, ICSVLM-93074 e ICSVLM-93075 todas con 0.7 % de nitrógeno, consecuentemente fue decreciendo, resultando en último lugar las líneas ICSVLM-89524, ICSVLM-93079, ICSVLM-93081 todas con 0.3 % de nitrógeno.

También muestra la (figura 3) que las líneas ICSVLM-89537, ICSVLM-92512, ICSVLM-93076 presentaron mayor porcentaje de nitrógeno en la biomasa con el nivel 0 kg N ha⁻¹ que con la aplicación 37 kg N ha⁻¹. Es interesante hacer mención que las líneas ICSVLM-89537, ICSVLM-90510, ICSVLM-93076 Y JOCORO no presentaron una respuesta positiva a la aplicación del nivel 37 kg N ha⁻¹, pudiendo pensar que el nitrógeno absorbido por la biomasa no es translocado al grano, por lo tanto (figura 2) los resultados obtenidos son similares en ambos niveles de nitrógeno, permitiendo detectar líneas capaces de producir buenos rendimientos para condiciones de suelos bajos en nutrientes.

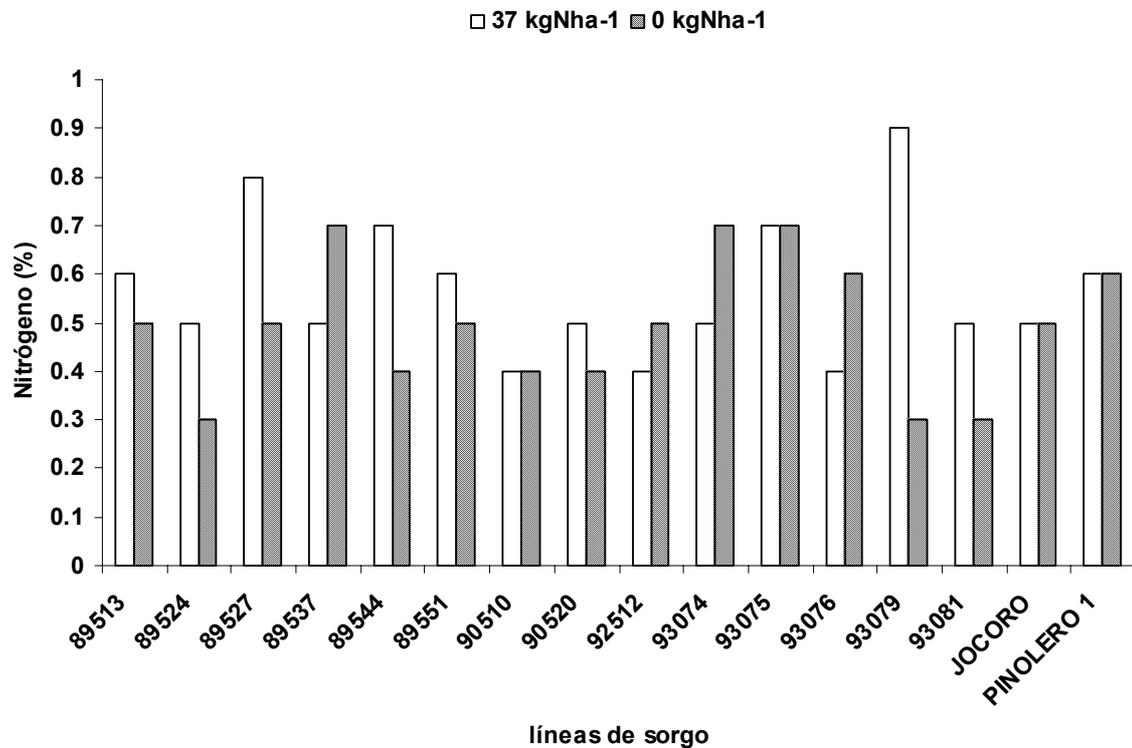


Figura 3. Contenido de nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización.

