

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y LA EFICIENCIA
DE NITRÓGENO PARA DOCE LÍNEAS DE SORGO (*Sorghum bicolor*
L. MOENCH) EN EL MUNICIPIO DE SAN RAMÓN, MATAGALPA**

AUTORES

Br. AJAX MANUEL FONSECA MÉNDEZ
Br. LENIN ANÍBAL LÓPEZ GUTIÉRREZ

ASESOR

ING. MSc. LEONARDO GARCÍA CENTENO

MANAGUA, NICARAGUA. DICIEMBRE 2004

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 Descripción del lugar	5
3.1.1 Ubicación geográfica	5
3.1.2 Clima	5
3.1.3 Suelo	6
3.2 Metodología experimental	6
3.2.1 Descripción del diseño experimental	6
3.2.2 Descripción de los tratamientos	8
3.2.3 Variables a evaluar	9
3.2.4 Procesamiento de datos	11
3.3 Manejo agronómico	11
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Variable de crecimiento y desarrollo del cultivo	12
4.1.1 Altura de la planta	12
4.1.2 Diámetro del tallo	15
4.1.3 Número de hojas	19
4.2 Componentes del rendimiento	22
4.2.1 Longitud de la panoja	22

4.2.2	Longitud de ráquis	25
4.2.3	Materia seca producida (kg ha ⁻¹)	27
4.2.4	Nitrógeno en biomasa	30
4.2.5	Nitrógeno en grano	32
4.2.6	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	34
4.3	Uso eficiente de nitrógeno	38
4.3.1	Acumulación de nitrógeno en biomasa (kg ha ⁻¹)	38
4.3.2	Acumulación de nitrógeno en grano (kg ha ⁻¹)	39
4.3.3	Relación de eficiencia	41
4.3.4	Eficiencia fisiológica	42
4.3.5	Eficiencia de recuperación	43
V.	CONCLUSIONES	45
VI.	RECOMENDACIONES	47
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	48

DEDICATORIA

A **Dios** por brindarme sabiduría y fuerza para poder llegar a una meta que fue un sueño una vez y que ahora es realidad la de ser un Ing. Agrónomo, manteniendo un espíritu de confianza y protegerme de todos los peligros que se presentan en la vida diaria y así cumplir con unos de mis objetivos propuesto en mi vida.

A mis padres **Ajax Rafael Fonseca T.** y **Martha Méndez de Fonseca**, por haber sido las personas que más influyeron en mí para poder llegar a ser un gran profesional y un ejemplo a seguir, depositando en mí la mayor confianza, comprensión y amor ya que sin esos consejos y esperanzas no fuera lo que hoy soy; gracias por ser los padres maravillosos del mundo que un hijo puede tener.

A mis Hermanos **Bianka Milagros Fonseca** y **Ajax de Jesús Fonseca** que de una u otra forma fueron un motivo de inspiración en mi vida y por haberme ayudado a conseguir lo que más quería en mi vida, la de graduarme como ingeniero.

A mi esposa **Ana Marbel Padilla G.** y mi mayor orgullo mi hijo **Ajax Eduardo Fonseca P.** por ser las personas más importantes en mi vida por dedicarme tiempo, espacio, amor y comprensión para poder llegar a terminar mi trabajo de diploma, gracias por ser mi mayor inspiración para seguir adelante en mi vida.

A la Familia **Padilla García** por haberme brindado todo su apoyo incondicional en los últimos años de mi carrera, y en especial al **Ing. Eduardo Padilla** y **Marbel García** que son personas dignas de seguir.

A mis abuelitas **Carmen Trujillo de Fonseca** y **Emperatriz Baquedano** por haber confiado en mí y por brindarme un ambiente de cariño ya que supieron aconsejarme y apoyarme en momentos difíciles, les agradezco sus preocupaciones, oraciones y su motivación para que cada día fuera mejor.

A mis Abuelos **Manuel de la Cruz Fonseca** y **Justino Méndez** (q.d.e.p), porque confiaron en mí hasta sus últimos días de su vida al darme apoyo, consejos, apoyo e ilusiones de ser alguien en la vida, aunque Dios decidió llevárselos siempre estarán en mi corazón.

Ajax Manuel Fonseca Méndez

DEDICATORIA

Agradezco a **Dios** todo poderoso a quien le debo todo mis logros alcanzados, pero sobre todo a mi máximo logro él haber hecho realidad mi título de ing. Agrónomo y por estar presente en los momentos buenos así como en los difíciles, donde el peligro ha estado al asecho. Así como a todas las personas que me brindaron sus conocimientos y apoyo para la culminación de mi carrera universitaria.

A mi madre **Martha Argentina Gutiérrez** que supo brindarme todo su amor, cariño, confianza y apoyo para poder culminar una meta muy anhelada por mi persona aun esos momento adversos en los cuales supo lidiar con ellos. Te quiero mucho mamá.

A mi padre **José Aníbal López Blandón** que siempre estuvo presente con su apoyo incondicional, motivación y disciplina para poder llegar a ser un profesional más de nuestra sociedad y seguir cosechando más frutos.

A mis hermanos **Rommel José y Gloria Yalitza** que han sido una fuente de inspiración para lograr mis metas y siempre hemos estado junto en los momento de gloria y de penas.

A mis tías que son muy especiales, **Gloria Maria Castro** porque a sido una persona que siempre me a brindado su apoyo, comprensión y consejos para poder seguir los buenos caminos de esta vida y ser una persona de bien. **Martha González** aunque este lejos de nosotros no a sido un obstáculo para seguir sus buenos consejo que han sido muy provechoso y de mucha reflexión

Lenín Aníbal López Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro profundo y sincero agradecimiento primeramente a **DIOS** por la vida y la sabiduría, por ser nuestro guía y permitimos culminar con éxitos nuestras metas cuando más lo necesitamos.

Al programa **INTSORMIL** por financiar nuestro tema de investigación y así poder terminar con éxito nuestra carrera. Al **Ing. MSc. Leonardo García Centeno** por brindarnos su apoyo profesional en el tema de investigación y la asesoría del mis mo.

A todos los docentes que nos brindaron su apoyo a lo largo de nuestra carrera. Y un reconocimiento en especial a la **Lic. Irma Vega, Ing. Arnoldo Polanco y la Lic. Maria Eugenia Bermúdez.**

A nuestra alma master por habernos proporcionado los medios para la integración al campo de ingenieros agrónomos y a la facultad 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 grupo I de Agronomía Generalista, por compartir tantas experiencias a lo largo de la vida universitaria. A **Ruby Altamirano, Mario Gadea y Carlos Miller** por su apoyo en la etapa de campo, **Francisco Calero, William Büschting, Donald Herrera, Juan Romero, Yolanda Herrera, Jacqueline Cárdena** que fueron compañero que nos brindaron su apoyo y sugerencia a nuestro trabajo para su buen desarrollo.

Al personal del CENIDA, en especial a **Gabriel** 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.**

Ajax Manuel Fonseca Méndez

Lenín Aníbal López Gutiérrez

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°

	Página
1. Análisis químico del suelo donde se realizó el experimento Guadalupe, San Ramón.	6
2. Descripción de los factores en estudio	7
3. Análisis de varianza para la variable altura de planta	12
4. Resultados de la separación de medias para la variable altura de la planta (cm) San Ramón, Matagalpa.	14
5. Análisis de varianza para el diámetro del tallo	15
6. Resultados de la separación de medias para la variable diámetro de la planta (cm) San Ramón, Matagalpa.	17
7. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el diámetro de la planta a los 60 días después de la siembra	18
8. Análisis de varianza para el número de hojas	19
9. Resultados de la separación de medias para la variable número de hojas por planta, San Ramón, Matagalpa	21
10. Análisis de varianza en la variable longitud de panoja	22
11. Resultados de separación de medias para la variable longitud de panoja (cm) San Ramón, Matagalpa	24
12. Análisis de varianza para la variable longitud de ráquis	25
13. Resultados de la separación de medias para la variable longitud de ráquis (cm) San Ramón, Matagalpa	26
14. Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca	27
15. Resultados de la separación de medias para la variable rendimiento de materia seca por hectárea. (kg ha^{-1}).	28
16. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de materia seca por hectárea.	29
17. Análisis de varianza para el rendimiento de grano	33

18. Resultado de separación de medias para la variable rendimiento de grano (kg ha^{-1}), San Ramón, Matagalpa	35
19. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) San Ramón, Matagalpa.	36

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
Figura 1.	Promedios mensuales de precipitación (Pp) y temperatura (T) presentados durante el desarrollo del experimento en San Ramón, Matagalpa	5
Figura 2.	Contenido de Nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización	31
Figura 3.	Concentración de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización	33
Figura 4.	Acumulación de Nitrógeno en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización (kg ha^{-1})	39
Figura 5.	Acumulación de Nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización (kg ha^{-1})	40
Figura 6.	Relación de eficiencia del nitrógeno para cada línea y nivel de fertilización	42
Figura 7.	Eficiencia fisiológica de las líneas de sorgo San Ramón, Matagalpa	43
Figura 8.	Eficiencia de recuperación de líneas de sorgo San Ramón, Matagalpa	44

RESUMEN

El presente experimento se estableció en la época de postrera comprendida de Septiembre a Diciembre del 2003 con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico y productivo de doce líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y un testigo local pinolero¹, bajo las condiciones edafoclimáticas del municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa a una elevación de 650 msnm, con las coordenadas de 12° 55' 24" de latitud norte y 85° 50' 33" de longitud oeste, los suelos son de textura franco- arcillosa con un ph 6.63 y las temperaturas oscilaron entre 22-25.5 grados celcius El experimento se estableció utilizando un arreglo de parcelas divididas en diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. El factor fertilización consta de la aplicación de fondo de 72.75 g de completo de formula 12-30-10 ha⁻¹, y dos niveles de fertilización nitrogenada 37.43 y 0 kg N ha⁻¹ con Urea 46%, fraccionada en dos aplicaciones. Las variables a evaluarse fueron altura (cm), diámetro (cm), longitud de panoja (cm), longitud de ráquis (cm), nitrógeno en biomasa (%), acumulación de nitrógeno en biomasa (kg ha⁻¹), nitrógeno en grano (%),acumulación de nitrógeno en grano(kg ha⁻¹), relación de eficiencia (%), eficiencia fisiológica (%) y eficiencia de recuperación (%). Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron sometido al análisis de varianza ANDEVA y separación de medias por Tukey al 95% de confiabilidad (a = 0.05) los resultados reflejan que las variables evaluadas presentan diferencias significativas para ambos factores, (A) línea y (B) fertilizante y la únicas interacciones que se presentaron fueron diámetro del tallo a los 60 días después de la siembra, materia seca y rendimiento de grano. Recomendamos las líneas con los mayores rendimiento de grano que se presentaron con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ sobresaliendo la línea JOCORO 3,451 kg ha⁻¹ y con 0 kg N ha⁻¹ fue ICSR_939 con 1,707 kg ha⁻¹, para la variable de biomasa seca las líneas que sobresalieron fueron ICSVLM_93077,93065 y RCV con 7,230, 7,100 y 6,920 kg ha⁻¹ con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ y para el nivel 0 kg N ha⁻¹ fue la línea ICSVLM_93077 con 5,370 kg ha⁻¹. Las líneas que expresaron un mejor Uso Eficiente de Nitrógeno fueron ICSVLM_93074 con 99.1% de relación de eficiencia, ICSVLM_93074 con 85.6% de eficiencia fisiológica y la línea SOBERANO con 111.9% de eficiencia de recuperación.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), es 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 mas pobres del mundo (FAO, 1995).