Las concentraciones de nitrógeno contenido en la biomasa, hacen de este un material recomendable para la alimentación del ganado por no superar el 0.9% de nitrógeno que es el indicador tóxico. Por otro lado si la biomasa es incorporada al suelo en forma de rastrojo, proporcionaría reservas nutricionales de nitrógeno para los cultivos subsiguientes (figura 3).

4.3 Uso eficiente de la fertilización nitrogenada

Según Youngquist *et al* (1992), el uso eficiente de nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que lo describe como la eficiencia de absorción y otro sobre la utilización eficiente del nitrógeno. Siendo esta última más importante porque describe el uso que la planta hace del fertilizante. La eficiencia de absorción de nitrógeno, es definida como el total de nitrógeno contenido en la planta por unidad de fertilizante aplicado, mientras que el Uso Eficiente de

Nitrógeno (UEN), es definido como el rendimiento de grano por unidad de nitrógeno en la planta a la maduración.

La eficiencia en la utilización de fertilizantes consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutrientes que añade el suelo. El cultivo responde a la aplicación de nutrientes tales como el nitrógeno cuando el suelo tiene deficiencia de este nutriente (Hardarson, 1990).

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

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

El contenido de nitrógeno en la biomasa aumenta a medida que aumentan las aplicaciones de nitrógeno (Fonseca y López, 2004).

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

De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 4), con la aplicación de 37 kg N ha^{-1} la línea que presentó mayor acumulación fue ICSVLM-93079 con 72 kg ha^{-1} seguido por la variedad PINOLERO 1 (testigo) con 71 kg ha^{-1} y presentando menor acumulación las línea ICSVLM-89524 e ICSVLM-90510 ambas con 27.1 kg ha^{-1} .

Para la aplicación de 0 kg N ha^{-1} la mayor acumulación de nitrógeno la obtuvo la variedad PINOLERO 1 (testigo) con 62.6 kg ha^{-1} , seguido de las líneas ICSVLM-93075 con 52.2 kg ha^{-1} , ICSVLM-93074 con 51 kg ha^{-1} respectivamente. La línea que presentó menor acumulación de nitrógeno en la biomasa fue ICSVLM-89524 con 16.5 kg ha^{-1} .