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

En Nicaragua el cultivo del sorgo ocupa el 16% del área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia. El 56% de la producción actual es utilizada para la industria y el 46% restante se utiliza para la alimentación humana, principalmente el sorgo con endosperma blanco; también es considerado como el cereal que le sigue el maíz tanto en área como en volumen (Pineda, 1997).

El INTA (1990), considera diferentes regiones del país como óptimas para el cultivo del sorgo sobresaliendo la región II, III y IV correspondiente a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas.

La 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 apto para las regiones áridas con lluvias erráticas (Purseglove, citado por Compton, 1990).

Diagnósticos agronómicos en sorgo realizados por Almagro (1996), indica una gran variabilidad en las cantidades aplicadas, las que oscilan entre 25-150 kg ha⁻¹ de fórmulas completas, sean estas 12-30-10, 10-30-10, 12-24-12 y en otros casos 18-46-0, pero se recomienda aplicar al momento de la siembra y en el fondo del surco 129 kg ha⁻¹ de la fórmula 18-46-0 cuando el suelo presenta buen nivel de potasio o 10-30-10 cuando el nivel es bajo. La fertilidad natural de la mayoría de los suelos no es suficiente para satisfacer los requerimientos de las variedades mejoradas del sorgo (Pineda, 1997).

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

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

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 son altura, número de hojas y diámetro del tallo de la planta; con el fin de obtener mayor y mejor conocimiento sobre dicha respuesta.

La falta de disponibilidad de nitrógeno limita probablemente el rendimiento de los cultivos, más que la de cualquier elemento actualmente los rendimientos en el grano no satisfacen la demanda interna, esto es debido a problemas en el mal manejo del cultivo, entre los principales factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso de líneas (genotipos), condiciones ambientales y practicas de manejo (MAG, 1996).

La eficiencia en la utilización del nitrógeno es una preocupación de los grandes y medianos productores de sorgo ya que el nitrógeno debe estar presente en cantidades suficientes en las distintas etapas fenológicas del cultivo. El tiempo de aplicación del fertilizante nitrogenado

en la producción de sorgo puede afectar la eficiencia del mismo y el rendimiento del cultivo (Rodríguez, 2002).

Con el fin de evaluar el comportamiento agronómico y uso eficiente de nitrógeno de 12 líneas de sorgo en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa se realizó el presente trabajo de investigación proponiéndose los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de doce líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y uso eficiente de nitrógeno con dos niveles de fertilización en el municipio San Ramón, Matagalpa.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las líneas que tienen mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones agronómicas en San Ramón, Matagalpa.
- Determinar el rendimiento de biomasa y de grano para cada línea y recomendar aquellas que obtengan un mejor comportamiento productivo para la zona.
-
- Evaluar el uso eficiente del nitrógeno para cada una de las líneas en estudio con dos niveles de fertilización nitrogenada.

III. MATERIALES Y METODOS

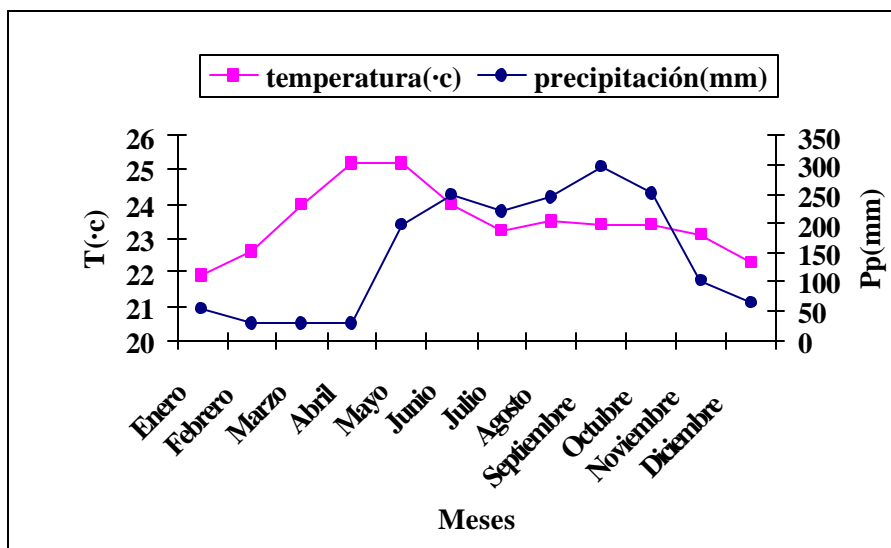
3.1 Descripción del lugar

3.1.1 Ubicación geográfica

El ensayo se realizó 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 finca 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 abajo.

3.1.2 Clima

Según Holdridge (1982) la zona presenta un clima subtropical y un período de lluvia mayor de siete meses, comenzando en mayo y terminando 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/año, 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 35°C y la temperatura mínima en las partes altas durante los meses de enero y febrero son de 20°C (Figura1).



Fuente: INETER, 2003.

Figura 1. Promedios mensuales de precipitación (Pp) y temperatura (T) presentados durante el desarrollo del experimento en San Ramón, Matagalpa.

3.1.3 Suelo

Los suelos de la finca son franco arcillosos, con una profundidad de diez a treinta centímetros. La pendiente oscila entre el cinco y diez por ciento, el drenaje es regular y son de origen volcánico; sus características se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico del suelo donde se realizó el experimento, Guadalupe, San Ramón. 2003

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

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

3.2 Metodología experimental

3.2.1 Descripción del diseño experimental

En el establecimiento del ensayo se utilizó un arreglo bifactorial en bloques completos al azar (B.C.A) con arreglo de parcelas divididas con 4 repeticiones; cada parcela estuvo constituida por 6 surcos de 5 m de largo y 0.6 m entre ellos, para un área de 15 metros cuadrados por parcela, para realizar los muestreos de las variables a evaluar, cada repetición contiene 12 parcelas y un testigo, es decir en cada parcela se estableció una línea en estudio tanto fertilizada como sin fertilizar.

Área de la subparcela = $5\text{m} * 3\text{m} = 15\text{m}^2$

Área de una repetición = $15\text{m}^2 * 3\text{m} = 45\text{m}^2$.

Área de la parcela con el testigo = $21\text{m} * 3\text{m} = 63\text{m}^2$.

Área de tres parcelas = $45\text{m}^2 * 3\text{R} = 135\text{m}^2$.

Área de un bloque = $135\text{m}^2 + 63\text{m}^2 = 198\text{m}^2$

Área de tres bloques = $198\text{m}^2 * 4\text{B} = 792 \text{m}^2$.

Área de borde = $(15\text{m} * 1\text{m}) + (21\text{m} * 1\text{m}) + (57\text{m} * 2\text{m}) = 150\text{m}^2$.

Área del experimento = $792\text{m}^2 + 150 \text{m}^2 = 940\text{m}^2$

Tabla 2. Descripción de los factores en estudio .

Factor A: Líneas
a ₁ ICSVLM_92522
a ₂ ICSVLM_93065
a ₃ ICSVLM_93074
a ₄ ICSVLM_93075
a ₅ ICSVLM_93076
a ₆ ICSVLM_93077
a ₇ ICSVLM_93079
a ₈ ICSVLM_93081
a ₉ ICSR 939
a ₁₀ JOCORO
a ₁₁ RCV
a ₁₂ SOBERANO
a _T Pinolero 1 (testigo)

Factor B: niveles de fertilización
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹

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

La línea ICSR, quiere decir ICRISAT Sorghum línea R y su origen es del ICRISAT de la India y fue generada para formar híbridos, JOCORO, RCV y SOBERANO son variedades comerciales en El Salvador y su origen es del ICRISAT/LASIP.

El testigo Pinolero posee una altura de 90 cm, panoja semi-abierta, grano de color blanco, los días a floración a los 64 días después de la germinación, excursión y tamaño de la panoja 10 y 30 cm respectivamente, días a la cosecha 110 con un potencial genético de $4,852 \text{ kg ha}^{-1}$ (75 qq mz^{-1}).

3.2.2 Descripción de los tratamientos

Para cada línea en estudio incluyendo al testigo Pinolero donde los tratamientos utilizados fueron dos niveles de fertilización (37.43 y 0 kg N ha^{-1}), en el caso de las que llevan fertilización se aplicó al momento de la siembra $72.75 \text{ kg de NPK ha}^{-1}$ por cada 6 surcos de dos parcelas haciendo uso de la fórmula completa 12-30-10, además se aplicó 1 qq N ha^{-1} usando Urea 46% fraccionada aplicando el 50% a los 20 días después de la siembra y el otro 50% a los 45 días después de la siembra. El segundo tratamiento (sin fertilizante) no se aplicó nada.

3.2.3 Variables evaluadas

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo. A los 15 días después de la siembra fueron seleccionadas 10 plantas al azar por parcela útil, se marcaron con una cinta y se midieron cada una de las variables a los 45,60 y 75 días después de la siembra.

- ◆ Altura de la planta (cm): Tomada desde la superficie del suelo hasta la última hoja formada, en las tres tomas de datos.
- ◆ Diámetro del tallo (cm): Se determinó el diámetro del tallo a cinco centímetros de la superficie del suelo, en las tres tomas de datos.
- ◆ Número de hojas por planta: Se contaron las hojas que presentaban el collar foliar visible.

A la cosecha se midió los siguientes parámetros: Por parcela útil se tomaron 8 plantas al azar para cada una de las variables.