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

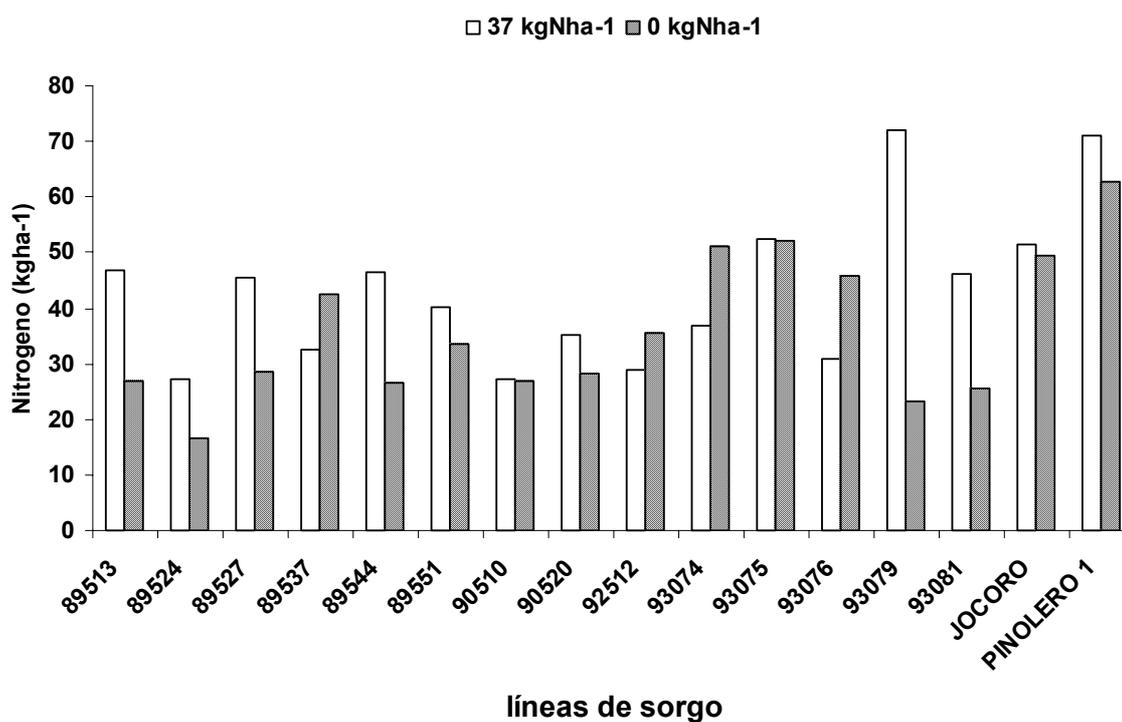


Figura 4. Acumulación de nitrógeno en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización (kg ha^{-1}).

4.3.2 Acumulación de nitrógeno en el grano (kg ha^{-1})

La eficiencia de absorción y utilización de nitrógeno en la producción de grano requiere que aquellos procesos asociados en la absorción, traslocación, asimilación, y la redistribución del nitrógeno opera efectivamente (ISCA, 1984).

En la figura 5 se muestra la acumulación de nitrógeno en el grano de cada una de las líneas de sorgo con dos niveles de nitrógeno; con el nivel 37 kg N ha^{-1} la mayor acumulación la obtuvo la línea ICSVLM-93079 con 58.1 kg ha^{-1} , seguido de las líneas ICSVLM-89527 con 32.8 kg

ha⁻¹ y PINOLERO 1 (testigo) con 31.8 kg ha⁻¹, presentando la menor acumulación de nitrógeno en el grano la línea ICSVLM-93076 con 12.9 kg ha⁻¹.

Con la aplicación del nivel 0 kg N ha⁻¹ se obtuvieron menores porcentajes de acumulación, debido a la disposición y la baja traslocación del elemento nitrógeno de la parte vegetativa al grano, la variedad Pinolero 1 (testigo) con 31.3 kg ha⁻¹, seguido de la línea ICSVLM-89537 con 29.7 kg ha⁻¹, y la menor acumulación la presentó la línea ICSVLM-89524 con 10.8 kg ha⁻¹.

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

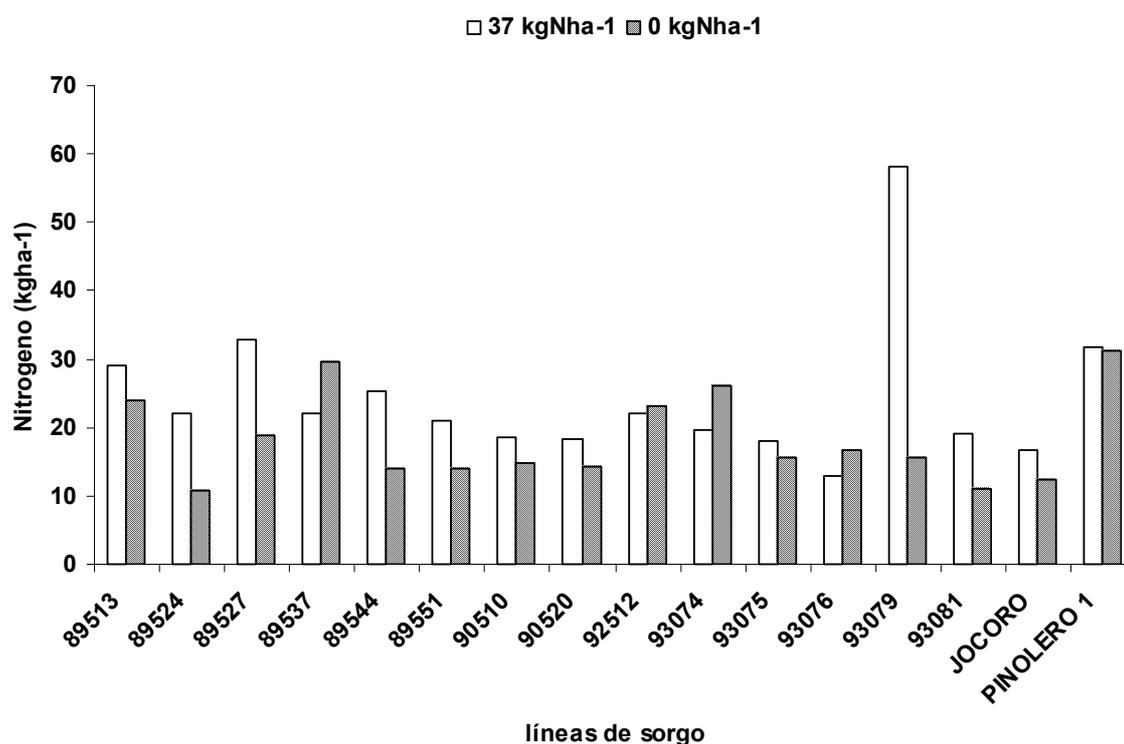


Figura 5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización (kg ha⁻¹).

4.3.3 Eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa (kg biomasa/ kg de N absorbido).

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

La eficiencia del fertilizante nitrogenado incrementa cuando se realizan aplicaciones complementarias después de la emergencia lo que produce mayor repuesta del fertilizante por la planta al obtener mayores rendimientos de absorción de nitrógeno por unidad de nitrógeno aplicado a la planta (Lung & Mallet, 1987).

Según los resultados obtenidos de la variable en estudio, muestran que las líneas que obtuvieron mayor eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa con la aplicación del nivel 37 kg N ha⁻¹ es ICSVLM-90510 con 125 kg ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM-92512 con 122 kg ha⁻¹, ICSVLM-89537 con 121 kg ha⁻¹ y la línea que presentó el menor valor de eficiencia es ICSVLM-93079 con 87 kg ha⁻¹. Los resultados obtenidos en el uso eficiente del nitrógeno por la biomasa (kg ha⁻¹) son similares a los obtenidos por Herrera y Garcia (2004) con 75-169 kg ha⁻¹ y similares a los obtenidos por Fonseca y López (2004) que obtuvo resultados de 85-166 kg ha⁻¹, pero superiores a los obtenidos por Manzanares y Calero (2004) con resultados de 29-69 kg ha⁻¹ y a los obtenidos por Green y González (2004) que obtuvieron resultados de 57-133 kg ha⁻¹.

Con la aplicación del nivel 0 kg N ha⁻¹ la mayor eficiencia la presentó la línea ICSVLM-89524 con 154 kg ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM-93079 con 151 kg ha⁻¹, ICSVLM-93081 con 145 kg ha⁻¹ y la de menor eficiencia la presentó la línea ICSVLM-89537 con 100 kg ha⁻¹.