- ◆ Longitud de la panoja (cm) Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma.
- ◆ Longitud del ráquis (cm): Se tomó a partir de la hoja bandera hasta la base de la panoja.
- ◆ Biomasa seca producida (kg ha^{-1}): Al momento de la cosecha se registró el peso fresco, posteriormente se introdujo al horno por 72 horas a una temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (grados celsius) y se registró el peso seco.

- ◆ Nitrógeno en biomasa (%): De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se traslado una muestra homogenizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método de semi-micro Kjeldhal.
- ◆ Nitrógeno en el grano (%): Del sorgo cosechado se envió una muestra homogenizada al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano, utilizando el mismo método anterior.

Uso eficiente del nitrógeno

Para la relación de eficiencia se utilizó la fórmula:

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

Para la eficiencia fisiológica:

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

Para la eficiencia de recuperación:

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

UEN: Uso eficiente de nitrógeno

PE: Eficiencia fisiológica

RE: Eficiencia recuperación.

S/N: Sin nitrógeno.

C/N: Con nitrógeno.

- ◆ Rendimiento (kg ha⁻¹): Se les determinó el porcentaje de humedad, posteriormente se desgranó la panoja y se ajustó el rendimiento al 14% de humedad, se pesó y se expresó en kg ha⁻¹.

3.2.4 Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos de las variables estudiada fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de medias por rangos múltiples de Tukey al 0.05% de probabilidad, utilizando el paquete estadístico FUANLM Versión 2.5.

3.3 Manejo agronómico

La preparación de suelo se realizó con tracción animal (bueyes), se inició con la limpieza del terreno y surcado para proceder a la siembra. La siembra se realizó en forma manual el 6 de Septiembre del 2003, a los 20 días después de la siembra se realizó el raleo, dejando aproximadamente 18 plantas por metro lineal y surcos de 3 metros de largo.

La fertilización se realizó aplicando 1qq de N P K de la fórmula 12-30-10, ésta se aplicó al momento de la siembra; posteriormente se aplicó la fertilización nitrogenada usando Urea al 46%, el primer 50% a los 20 días después de la siembra (dds) y el otro 50% a los 45 días después de la siembra. El control de malezas se realizó con azadón el mismo día de la segunda aplicación de Urea 46%.

La cosecha fue realizada de forma manual a la madurez fisiológica del cultivo, donde no se presentaron ataques de plagas y enfermedades, por lo cual no fue necesario realizar ninguna medida fitosanitaria.

Las líneas son de origen Salvadoreño, estas serán empleadas en el experimento para determinar el comportamiento y estabilidad de rendimiento en Nicaragua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Variable de crecimiento y desarrollo del cultivo

4.1.1 Altura de planta

La altura del sorgo, es una característica variable que se encuentra sometida a control genético. En zonas donde la recolección del grano es mecanizada se recurren a variedades cortas. (FAO, 1980).

Según Morales (2002) alturas de plantas de 160 a 170 cm son optimas para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores de 190 cm traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.

La altura de la planta fue evaluada durante tres etapas del desarrollo vegetativo de la planta de sorgo a los 45,60 y 75 días después de la siembra.

La variable altura de planta, de acuerdo a los análisis obtenidos del ANDEVA (Tabla 3) indica que existe efecto significativo para ambos factores, mientras la interacción presenta efectos no significativos en las tres tomas de datos.

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

Fuente de variación	45dds	60 dds	75 dds
Factor A	0.024	0.00	0.00
Factor B	0.00	0.00	0.00
Interacción (AxB)	0.17	0.70	0.88
CV (%)	20.15	22.77	16.66

dds: días después de la siembra

La tabla 4 demuestra que a los 45 días después de la siembra, la línea que presentó mayor altura es ICSVLM_93065 con 36.41 cm y con menor altura el testigo con 26.05 cm ubicándose en una sola categoría estadística. A los 60 días después de la siembra la mayor altura la obtuvo la línea ICSVLM_93065 con 81.47 cm, seguido de las líneas

ICSVLM_93081 con 58.53 cm, ICSVLM_93074 con 57.28 cm y en ultimo lugar la línea ICSVLM_93077 con 40.57 cm.

A los 75 días después de la siembra la mayor altura fue por parte de la línea ICSVLM_93076 con 89.04 seguido de las líneas ICSVLM_93065 con 83.74 cm, ICSVLM_ 93075 con 73.4 cm y en ultimo lugar la línea ICSR 939 con 56.44 cm, estas alturas no coinciden con Morales (2002) donde las alturas optimas en sus estudios son de 160-170 cm para la cosecha mecanizada.

La planta de sorgo exige una constante y bien distribuida aplicación de nitrógeno durante los periodos de gran crecimiento las necesidades son mayores, y aumentan al ritmo que aumenta el tamaño de la planta, decreciendo cuando la planta se va secando (Somarriba, 1998).

Para el factor B a los 45 días después de la siembra el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ alcanzó la mayor altura con 36.58 cm y con menor altura el nivel 0 con 24.61cm. A los 60 días después de la siembra siguen el mismo comportamiento siendo la mayor altura con 62.9 cm y en menor altura el nivel 0 kg N ha⁻¹ con 42.96 cm y a los 75 días después de la siembra en primer lugar el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ con una altura mayor a las dos primeras tomas con 78.14 cm y con menor altura el nivel 0 kg N ha⁻¹ con 59.73 cm.

Tabla 4. Resultados de la separación de media para la variable altura de la planta (cm) San Ramón, Matagalpa.

Factor A: Líneas	45 dds	60 dds	75 dds
1) ICSVLM_92522	31.92	50.25 bc	71.9 abc
2) ICSVLM_93065	36.41	81.47 a	83.74 ab
3) ICSVLM_93074	29.7	57.28 bc	70.2 abc
4) ICSVLM_93075	30.04	49.66 bc	73.4 abc
5) ICSVLM_93076	26.11	57.7 bc	89.04 a
6) ICSVLM_93077	28.95	40.57 c	64.96 bc
7) ICSVLM_93079	35.21	63.54 b	70.36 abc
8) ICSVLM_93081	34.58	58.53 bc	64.44 bc
9) ICSR 939	29.95	48.16 bc	56.44 c
10) JOCORO	30.03	45.57 bc	64.3 bc
11) RCV	28.84	42.7 c	64.24 bc
12) SOBERANO	29.96	42.32 c	58.84 c
Pinolero1 (testigo)	26.05	42.16 c	64.32 bc
ANDEVA	NS	*	*
CV %	20.15	22.77	16.66
Factor B: Kg N ha⁻¹	45 dds	60 dds	75 dds
b ₁ : 37.43 Kg N ha ⁻¹	36.58 a	62.86 a	78.14 a
b ₂ : 0 Kg N ha ⁻¹	24.61 b	42.96 b	59.73 b
ANDEVA	*	*	*
CV %	20.15	22.77	16.66

4.1.2 Diámetro del tallo

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

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

De acuerdo a los resultados obtenidos el ANDEVA demuestra que existe efecto significativo en las tres tomas de datos para ambos factores, no siendo así en la interacción ya que presenta efecto no significativo a los 45 y 75 días después de la siembra, y a los 60 días tiene efecto significativo.

Tabla 5. Análisis de varianza para el diámetro del tallo

Fuente de Variación	45dds	60 dds	75 dds
Factor A	0.000	0.000	0.000
Factor B	0.000	0.02	0.003
Interacción (AxB)	0.72	0.01	0.095
CV (%)	12.03	10.33	11.28

dds: días después de la siembra

La tabla 6 demuestra que dentro del factor A líneas el mayor diámetro a los 45 días después de la siembra lo obtuvo la línea ICSVLM_92522 con 1.02 cm seguido de la línea ICSVLM_93081 con 0.99 cm, ICSVLM_93077 con 0.97 cm y con menor diámetro el testigo pinolero1 con 0.63 cm.

A los 60 días después de la siembra la línea que presentó mayor diámetro es ICSVLM_93077 con 1.04 cm, seguido de ICSVLM_93081 con 1.02 cm, ICSVLM_93076 con 0.76 cm y en último lugar el testigo Pinolero1 con 0.68 cm.

A los 75 días después de la siembra la línea que presentó mayor categoría estadística y el mayor diámetro es ICSVLM_93077 con 1.02 cm, seguido de la línea ICSVLM_93081 con 0.96 cm, y en último lugar la línea ICSVLM_93074 con 0.71 cm. Todos estos resultados obtenidos en las tres tomas de datos se encuentran en el rango que establece Somarriba (1997).

Para el factor B, a los 45 días después de la siembra el mayor diámetro lo obtuvo el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ con 0.96 cm y con menor diámetro el nivel 0 kg N ha⁻¹ con 0.84 cm, a los 60 días después de la siembra siguió el mismo comportamiento presentando el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ con 0.92 cm y con menores diámetros el nivel 0 con 0.86 cm y a los 75 días después de la siembra para el tratamiento con fertilizante obtuvo el mayor diámetro con 0.91 cm y el menor diámetro lo presentó el nivel 0 kg N ha⁻¹ con 0.85 cm.

Según Monterrey, 1997 la aplicación de fertilizante nitrogenado a los 45 días después de la siembra no permite la asimilación del nitrógeno en los requerimientos de la planta, ya que los valores obtenidos fueron inferiores, lo que indica que el fertilizante no fue aprovechado por la planta para su normal crecimiento y desarrollo.

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, es importante comentar que la interacción presentada a los 60 dds, se debe a que el cultivo tiene un desarrollo lento en los primeros 30 dds, pero después el crecimiento se acelera por lo tanto en esta etapa de crecimiento necesita dicho elemento para poder realizar los procesos fisiológicos de la planta, donde resultados semejantes se encontraron en el estudio realizado por Rodríguez, (2002).

Tabla 6. Resultados de la separación de medias para la variable diámetro de la planta (cm),
San Ramón, Matagalpa

Factor A: Líneas	45 dds	60dds	75 dds
ICSVLM_92522	1.02 a	0.92 abc	0.9 abcd
ICSVLM_93065	0.94 abc	0.78 cde	0.78 cde
ICSVLM_93074	0.82 bc	0.71 e	0.71 e
ICSVLM_93075	0.88 abc	0.87 bcd	0.95 abc
ICSVLM_93076	0.79 cd	0.76 de	0.81 bcde
ICSVLM_93077	0.97 abc	1.04 a	1.02 a
ICSVLM_93079	0.97 abc	0.99 ab	0.95 ab
ICSVLM_93081	0.99 ab	1.02 ab	0.96 ab
ICSR 939	0.97 abc	0.89 ab	0.81 bcde
JOCORO	0.87 abc	0.99 ab	0.92 abcd
RCV	0.91 abc	1.01 ab	0.96 ab
SOBERANO	0.9 abc	0.96 ab	0.92 abcd
Pinolero1 (testigo)	0.63 d	0.68 e	0.75 de
ANDEVA	*	*	*
CV %	12.03	10.33	11.28
Factor B: kg N ha⁻¹	45 dds	60dds	75 dds
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹	0.96 a	0.92 a	0.91 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	0.84 b	0.86 b	0.85 b
ANDEVA	*	*	*
CV %	12.03	10.33	11.28

Para la interacción de ambos factores tabla 7, la separación de medias indica que para el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ hay siete categorías estadísticas y seis categorías estadística para el nivel 0 kg N ha⁻¹.