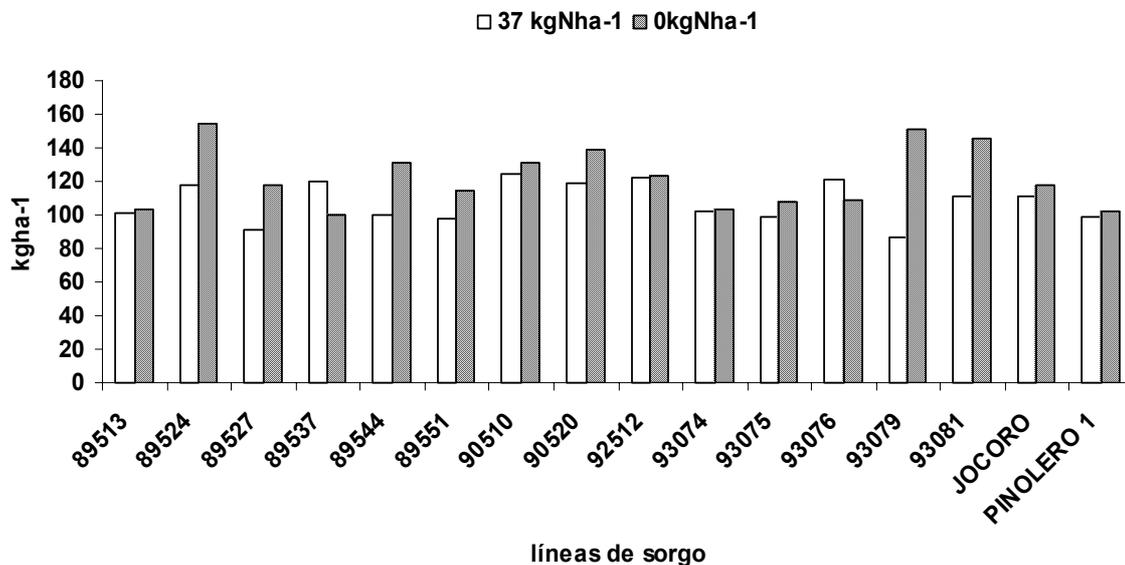


Figura 6. Eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa.

4.3.4 Eficiencia del uso del nitrógeno por el grano (kg de grano/kg N absorbido ha⁻¹).

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 nutrientes que se añaden al suelo (Salmerón y Garcia, 1994).

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

La planta de sorgo exige una constante y bien distribuida aplicación de nitrógeno, desde la siembra hasta el llenado del grano, ya que esta lo demanda para crecer, elaborar sus reservas y formar sus semillas (somarriba,1997).

Los resultados obtenidos (figura 7) muestran que las líneas que obtuvieron mayor eficiencia del uso del nitrógeno por el grano con la aplicación 37 kg N ha⁻¹ fueron ICSVLM-92512 con 51 kg ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM-89524 con 46 kg ha⁻¹, ICSVLM-90520 con 45 kg ha⁻¹ y las líneas que presentaron el menor resultado fueron ICSVLM-93075 con 31 kg ha⁻¹, ICSVLM-89544 con 27 kg ha⁻¹.

Con el nivel 0 kg N ha⁻¹ la mayor eficiencia la presentó la línea ICSVLM-90520 con 55 kg ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM-89524 con 54 kg ha⁻¹, ICSVLM-93081 con 51 kg ha⁻¹ y la línea que presentó el menor resultado fue ICSVLM-93075 con 30 kg ha⁻¹.

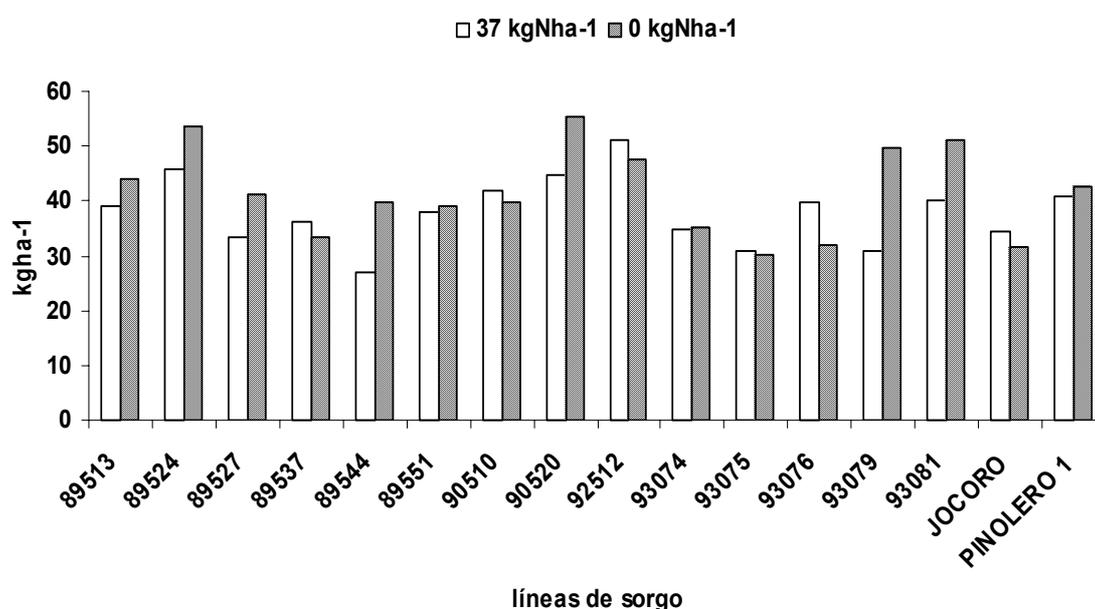


Figura 7. Eficiencia de uso del nitrógeno por el grano.

4.3.5 Incremento del rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg de grano/ kg N aplicado).

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

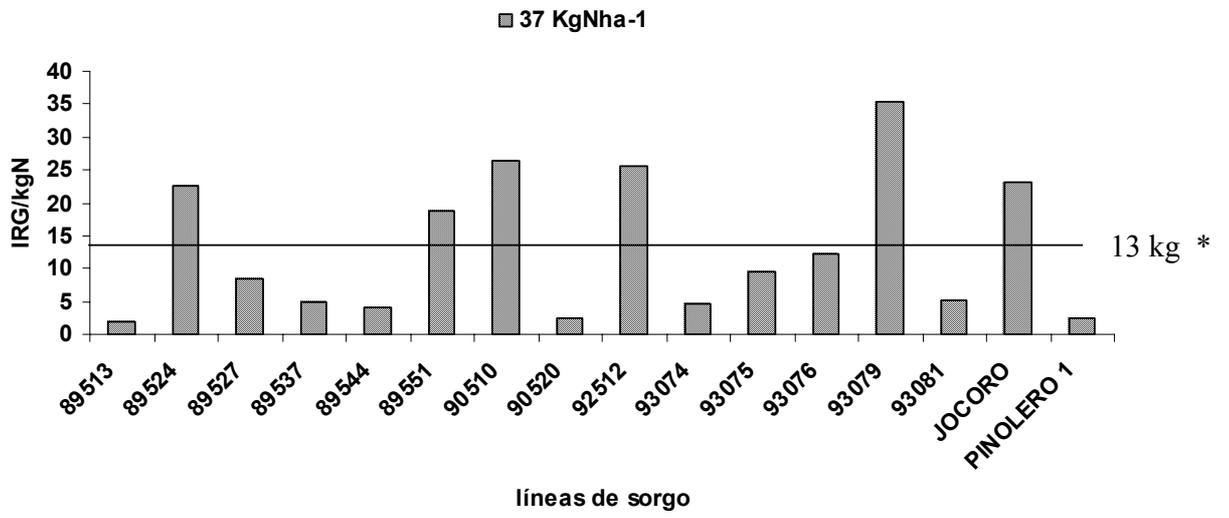
Así en la medida que este valor sea más alto se estará haciendo un buen manejo de la fertilización.

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

Los resultados del uso eficiente del nitrógeno muestran que hay respuesta positiva de esta el incrementar su rendimiento.

La proporción del rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado muestra que la mayor producción se obtuvo por la línea ICSVLM-93079 con 35 kg de grano ha^{-1} / kg de nitrógeno aplicado, seguido por las líneas ICSVLM-90510 con 26 kg ha^{-1} , ICSVLM-92512 con 25 kg ha^{-1} / kg de N aplicado, disminuyendo sucesivamente y obteniendo el menor valor la líneas ICSVLM-89513 y ICSVLM-90520 ambas con 2 kg de grano ha^{-1} / kg de N aplicado.

Esto puede ser debido a los genes presentes en la planta que tienen la capacidad de absorber el nitrógeno con gran facilidad, no pudo haber sido afectada la disponibilidad del nitrógeno ya que las características edafoclimáticas se presentaron en buenas condiciones y así poder realizar los procesos fisiológicos los que están estrechamente relacionados manifestándose al obtener porcentajes altos de recuperación lo que presenta mayor efectividad de translocación, asimilación y redistribución del nitrógeno a la planta. El promedio del rendimiento presentado fue de 13 kg de grano ha^{-1} / kg de N aplicado el cual fue superado por las líneas ICSVLM-89524, ICSVLM-89551, ICSVLM-90510, ICSVLM-92512, ICSVLM-93079 Y JOCORO con un promedio de 25.16 kg de grano ha^{-1} .