Demuestra que cuando se aplica el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ aumentó el diámetro de la planta, siendo la línea ICSVLM_93081 (a₈b₁) la que presentó mayor diámetro con 1.15 cm y ocupando el último lugar el testigo la variedad Pinolero1 (a₁₃b₁) con 0.72 cm, mientras que el nivel 0 kg N ha⁻¹ la línea que presentó el mayor diámetro es ICSVLM_93079 (a₇b₂) con 1.04 cm y con menor diámetro el testigo la variedad pinolero1 (a₁₃b₂) con 0.65 cm.

Tabla 7. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el diámetro de la planta a los 60 días después de la siembra

Tratamientos	37.43Kg N ha ⁻¹	Tratamientos	0 Kg N ha ⁻¹
a ₈ b ₁	1.15 a	a ₈ b ₂	0.88 abc
a ₆ b ₁	1.12 ab	a ₆ b ₂	0.96 ab
a ₁₂ b ₁	1 abc	a ₁₂ b ₂	0.91 abc
a ₁₁ b ₁	1 abc	a ₁₁ b ₂	1.03 a
a ₁₀ b ₁	0.97 abc	a ₁₀ b ₂	1.01 a
a ₇ b ₁	0.95 abc	a ₇ b ₂	1.04 a
a ₁ b ₁	0.92 bcd	a ₁ b ₂	0.93 abc
a ₄ b ₁	0.91 bcd	a ₄ b ₂	0.84 abcd
a ₉ b ₁	0.87 cde	a ₉ b ₂	0.92 abc
a ₂ b ₁	0.83 cde	a ₂ b ₂	0.73 cd
a ₅ b ₁	0.81 cde	a ₅ b ₂	0.72cd
a ₃ b ₁	0.75 cdef	a ₃ b ₂	0.75 cd
a ₁₃ b ₁	0.72 def	a ₁₃ b ₂	0.65 d
Significancia	*	Significancia	*

4.1.3 Número de hojas

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del tallo durante el periodo de crecimiento. Las hojas maduras alcanzan de 30 a 135 cm de longitud y de 1.5 a 15 cm. de ancho. La última hoja producida se llama hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que esta emergiendo (Compton, 1990).

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

La variable número de hojas, de acuerdo a los análisis obtenidos del ANDEVA tabla 8, indica que existe efecto significativo para ambos factores durante las tres tomas de datos (45, 60 y 75 dds) y efectos no significativos en la interacción.

Tabla 8. Análisis de varianza para el número de hojas

Fuente de Variación	45 dds	60 dds	75 dds
Factor A	0.016	0.000	0.007
Factor B	0.000	0.000	0.001
Interacción (AxB)	0.134	0.152	0.323
CV (%)	13.89	11.09	10.75

En la tabla 9, dentro del factor A, a los 45 días después de la siembra se presentaron tres categoría estadística, resultando con el mayor número de hojas fue la línea ICSVLM_93065 con 4.4 hojas por planta, seguido de las líneas ICSVLM_93081 con 4.06 hojas, ICSVLM_93077 con 4 hojas y la que presentó menor número de hojas es el testigo pinolero1 con 3.27 hojas.

A los 60 días después de la siembra se presentaron cuatro categorías estadísticas presentando el mayor número de hojas la línea ICSVLM_93065 con 6.8 hojas por planta, seguido de las líneas ICSVLM_92522 con 6.03 hojas, ICSVLM_93079 con 5.93 hojas y el que presento menor número de hojas es el testigo pinolero1 con 4.73 hojas. A los 75 días después de la siembra se encuentran tres categorías estadísticas, resultando las líneas ICSVLM_92522 y ICSVLM_93065 ambas con el mismo valor con 9.33 las que obtuvieron el mayor numero de hojas por planta, seguido de las líneas ICSVLM_93076 con 8.8 hojas y en ultimo lugar el testigo la variedad pinolero1 con 7.76 hojas por planta. La línea JOCORO es estadísticamente igual a ocho líneas a los 60 dds, a diez líneas a los 45 y 75 dds.

Plantas deficientes de nitrógeno son atrofiadas en su crecimiento y sus hojas son de color amarillo, verdosas con puntas necróticas y tienden a caerse (Comptom, 1990).

Para el factor B, el comportamiento fue similar incrementando el número de hojas a través del crecimiento de la planta, presentando a los 75 días después de la siembra con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ el mayor numero de hojas con 8.77 hojas y con menor número de hoja el nivel 0 kg N ha⁻¹ con 8.12 hojas por planta.

Las diferencias encontradas en ambos factores líneas y niveles de nitrógeno se debe a la absorción diferenciada que realizo el cultivo del elemento nitrógeno aplicado en el suelo, ya que el mismo participa en la síntesis de proteína, (la cual es indispensable para el crecimiento de la planta) y una deficiencia del mismo afecta el crecimiento, conllevando a una reducción de altura, diámetro y número de hojas por planta, por lo tanto el nitrógeno debe estar disponible en el suelo en la cantidad necesaria y en el momento que la planta lo necesita para que no afecte negativamente el crecimiento del cultivo del sorgo.

Tabla 9. Resultados de la separación de medias para la variable número de hojas por planta, San Ramón, Matagalpa

Factor A: Líneas	45 dds	60 dds	75 dds
ICSVLM_92522	3.6 ab	6.03 ab	9.33 a
ICSVLM_93065	4.4 a	6.8 a	9.33 a
ICSVLM_93074	3.53 ab	5.4 bc	8.36 ab
ICSVLM_93075	3.67 ab	5.43 bc	8.63 ab
ICSVLM_93076	3.72 ab	5.33 bc	8.8 ab
ICSVLM_93077	4 ab	5.21 bc	7.81 ab
ICSVLM_93079	3.96 ab	5.93 ab	8.56 ab
ICSVLM_93081	4.06 ab	5.9 ab	8.26 ab
ICSR 939	3.87 ab	5.62 bc	7.96 ab
JOCORO	3.63 ab	5.32 bc	8.56 ab
RCV	3.8 ab	5.46 bc	8.46 ab
SOBERANO	3.7 ab	5.27 bc	7.96 ab
Pinolero1 (testigo)	3.27 b	4.73 c	7.76 b
ANDEVA	*	*	*
CV %	13.89	11.09	10.75
Factor B: kg N ha⁻¹	45 dds	60 dds	75 dds
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹	4.07 a	5.89 a	8.77 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	3.5 b	5.25 b	8.12 b
ANDEVA	*	*	*
CV %	13.89	11.09	10.75

4.2 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 ramilla, posición, longitud o densidad de las flores. La posición puede ser erecta o curva, la longitud de la panoja es inversa al ancho de la misma (León, 1987).

La longitud de la panoja en el cultivo de sorgo es una variable que esta ligada tanto a los 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 ANDEVA presentado en la tabla 10 realizado por Tukey al 5% de confianza, muestra que los resultados obtenidos en esta variable presentaron diferencias significativas para ambos factores (A y B) en estudio, mostrando cinco categorías estadísticas y presentando no significancia para la interacción.

Tabla 10. Análisis de varianza en la variable longitud de panoja

Fuente de Variación	A la cosecha
Factor A	0.000
Factor B	0.000
Interacción AxB	0.131
CV (%)	8.06

La tabla 11 demuestra que dentro del factor A presentó cinco categoría estadística la línea que obtuvo mayor longitud de panoja es RCV con 23.11 cm, seguido de las líneas ICSVLM_92522 con 21.83 cm, JOCORO con 21.66 cm siendo iguales estadísticamente, pero difieren numéricamente entre ellas, SOBERANO con 20.29 cm, el pinolero1 con 18.31 cm y el que presentó menor longitud de panoja es la línea ICSVLM_93081 con 14.71 cm.

Las plantas sujetas a la deficiencia de nitrógeno en la etapa de crecimiento uno (Ec_1) producen pequeñas paniculas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecillas visibles en la emergencia de la panoja (Compton, 1990).

Los resultados obtenidos para el factor B, muestra un aumento con la aplicación de 37.43 kg $N\ ha^{-1}$ en el tamaño de la panoja con una longitud de 20.68cm, superando al nivel 0 kg $N\ ha^{-1}$ donde se encontró la menor longitud de panoja con 18.11 cm, cabe señalar la importancia que tiene este elemento (Nitrógeno) en esta variable.

Tabla 11. Resultados de separación de medias para la variable longitud de panoja (cm), San Ramón, Matagalpa

Factor A: Líneas	Longitud de panoja (cm)
RCV	23.11 a
ICSVLM_92522	21.83 ab
JOCORO	21.66 ab
SOBERANO	20.29 bc
ICSVLM_93077	20.18 bc
ICSVLM_93076	19.91 bc
ICSVLM_93075	19.68 bc
ICSVLM_93079	19.33 bc
ICSVLM_93074	19.24 bc
Pinolero (testigo)	18.31 c
ICSR 939	18.29 c
ICSVLM_93065	15.55 d
ICSVLM_93081	14.71 d
ANDEVA	*
CV %	8.06
FACTOR B: kg N ha⁻¹	Longitud de panoja (cm)
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹	20.68 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	18.11 b
ANDEVA	*
CV %	8.06

4.2.2 Longitud del ráquis

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

El ráquis de la panícula puede estar completamente escondido por la densidad de las ramificaciones de la panícula o completamente expuesto; este difiere en su forma y longitud desde largo y delgado hasta corto y grueso (House, 1982).

Según el ANDEVA (tabla 12) realizado por Tukey al 5% a la variable de longitud ráquis demuestra que los factores estudiados tienen efecto significativo y no significativo en el caso de la interacción. La separación de medias presenta diez categorías estadística para el factor A y dos categorías estadísticas para el factor B, ver tabla 13.