* Promedio de todas las líneas

Figura 8. Incremento del rendimiento de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado kg/kg N.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente

Para las variables de crecimiento, la altura osciló en todas las líneas entre 20-105 cm, obteniendo la mayor altura a los 65 dds la línea ICSVLM-89513 con 105 cm, presentó el mayor diámetro la línea ICSVLM-89537 con 35.3 mm, y las líneas que presentaron mayor número de hojas fueron ICSVLM-89513 y ICSVLM-89527 con 14 hojas respectivamente.

Para las variables del rendimiento, la mayor longitud de panoja la obtuvo la línea variedad pinolero1 con 30 cm, la línea ICSVLM-92512 presentó la mayor longitud de raquis con 11.8 cm, la mayor producción de biomasa fue obtenida por la línea ICSVLM-93079 con 11130.5 kg ha⁻¹, el mejor rendimiento de grano lo obtuvo la línea ICSVLM-93079 con 5804.8 kg ha⁻¹.

Las líneas que hacen un mejor uso eficiente del N aplicado son ICSVLM-90510, ICSVLM-92512, con el nivel 37 kg N ha⁻¹.

Las mayores acumulaciones de nitrógeno en biomasa la presentaron las líneas ICSVLM-93079 con 72 kg ha⁻¹ y Pinolero 1 con 71 kg ha⁻¹ con la aplicación 37 kg N ha⁻¹.

La mayor eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa con la aplicación 37 kg N ha⁻¹ la presentaron las líneas, ICSVLM-90510 con 125 kg ha⁻¹, ICSVLM-92512 con 122 kg ha⁻¹. La mayor eficiencia de uso del nitrógeno por el grano con el nivel 37 kg N ha⁻¹ la obtuvieron las líneas ICSVLM-92512 con 51 kg ha⁻¹, ICSVLM-89524 con 46 kg ha⁻¹.

Las líneas que mayor cantidad de grano produjeron por kg de N aplicado fueron ICSVLM-93079 con 35 kg ha⁻¹ e ICSVLM-90510 con 26 kg ha⁻¹ respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

Evaluar las líneas ICSVLM-93079 e ICSVLM-92512 por haber obtenido las mejores producciones de biomasa y de rendimiento de grano, para ser utilizadas con doble propósito (forraje y producción de grano).

Evaluar en otras localidades y bajo distintos niveles de fertilidad de suelo las líneas ICSVLM-89513 y ICSVLM-89537 por su baja respuesta a la fertilización y la obtención de rendimientos por encima del rendimiento $4512.6 \text{ kg de grano ha}^{-1}$ bajo cero fertilización.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Alemán, F. & Tercero, I. 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relación, clima, suelo, planta, hombre), en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 72 p.

Carlson, P. S. 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT-CIMMYT. India. 301 p.

Cheves D, M. y Mendoza J, F. 2000. Análisis de sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función de cambios climáticos. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 59 p.

Compton L, P. 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT. Patancheru (India). 301 p.

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

Demolon, A. 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 587 p.

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

FAO. 1980. Introducción al control integrado de las plagas del sorgo (Estudio FAO: producción y protección vegetal # 19).