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable longitud de ráquis

FV=	A la cosecha
Factor A	0.000
Factor B	0.001
Interacción (AxB)	0.442
CV (%)	10.70

La tabla 13 demuestra que dentro del factor A presentó diez categoría estadística, la línea que presentó mayor ráquis es ICSR 939 con 36 cm, seguido con menores longitudes las líneas ICSVLM_93065 con 20.01cm, la variedad Pinolero1 con 25.77 cm, ICSVLM_93081 con 20.93 cm y la menor longitud de ráquis la presento la línea ICSVLM_93076 con 17.15 cm.

Los resultados obtenidos para el factor B, demuestra que cuando falta el elemento nitrógeno la longitud del ráquis aumenta, presentando el nivel 0 kg de N ha⁻¹ la mayor longitud de ráquis con 24.18 cm y con menor longitud el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ con 22.38 cm. Esto es debido probablemente a que esta característica esta influenciada por factores genéticos; no obstante puede estar influenciado por el medio ambiente aunque no significativamente, como el agua que puede ejercer efectos pronunciados (Compton, 1990).

Tabla 13. Resultados de la separación de media para la variable de longitud de ráquis (cm)
San Ramón, Matagalpa

Factor A: Líneas	Longitud de ráquis (cm)
ICSR 939	36 a
ICSVLM_92522	29.59 b
ICSVLM_93065	29.01 b
Pinolero1 (testigo)	25.78 bc
JOCORO	23.91 cd
ICSVLM_93079	22.11 cde
RCV	21.9 cdef
SOBERANO	21.31 defg
ICSVLM_93081	20.93 defg
ICSVLM_93074	19.49 efg
ICSVLM_93077	17.83 fg
ICSVLM_93075	17.58 g
ICSVLM_93076	17.15 g
ANDEVA	*
CV %	10.70
Factor B: kg N ha⁻¹	Longitud de ráquis (cm)
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹	22.38 b
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	24.18 a
ANDEVA	*
CV %	10.70

4.2.3 Materia seca producida (kg ha^{-1})

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

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

Según los resultados obtenidos del análisis de ANDEVA indica como se muestra en la tabla 14, que los factores estudiados tienen efecto significativo al igual que la interacción. La separación de medias presenta ocho categorías estadísticas para el factor A y dos categorías estadísticas para el factor B.

Tabla 14. Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca

Fuente de Variación	A la cosecha
Factor A	0.000
Factor B	0.000
Interacción (AxB)	0.002
CV (%)	22.34

dds: días después de la siembra

Se puede observar que en de la tabla 15 el factor A presentó ocho categorías estadísticas, obteniendo el mayor rendimiento de materia seca la línea es ICSVLM_93077 con $6,132.63 \text{ kg ha}^{-1}$, ICSVLM_93075 con $5,722.3 \text{ kg ha}^{-1}$, ICSVLM_93065 con $5,615 \text{ kg ha}^{-1}$ siendo iguales estadísticamente, seguido de las líneas ICSVLM_92522 con $5,373.88 \text{ kg ha}^{-1}$ y la que produce menor rendimiento de materia seca es el testigo pinolero1 con $1,926.13 \text{ kg ha}^{-1}$.

Con respecto al factor B, la mayor producción de biomasa seca se obtuvo cuando se aplicó fertilizante $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$ con $5,435.38 \text{ kg MS ha}^{-1}$, obteniendo el menor rendimiento el nivel 0 kg N ha^{-1} con $3,571.69 \text{ kg MS ha}^{-1}$ producida.

Los bajos rendimientos obtenidos del nivel 0 kg N ha⁻¹ son debidos a la no aplicación del elemento nitrógeno en el suelo, disminuyendo el desarrollo vegetativo de la planta reduciendo así la cantidad de materia seca.

Tabla 15. Resultados de la separación de medias para la variable de rendimiento de materia seca por hectárea (kg ha⁻¹).

Factor A: Líneas	Biomasa seca (kg ha⁻¹)
ICSVLM_93077	6 132.63 a
ICSVLM_93075	5 722.3 a
ICSVLM_93065	5 615 a
ICSVLM_92522	5 373.88 ab
ICSR 939	5 181 abc
ICSVLM_93079	4 985.5 abc
RCV	4 812.38 abcd
JOCORO	4 457.63 abcd
SOBERANO	3 770.3 bcd
ICSVLM_93081	3 739.75 bcd
ICSVLM_93074	3 638.5 cde
ICSVLM_93076	3 194.4 de
Pinolero1 (testigo)	1 926.13 e
ANDEVA	*
CV %	22.34
Factor B: kg N ha⁻¹	Biomasa seca (kg ha⁻¹)
b ₁ : 37.43 kg de N ha ⁻¹	5 435.38 a
b ₂ : 0 kg de N ha ⁻¹	3 571.69 b
ANDEVA	*
CV %	22.34

Para la interacción ver tabla 16 la separación de medias indica que para el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ hay ocho categorías estadística bien diferenciada y para el nivel 0 kg N ha⁻¹ existen siete categorías estadísticas.

Cuando se aplico el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ se obtuvo la mayor cantidad de materia seca por parte de la línea ICSVLM_93075 (a₄b₁) con 7,233.25 kg MS ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM_93065 (a₂b₁) y RCV (a₁₁b₁), 7,105 y 6,923.8 kg MS ha⁻¹ respectivamente y la menor producción de materia seca con este nivel fue el testigo pinolero1 con 2,122.8 kg MS ha⁻¹.

Para el nivel 0 kg N ha⁻¹ el mayor rendimiento lo obtuvo la línea ICSVLM_93075 (a₆b₂) con 5,376 kg MS ha⁻¹ superando incluso al testigo la variedad Pinolero1 (a₁₃b₁) con 1,729.5 kg MS ha⁻¹ como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de materia seca por hectárea

Tratamientos	37.43 kg N ha⁻¹	Tratamientos	0 kg N ha⁻¹
a ₄ b ₁	7 233.25 a	a ₄ b ₂	4 211.3 abc
a ₂ b ₁	7 105 a	a ₂ b ₂	4 135 abcd
a ₁₁ b ₁	6 923 a	a ₁₁ b ₂	2 701 bcd
a ₆ b ₁	6 889.3 ab	a ₆ b ₂	5 376 a
a ₁ b ₁	6 511 abc	a ₁ b ₂	4 236.8 abc
a ₉ b ₁	5 490 abcd	a ₉ b ₂	4 869 ab
a ₁₂ b ₁	5 430 abcd	a ₁₂ b ₂	2 105 cd
a ₁₀ b ₁	5 390.3 abcd	a ₈ b ₂	3 525 abcd
a ₇ b ₁	5 167 abcd	a ₇ b ₂	4 804 ab
a ₃ b ₁	4 461.3 bcde	a ₃ b ₂	2 815.28 bcd
a ₈ b ₁	4 179.8 cde	a ₈ b ₂	3 299.8 abcd
a ₅ b ₁	3 754.8 de	a ₅ b ₂	2 634 bcd
a ₁₃ b ₁	2 122.8 e	a ₁₃ b ₂	1 729.5 d
Significancia	*	Significancia	*

4.2.4 Nitrógeno en biomasa

El contenido de nitrógeno en las plantas se encuentra en promedios de 2 a 4%. La deficiencia de nitrógeno limita la división y expansión de las células y por ende el crecimiento de la planta (Gardner *et al*; 1985. citado por Paul, 1990).

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

Según fuentes (1994) el nitrógeno en menor proporción con relación al contenido total, también se encuentra en las plantas en forma inorgánica (compuesto orgánico, nitratos y nitritos) aumentando esta proporción cuando se presenta anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las líneas, el nivel $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$ presentó la mayor concentración de nitrógeno en biomasa en la línea ICSVLM_93074 con 0.82%, seguido de las líneas ICSR 939 con 0.66%, ICSVLM_92522 con 0.64%, ICSVLM_93077 con 0.63%, ICSVLM_93081 con 0.59% y la línea que presentó menor concentración es la línea RCV con 0.45%.

Con respecto al nivel 0 kg N ha^{-1} , la mayor concentración de nitrógeno en biomasa la obtuvo la línea ICSVLM_93081 con 0.72%, seguido de las líneas ICSR 939 con 0.66%, ICSVLM_93074 con 0.57%, ICSVLM_92522 con 0.56% y la línea que presentó menor concentración de nitrógeno es ICSVLM_93076 con 0.13%.

La figura 2 demuestra que los resultados indican que con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ se obtuvo mayores concentraciones presentando un rango de 0.82% a 0.45% de nitrógeno en biomasa, se justifica que al aplicar nitrógeno es indispensable para obtener mayores concentraciones de dicho elemento en la biomasa, mientras el nivel 0 kg N ha⁻¹ su mayor concentración fue de 0.72% presentando a las líneas JOCORO, RCV, SOBERANO, ICSVLM_93079, ICSVLM_93081, ICSVLM_93065 y Pinolero1 concentraciones similares de nitrógeno.

Se puede observar que la línea ICSVLM_93074, ICSVLM_93081 y RCV fueron mayores porcentajes de nitrógeno en biomasa con el nivel 0 kg N ha⁻¹, debido a que hubo un mayor aprovechamiento del nitrógeno del suelo por la planta, cabe destacar que estas líneas son capaces de obtener buenos rendimientos con pocas cantidades de nitrógeno disponible.

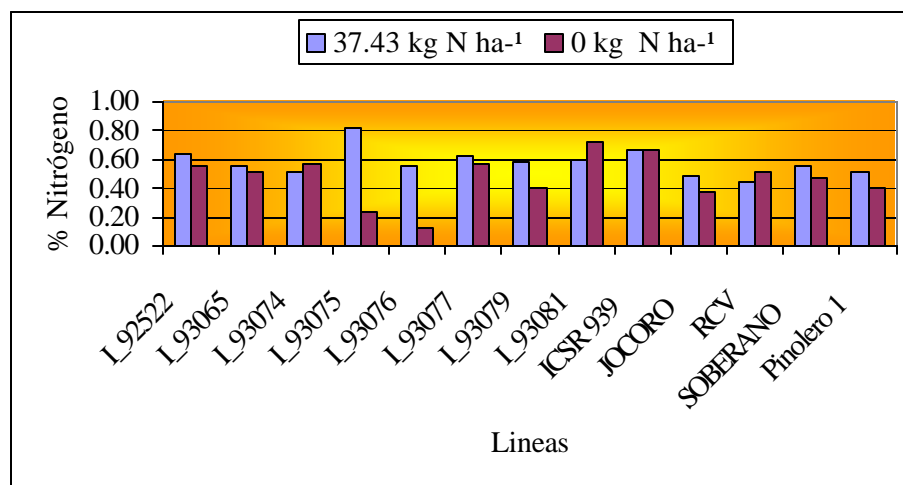


Figura 2. Contenido de nitrógeno (%) en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización

4.2.4 Nitrógeno en grano

Según Carlson (1990) 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.

El grano de sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de animales, este tiene una composición de 70.2% de almidón, 7.9% de proteína, 3.3% de grasa, 2.4% de fibra y 16.2% de vitaminas y minerales (Somarriba, 1997).

Los resultados obtenidos en la figura 3 demuestra que la mayor concentración de nitrógeno en grano con el nivel 37.43 kg de N ha⁻¹ la obtuvo la línea SOBERANO con 1.68% seguido de la línea RCV con 1.66%, ICSR 939 con 1.61%, JOCORO con 1.52% y en menor concentración se presentó la línea ICSVLM_93075 con 1.30%.

Se puede asegurar que estas líneas tienen la capacidad de absorción, acumulación y traslocación del nitrógeno de la biomasa hacia el grano, sin embargo la eficiencia en la utilización de nitrógeno en la línea 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 estas experimenta en su interior.

Para el nivel 0 kg de N ha⁻¹ la mayor concentración de nitrógeno es por parte de la línea ICSVLM_93081 con 1.45% seguido de las líneas ICSR 939 con 1.43%; JOCORO con 1.42%, ICSVLM_92522 con 1.37 y con menores concentraciones se presentó la línea RCV con 1.01%. Aunque obtuvieron menores porcentajes de nitrógeno estos fueron aceptables donde probablemente tienen la capacidad de absorción del nitrógeno nativo en el suelo y traslocarlo de la biomasa al grano.

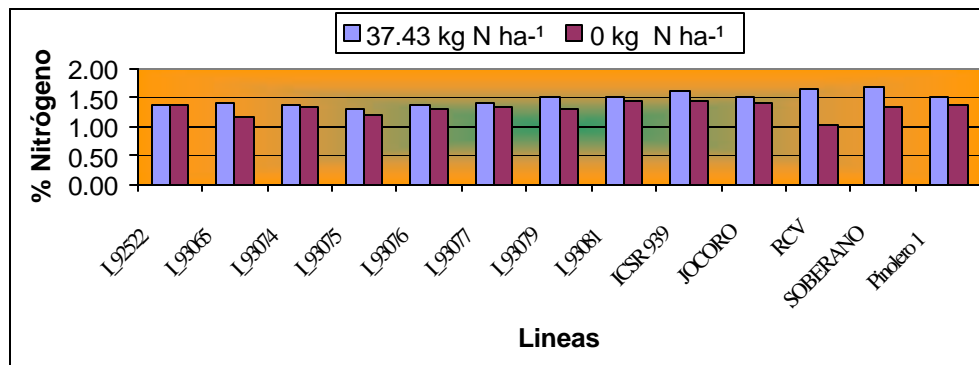


Figura 3. Concentración de nitrógeno (%) en el grano para cada línea y nivel de fertilización

4.2.5 Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

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 rendimientos de grano las líneas deben tener características agronómicas adecuadas tales como panojas semi-abiertas y longitud superior a los 30 cm.

En condiciones de campo los rendimientos de campo pueden llegar a superar los 11 000 kg ha⁻¹, y rendimientos que fluctúan entre 7000 y 9000 kg ha⁻¹ cuando la humedad no es un factor limitante. En Aquellas áreas donde el sorgo es un cultivo común se obtienen rendimientos de 3 000 a 4 000 kg ha⁻¹ bajo buenas condiciones y bajan a 300 o 1000 kg ha⁻¹ cuando la humedad se vuelve limitante (Somarriba, 1997).

Según los resultados obtenidos del ANDEVA (tabla 17), se demuestra que existe efecto significativo para los dos factores en estudio y para la interacción. La separación de medias (tabla 18) presenta siete categorías estadística para el factor A (Líneas) y dos categorías estadística para el factor B (Fertilizante).

Tabla 17. Análisis de varianza para el rendimiento de grano

Fuente de Variación	A la cosecha
Factor A	0.000
Factor B	0.000
Interacción (AxB)	0.002
CV (%)	13.15

En la tabla 18 podemos observar en la separación de medias resultaron siete categorías estadísticas, dentro del factor A, las líneas que obtuvieron mayores rendimientos de grano es ICSR 939 con $2,473.63 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido de las líneas ICSVLM_93081 con $2,440 \text{ kg ha}^{-1}$, JOCORO con $2,364.38 \text{ kg ha}^{-1}$, ICSVLM_92522 con $2,357.38 \text{ kg ha}^{-1}$ y las líneas que tuvieron menores rendimientos son pinolero 1 y ICSVLM_93074 con $1,402.38$ y $1,362.25 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente.

Salmerón & García (1994), manifestaron que el rol del nitrógeno sobre los rendimientos varía con las variedades de acuerdo al potencial genético de estas y según Cuadra (2000), el rendimiento determina la eficiencia en la utilización que las plantas hacen de los recursos existentes en el medio, unido también al potencial genético que estas tengan.

En el factor B con la aplicación $37.43 \text{ kg N ha}^{-1}$ se obtuvo el mayor rendimiento de grano con $2,942.42 \text{ kg ha}^{-1}$, superando al nivel 0 kg N ha^{-1} con $1,139.85 \text{ kg ha}^{-1}$.

Estas diferencias encontradas de rendimiento de grano entre ambos factores y en la interacción, se debe principalmente a la importancia que tiene la disponibilidad del 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 obtuvieron menores rendimientos debido a la disminución del tamaño de las células y especialmente en el ritmo de división de células para la acumulación de nitrógeno.

Tabla 18. Resultado de separación de medias para la variable rendimiento de grano (kg ha⁻¹), San Ramón, Matagalpa

Factor A: Líneas	Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)
ICSR 939	2 473.63 a
ICSVLM_93081	2 440 a
JOCORO	2 364.38 ab
ICSVLM_92522	2 357.38 ab
RCV	2 207.63 abc
ICSVLM_93077	2 155.88 abc
ICSVLM_93065	2 077.75 abc
ICSVLM_93075	2 075.75 abc
SOBERANO	1 957.38 bc
ICSVLM_93079	1 892.75 c
ICSVLM_93076	1 767.63 cd
Pinolero1 (testigo)	1 402.38 d
ICSVLM_93074	1 362.25 d
ANDEVA	*
CV %	13.15
FACTOR B: kg N ha⁻¹	Rendimiento de grano kg ha⁻¹
b ₁ : 37.43 kg N ha ⁻¹	2 942.42 a
b ₂ : 0 kg N ha ⁻¹	1 139.84 b
ANDEVA	*
CV %	13.15

Al evaluar el efecto de las interacciones entre los factores en la tabla 19 se observa que la variable rendimiento mostró efectos significativos obteniendo cinco categorías estadísticas para el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ y nueve categorías estadísticas para el nivel 0 kg N ha⁻¹.

Dentro del nivel 37.43 kg ha⁻¹ la línea que obtuvo mayor rendimiento de grano es JOCORO (a₁₀b₁) con 3,451 kg ha⁻¹, seguido de las líneas ICSVLM_93081 (a₈b₁) con 3,406.5 kg ha⁻¹, ICSVLM_92522 (a₁b₁) con 3,355 kg ha⁻¹ y en ultimo lugar se encuentra la línea ICSVLM_93074 (a₃b₁) produciendo el menor rendimiento con 2,011.25 kg ha⁻¹. Para el nivel 0 kg de N ha⁻¹ la línea que obtuvo mayor rendimiento fue ICSR 939 (a₉b₂) con 1,707 kg ha⁻¹, seguido de la línea ICSVLM_93081 (a₈b₂) con 1,473.5 kg ha⁻¹, ICSVLM_93065 (a₂b₂) con 1,389 kg ha⁻¹ y con menor rendimiento el testigo pinolero1 (a₁₃b₂) 671.5 kg ha⁻¹.

Tabla 19. Efecto de interacción de líneas y niveles de nitrógeno aplicado sobre el rendimiento de grano (kg ha⁻¹), San Ramón, Matagalpa

Tratamientos 37.43 kg N ha ⁻¹		Tratamientos 0 kg N ha ⁻¹	
a ₁₀ b ₁	3 451 a	a ₁₀ b ₂	1 272.75 abcde
a ₈ b ₁	3 406.5 ab	a ₈ b ₂	1 473.5 ab
a ₁ b ₁	3 355 ab	a ₁ b ₂	1 064.25 abcde
a ₆ b ₁	3 247.5 ab	a ₆ b ₂	1 324.25 abcd
a ₉ b ₁	3 240.25 ab	a ₉ b ₂	1 277.75 abcde
a ₁₁ b ₁	3 142.5 ab	a ₁₁ b ₂	823.75 bcde
a ₁₂ b ₁	3 091 ab	a ₁₂ b ₂	1 389 abc
a ₄ b	2 827.25 ab	a ₄ b ₂	1 707 a
a ₇ b ₁	2 824.5 ab	a ₇ b ₂	961 bcde
a ₂ b ₁	2 766.5 bc	a ₂ b ₂	1 359.75 abcd
a ₅ b ₁	2 755.25 bc	a ₅ b ₂	780 cde
a ₁₃ b ₁	2 131 cd	a ₁₃ b ₂	671.75 e
a ₃ b ₁	2 011.25 d	a ₃ b ₂	713.25 de
Significancia	*	Significancia	*

4.3 Uso eficiente de nitrógeno

El uso eficiente de nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos uno lo describe como, eficiencia de absorción y otra sobre la utilización eficiente del nitrógeno, siendo esta última más importante porque describe el uso que la planta hace del fertilizante. (Younquist *et al*; 1992).

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 biomasa (kg ha⁻¹)

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

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

El contenido de nitrógeno en la biomasa aumenta a medida que aumentan las aplicaciones de nitrógeno ya que es un elemento necesario para la multiplicación celular y desarrollo de los órganos vegetales.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la variable en estudio, en la figura 3 se muestran los porcentajes de acumulación de cada uno de los niveles aplicados donde la aplicación con 37.43 kg N ha⁻¹ obtuvo la mayor acumulación por la línea ICSVLM_93077 con 9.7 kg ha⁻¹ sobresaliendo ante las demás líneas, seguido de las líneas ICSVLM_92522 con 8.8 kg ha⁻¹, ICSVLM_93075 con 8.7 kg ha⁻¹ y SOBERANO con 8.2 kg ha⁻¹ donde las líneas ICSVLM_93074 y ICSVLM_93079 obtuvieron valores similares con 7.9 kg ha⁻¹, presentando la menor acumulación la línea JOCORO con 3.6 kg ha⁻¹.