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

- Fonseca, M. A. M y López G. L. A.** 2004. Evaluación del comportamiento agronómico y la eficiencia de nitrógeno para 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Trabajo de diploma. U.N.A. FAGRO. Managua, Nicaragua.
- Fuentes, J. L.** 1994. El suelo y los fertilizantes. Mundi-Prensa, Madrid, España. 121-122, 198, 205, 206, 207, 209, 213 pp.
- Green, CH, W.J y González, D, A. F.** (2004). Evaluación agronómica y uso eficiente de nitrógeno en 24 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega. Trabajo de Diploma. UNA. FAGRO. Managua, Nicaragua.
- Hardson, G.** 1990. Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo planta. OIA, Viena.
- Herrera, CH, Y. M y Garcia, P, CH. C.** 2004. Evaluación agronómica y uso eficiente de nitrógeno en 15 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor*. L. Moench) con dos niveles de fertilización nitrogenada en el municipio de Zambrano. Trabajo de Diploma. UNA. FAGRO. Managua, Nicaragua.
- House, L. R.** 1982. El sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial Gaceta, SA. Pag 29, 30.
- IICA.** 2003. Estudio de la cadena de comercialización del sorgo. Editorial, IDARTE. Managua, Nicaragua. Pp 6, 7,26.
- INETER.** 2004. Instituto de Estudios Territoriales.
- INTA.** 1999. Cultivo sorgo. Guía tecnológica 5. Managua, Nicaragua. 23 p.
- ISCA.** 1984. Seminario del programa ciencia de las plantas. Managua, Nicaragua. 9p.

- Kanampiu, F. K.** 1997. Effect of nitrogen an rate plant nitrogen loss in winter wheat varieties
J plant nutr. 404 p.
- León, L.** 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de
Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. 203 p.
- Lopez, & Galeato.** 1982. Efecto de competencia de maleza en distintos estados de
crecimiento del sorgo. Publicación técnica numero 25-INTA, Argentina.
- Lung & Mallet.** 1987. The effect of tillage System and rate and time of nitrogen
aplication on sorghum performance on a Sandy Avalon. Plant soil . Pág, 127-130.
- MAG.** 1971. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Catastro e inventario de recursos
naturales de Nicaragua. vol. 1 Parte 2. Levantamiento de suelos de la región
pacífica de Nicaragua. Managua, Nicaragua. pp 435-439.
- MAG.** 1991. Guía técnica para la producción de sorgo. Managua, Nicaragua. 32 p.
- MAGFOR.** 2005. Evaluación del ciclo agrícola 2004/2005 y proyecciones. Managua,
Nicaragua. pp 11.
- Manzanares, R, E de J y Calero, R, F. J** (2004). Evaluación del comportamiento
agronómico y uso eficiente del nitrógeno en 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor*
L. Moench) en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Trabajo de Diploma. UNA.
FAGRO. Managua, Nicaragua.
- Maranville, J. W, R. B. Clark & W.M. Ross.** 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. J.
Plant. Nutri. 2: 577-589 pp.

- Monterrey, C.** 1997. Dosis y momentos de aplicación en fertilizantes nitrogenados; efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de sorgo. Ing. Agr. U.N.A. Managua, Nicaragua. 44p.
- Morales V, M. J.** 2002. Comportamiento de 15 generaciones de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L Moench), en Nicaragua. Tesis Ingeniero Agrónomo. FDR/UNA. Managua, Nicaragua. 47 p.
- Paul, C. L.** 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador. Pág. 1-63.
- Pedrosa, H. M.** 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Managua, Nicaragua.
- Peña, S. E.** 1989. Influencia de rotación de cultivos y control de maleza sobre la cenosis de maleza, y el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo. 50 pp.
- Pineda, L. L.** 1997. La producción de sorgo granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo técnico, INTA-CNIA, Managua, Nicaragua. 55pp.
- Poehlman, J. M.** 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa, México. 453 p.
- Salmerón, M. F. y García, C. L.** 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto básico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 141 p.
- Somarriba,** 1998. Texto de granos básicos. Escuela de Producción Vegetal. U.N.A. Managua, Nicaragua. 197 p.
- Tapia, B. H.** 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. División de semillas. INRA-PROAGRO. Managua, Nicaragua. 196 p.

Urquiaga, S. & Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y en el Caribe. Porto Alegre. Génesis. Rio de Janeiro. Brasil. Pág. 9,19,21.

Villalobos, A. M. 2001. Políticas y programas de semillas en América Latina y el Caribe. FAO, Roma (ITALIA). Pag 75,82.

Youngquist, J. B; Bramel-cox, P & Maranville, J. W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selective nitrogen-use efficient genotypes in Sorghum. Crop Science. Vol. 32, N0 6.(p 1310 – 1313).