Para la aplicación de 0 kg de N ha⁻¹ la mayor concentración de nitrógeno la obtuvo la línea RCV con 8.4 kg ha⁻¹ seguido de las líneas ICSVLM_92522 con 7.56 kg ha⁻¹, ICSVLM_93077 con 7.4 kg ha⁻¹, SOBERANO con 7.2 kg ha⁻¹, las líneas ICSVLM_93074 y ICSVLM_93081 presentaron valores similares al poseer 6.6 kg ha⁻¹ cada una de ellas, donde la línea que presentó menor concentración en la biomasa fue la línea ICSVLM_93076 con 1.6 kg ha⁻¹.

Cabe destacar que las líneas RCV, ICSVLM_92522, ICSVLM_93077 y SOBERANO obtienen muy bien el nitrógeno existente del suelo, absorbiendo cantidades considerables con respecto a las demás líneas no fertilizadas.

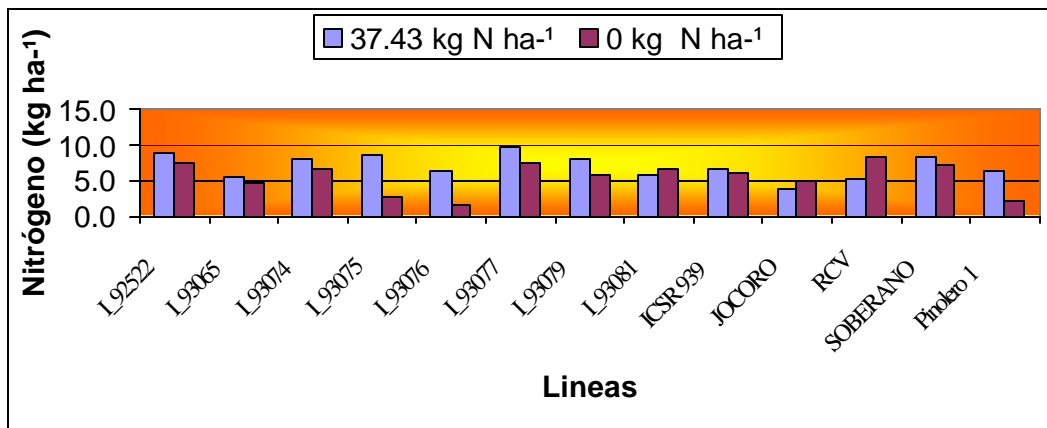


Figura 4. Acumulación de nitrógeno en la biomasa para cada línea y nivel de fertilización (kg ha⁻¹)

4.3.2 Acumulación de nitrógeno en grano (kg ha⁻¹)

La eficiencia en la absorción y utilización del nitrógeno en la producción de grano requiere que aquellos procesos asociados en la absorción, translocación, asimilación, y la redistribución del nitrógeno operen efectivamente (ISCA, 1989).

El grano empieza aumentar de peso rápidamente conforme se acumula materia seca de la fotosíntesis en las hojas y panícula como resultado de un movimiento substancial de productos asimilados y almacenados en el tallo y las hojas (Somarriba, 1997).

La figura 5 demuestra la acumulación de nitrógeno en el grano de cada una de las líneas con los dos niveles de nitrógeno, donde se destacan con la aplicación de 37.43 kg de N ha⁻¹ la línea JOCORO con 52.5 kg ha⁻¹, ICSR 939 y RCV presentan valores similares de 52.2 kg ha⁻¹, seguido de las líneas SOBERANO con 51.9 kg ha⁻¹, ICSVLM_93081 con 51.8 kg ha⁻¹, presentando la menor acumulación de nitrógeno en grano la línea ICSVLM_93074 con 27.8 kg ha⁻¹.

Con la aplicación del nivel 0 kg N ha⁻¹ se obtuvieron menores porcentaje de acumulación debido a la disposición y la baja traslocación del elemento nitrógeno de la parte vegetativa al grano, la línea ICSR 939 con 24.4 kg ha⁻¹ es la que obtuvo mayor concentración de nitrógeno seguido de las líneas ICSVLM_93081 con 21.4 kg ha⁻¹, ICSVLM_92522 con 18.6 kg ha⁻¹ y las líneas ICSVLM_93065, ICSVLM_93075 obtuvieron valores similares con 16 kg ha⁻¹ donde la menor porcentaje de acumulación se dio por parte del testigo Pinolero1 con 9.1 kg ha⁻¹.

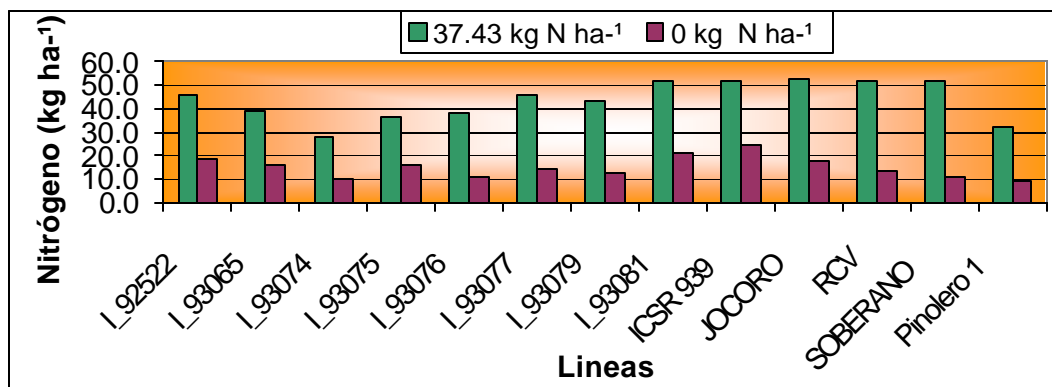


Figura 5. Acumulación de nitrógeno en el grano para cada línea y nivel de fertilización (kg ha⁻¹)

4.3.3 Relación de eficiencia

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

El suministro de nitrógeno es esencial para rendimientos óptimos y está asociado con un crecimiento vegetativo vigoroso y un color verde oscuro, las cantidades de este elemento prolongan el periodo vegetativo atrasando la maduración y pueden resultar en acame y susceptibilidad a enfermedades, mientras las deficiencias de este producen pérdida de vigor y caída de las hojas.

Según los resultados obtenidos de la variable en estudio, muestran en la figura 6 que la línea que obtuvo mayor relación de eficiencia con la aplicación de 37.43 kg N ha⁻¹ es ICSVLM_93074 con 99.1%, seguido de las líneas ICSVLM_93076 con 87.9%, Pinolero1, ICSVLM_93077, ICSVLM_92522 y ICSVLM_93074 con rangos de 87.7% y 85.6%. Presentando a las líneas JOCORO y RCV con porcentajes similares de 75% y línea que presentó menor valor de relación de eficiencia es ICSR 939 con 72.2%.

Con la aplicación del nivel 0 kg N ha⁻¹ obtuvieron valores superiores al 100% donde la figura 6 demuestra que la línea que obtuvo mayor porcentaje de relación es ICSVLM_93076 con 166.5% sobresaliendo ante las demás líneas, seguido con menores valores las líneas RCV con 1737.5%, ICSVLM_93075 con 131.2%, SOBERANO con 129.1%, JOCORO con 113.3% y la que obtuvo menores porcentajes es la línea ICSR 939 con 86.4%.

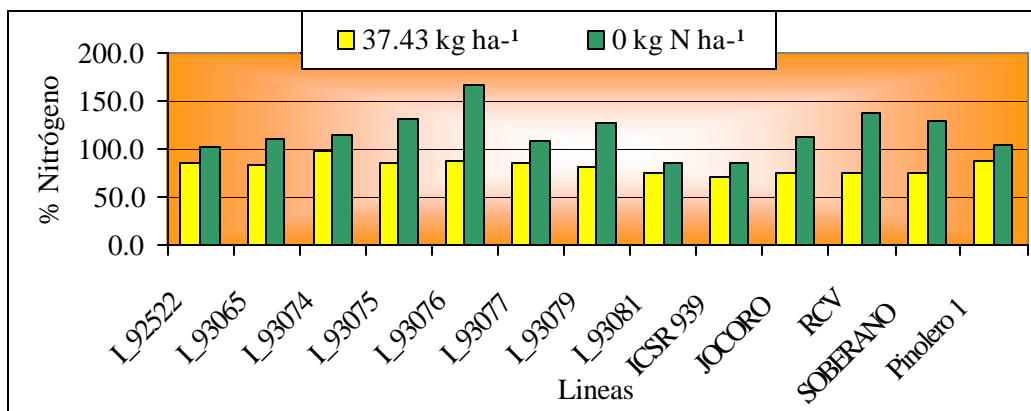


Figura 6. Relación de eficiencia del nitrógeno para cada línea y nivel de fertilización.

4.3.4 Eficiencia fisiológica

La baja fertilidad de los suelos son las principales limitaciones para aumentar la eficiencia de usos naturales y económicos en la producción

La eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno debe ser considerada como un componente de eficiencia global que considera la reacción de la planta porque se explica por la interacción de los componentes eficiencia fisiológica y recuperación de nitrógeno (Quintero & Casanova, 2000).

Según Moll (1992) la eficiencia de uso de nitrógeno permite una referencia de la variación que experimentan los factores que la componen y a su vez la comparación de los procesos fisiológicos de absorción y traslocación de nitrógeno en la planta.

Según los resultados obtenidos de la variable en estudio, en la figura 7 se muestra que obtuvo mayor eficiencia fisiológica la línea ICSVLM_93074 con 85.6% debidos a que esta pudo realizar todos sus procesos de absorción al demostrar un alto porcentaje sobre las demás líneas, los genes presentes en esta línea tienen la gran capacidad de traslocar muy bien el nitrógeno del suelo a la planta obteniendo así altos rendimientos; además se encuentran presentes con menores porcentajes de

eficiencia el testigo Pinolero con 80.7%, ICSVLM_93077 con 72.3% presentando las líneas ICSVLM_93079 y ICSR 939 con valores similares de 56.6%.

El menor porcentaje de eficiencia dado por la línea JOCORO con 48.3% se debe a cambios en las tasas de los procesos de mineralización e inmovilización al mantener indisponible el nitrógeno o resultados impredecibles en el crecimiento y productividad de los cultivos (Urquiaga & Zapata, 2000).

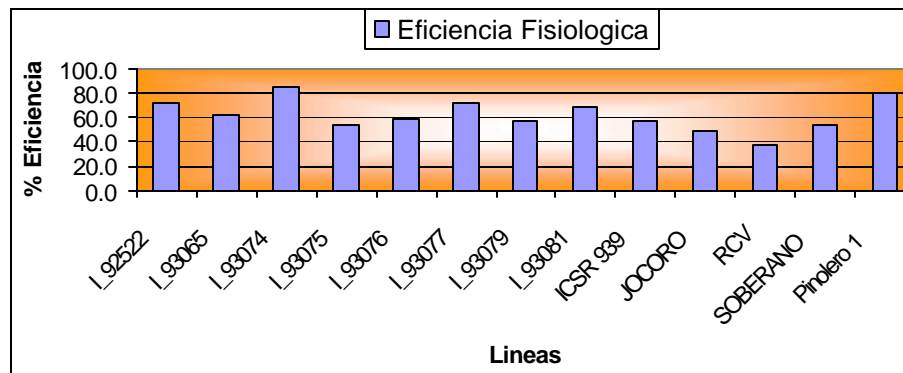


Figura 7. Eficiencia fisiológica de las líneas de sorgo San Ramón, Matagalpa.

4.3.5 Eficiencia de recuperación

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

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

Los resultados obtenidos figura 8 demuestra que obtuvo mayor eficiencia de recuperación la línea SOBERANO con 111.9% esto es debido a los genes que

tienen la capacidad de absorber el nitrógeno con gran facilidad, no pudo haber sido afectado 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 traslocación, asimilación y redistribución del nitrógeno a la planta. Se presentaron con menores porcentajes las líneas RCV con 96.5%, ICSVLM_93077 con 89.5%, JOCORO con 88.2% y la línea que presento menor recuperación del nitrógeno aplicados es ICSVLM_93074 con 52%.

Los bajos porcentajes de recuperación fueron influidos por la capacidad que tienen sus genes de realizar bs procesos fisiológicos y tener menor eficiencia en la transformación interna del nitrógeno absorbido proveniente del fertilizante.

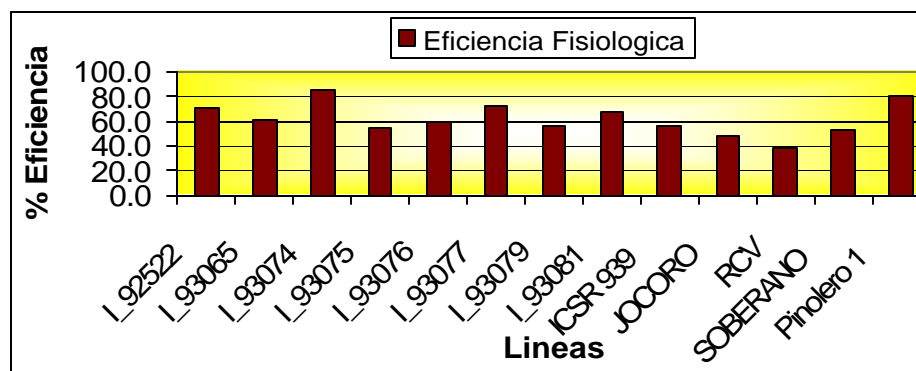


Figura 8. Eficiencia de recuperación de líneas de sorgo San Ramón, Matagalpa.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo sobre evaluación de doce líneas de sorgo demuestra que existe efecto significativo para las variables de crecimiento y desarrollo.

Para las variables de crecimiento, la altura oscilo en todas las líneas entre 20-90 cm, obteniendo la mayor altura a los 75 dds la línea ICSVLM_93076, se presentó el mayor diámetro a los 75 dds la línea ICSVLM_93077 y en la interacción con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ obtuvo el mayor diámetro la línea ICSVLM_93081, en el número de hojas por planta varió en las líneas obteniendo el mayor número de hojas la líneas ICSVLM_92522 y ICSVLM_93065 con 9 hojas respectivamente.

Para las variables de componentes del rendimiento, la mayor longitud de panoja la obtuvo RCV y la mayor longitud de ráquis ICSR 939. La línea que presentó mayor concentración de nitrógeno en biomasa es ICSVLM_93074 con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ y ICSVLM_93081 con el nivel 0 kg N ha⁻¹. En la concentración de nitrógeno en grano presentó el mayor valor SOBERANO con el nivel 37.43 kg ha⁻¹ y con el nivel 0 kg ha⁻¹ la línea ICSVLM_93081.

En la acumulación de nitrógeno en biomasa fueron las líneas ICSVLM_93077, ICSVLM_92522 y ICSVLM_93075 presentaron los mayores valores con el nivel de 37.43 kg N ha⁻¹ y con el nivel 0 kg N ha⁻¹ la línea RCV. La acumulación de nitrógeno en grano, fueron las líneas JOCORO, ICSR 939 con el nivel 37.43 Kg N ha⁻¹ y ICSR 939 con el nivel 0 kg ha⁻¹.

La línea ICSVLM_93077 presento el mayor rendimiento de materia seca y en la interacción con la aplicación de 37.43 kg N ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento en las línea ICSVLM_93075, y el mayor rendimiento de grano lo presentó ICSR 939 y en la interacción con el nivel 37.43 kg N ha⁻¹ la línea JOCORO.

Las líneas que expresaron un mejor uso eficiente de nitrógeno fueron ICSVLM_93074 con 99.1% de relación de eficiencia, ICSVLM_93074 con 85.6% de eficiencia fisiológica y la línea SOBERANO con 111.9% de eficiencia de recuperación.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar otros estudios posteriores con las líneas evaluadas en otra zona y bajo otras condiciones agroclimáticas en el municipio de San Ramón, Matagalpa.
2. Evaluar la línea ICSVLM_93075 por haber obtenido la mejor producción de materia seca para ser utilizada como forraje para el ganado en la época de verano.
3. Por su buen rendimiento de grano, evaluar las líneas JOCORO para obtener nuevas variedades que tengan buenos rendimientos con bajas dosis de fertilizante.
4. Evaluar con diferentes niveles de fertilización nitrogenada las líneas más promisorias como son ICSR 939, ICSVLM_93081, JOCORO, RCV y ICSVLM_92522.
5. Someter a estudio sobre uso eficiente de nitrógeno las líneas que mostraron mejor eficiencia y buenos rendimientos con el nivel cero aplicación; en otras localidades y bajo distintas condiciones de fertilidad.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- ALMAGRO**, 1996. Diagnostico de la producción de sorgo en la zona del pacifico. Documento de trabajo. Masaya, Nicaragua. 15 p.
- Carlson, P. S.** 1990. Biología de la productividad de cultivos. México. 413 p.
- Compton, L. P.** 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT/CIMMYT. India.301 p.
- Demolòn, A.** 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y educación. La Habana (Cuba). 587 p.
- Espinoza, A.** 1992. Evaluación de generaciones F7 de sorgo para formación de variedades mejoradas en Nicaragua. En XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA. Managua, Nicaragua. Pág. 62-63.
- FAO**, 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana roma, (ITALIA).Pag.197
- FAO**, 1984.Organización y estructura de la FAO incluyendo a los títulos de los funcionarios: Boletín Número 3. Roma (ITALIA). 205p.
- FAO**, 1980. Introducción al control integrado de las plagas del sorgo (Estudio: Producción y Protección vegetal # 19).
- Fuentes, J. L.**1994. El suelo y los fertilizantes. Madrid, España. p121-p122.
- Holdridge, L. R.** 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducido por Humberto Jiménez Saa.1a ed. San José, Costa Rica, IICA. Pág.216
- House, L. R.** 1982. El sorgo: Guía para su mejoramiento genético. Editorial gaceta, SA. Pág. 29,30.
- ISCA**, 1989. Seminario del programa ciencia de las plantas. Managua, Nicaragua. 9p.
- INTA.** 1999. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua.23 p.
- INTA.** 1995. Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua _ Nicaragua.14 p.
- Kanampiu, F. K.** 1997. Effect of nitrogen and rate n plant nitrogen loss in winter wheat varietes J plant nutr 404 p.
- Lang, P. & Mallet**1987. The effetc of tillage System and rate and time of nitrogen application on sorghum performance on a Sandy Avalon. Plant Soil Pág. 127-130.
- León, L.** 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de ciencia agrícola de la OEA, San José, Costa Rica. 203p.
- MAG**, 1996. Información anual de granos básicos en Nicaragua. MAG-FOR. 32p.

- MAG. 1991.** Guía técnica para la producción de sorgo. Managua, Nicaragua. 32p.
- Morales, V. M.** 2002. Comportamiento de generaciones f5 de sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 p.
- Monterrey, C.** 1997. Dosis y momento de aplicación en fertilizantes nitrogenados: Efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo. Ing. Agr. UNA. Managua (Nic). 44 p.
- Moll R, H.** 1982. Analysis and interpretation of factor wich contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy T. 564 p.
- Paúl, C. L.** 1990. Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador. Pág. 1-63.
- Pineda, L. L.** 1997. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo técnico, INTA, CNIA. Managua, Nicaragua. 55 p.
- Poehlman, J. M.** 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa, México. 453 p.
- Quintero, F. & Casanova, E.** 2000. Respuesta a la fertilización en el cultivo de sorgo en el oriente del estado Guarico, Venezuela. Agronomía Tropical. Pág. 99, 507.
- Rodríguez, R. A & Orozco Y.** 2002. Evaluación de dosis y momentos de aplicación de urea 46% de nitrógeno en el sistema tradicional de producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. Universidad Nacional Agraria. DPV. Managua, Nicaragua. Pág. 1-25.
- Salmeròn, M. F. & García, C. L.** 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto básico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 141 p.
- Somarriba R, C.** 1997. Texto de granos básicos. Escuela de producción vegetal. UNA. Managua (Nic), 197 p.
- Tapia B, H.** 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. División de semillas. INRA-PROAGRO. Managua, Nicaragua. 196 p.
- Urquiaga, S & Zapata, F.** 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el caribe. Porto Alegre. Génesis. Río de Janeiro. Brasil. Pág 9,19 y 21.
- Valle, K. J & Toledo, I.** 2003. Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Moench.) en el municipio de Zambrano. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 35 p.
- Villalobos, A. M.** 2001. Políticas y progr amas de semillas en América Latina y El Caribe. FAO, Roma (ITALIA). p 75, 82.

Younquist, J. B; Bramel, Cox. P & Maranville, J W. 1992. Evaluation of alternative screening criateria for selecting Nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. Crop sciencie. 32 (6) Pág 1310-1313.