

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

## TRABAJO DE DIPLOMA

**USO EFICIENTE DEL NITRÓGENO POR CUATRO  
VARIETADES DE SORGO GRANÍFERO (*Sorghum  
bicolor L. Moench*)**

**Autores:**

**Martha Pérez Valdivia.  
Marlon Suárez Villanueva.**

**Asesor:**

**Ing. Msc. Leonardo García Centeno.**

**Managua Nicaragua, 2003.**

## INDICE GENERAL

Sección	Nº. Página
ÍNDICE DE TABLAS.	i
ÍNDICE DE FIGURAS.	iii
DEDICATORIA.	iv
DEDICATORIA.	v
AGRADECIMIENTOS.	vi
RESUMEN.	vii
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. OBJETIVOS.	5
III REVISIÓN DE LITERATURA.	6
3.1 Taxonomía.	6
3.2 Morfología.	6
3.2.1 Raíz.	7
3.2.2 Tallo.	7
3.2.3 Hojas.	8
3.2.4 Inflorescencia.	8
3.2.5 Grano.	8
3.3 Exigencias ambientales.	9
3.4 Características deseables de las variedades de sorgo.	9
3.5 Épocas de siembra.	10
3.6 Preparación de Suelo.	10
3.7 Principales plagas y enfermedades.	11
3.8 Cosecha.	12
3.9 Absorción y uso de Nitrógeno.	13
3.10 Nitrógeno en sorgo.	14
IV MATERIALES Y METODOS.	16
4.1 Descripción del sitio del experimento.	16
4.1.1 Clima.	16
4.1.2 Tipo de suelo.	17
4.2 Descripción del diseño y los tratamientos.	17
4.2.1 Descripción de los tratamientos.	18
4.2.2 Características varietales de las variedades en estudio.	19
4.2.3 Dimensión y descripción del experimento.	19
4.2.4 Variables a evaluar.	20
4.2.4.1 Durante el crecimiento.	20
4.2.4.2 A la cosecha.	20
4.3 Manejo agronómico del cultivo.	21
4.4 Análisis estadísticos.	22
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	23
5.1 Comportamiento de las variedades y efecto de la dosis de Nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas de sorgo.	23
5.1.1 Altura de planta.	23
5.1.2 Número de hojas.	26
5.1.3 Diámetro del tallo.	28

<b>Sección</b>	<b>Nº. Página</b>
5.2 Comportamiento de las variedades y efecto de la dosis de Nitrógeno sobre los componentes del rendimiento.	30
5.2.1 Longitud de panoja.	30
5.2.2 Materia seca (Kg. /ha).	32
5.2.3 Rendimiento de grano.	35
5.2.4 Nitrógeno en biomasa (%).	38
5.2.5 Acumulación de Nitrógeno por la biomasa.	40
5.2.6 Nitrógeno en grano (%)	41
5.2.7 Acumulación de Nitrógeno en grano	42
5.2.8 Concentración de Nitrógeno en panoja.	44
5.2.9 Uso eficiente del Nitrógeno.	45
VI CONCLUSIONES.	47
VII RECOMENDACIONES.	48
VIII BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.	49

## INDICE DE TABLAS

## Nº. Página

Tabla 1. Características químicas y físicas del suelo donde se realizó el estudio.	17
Tabla 2. Descripción de los factores A y B en estudio.	17
Tabla 3. Descripción de los tratamientos.	18
Tabla 4. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable altura de plantas.	25
Tabla 5. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable altura de planta.	26
Tabla 6. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable número de hojas.	27
Tabla 7. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable diámetro del tallo.	29
Tabla 8. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable diámetro del tallo.	30
Tabla 9. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable longitud de panoja.	31
Tabla 10. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable biomasa total.	33
Tabla 11. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable biomasa total.	34
Tabla 12. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de grano.	35
Tabla 13. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de grano.	37
Tabla 14. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en biomasa.	38
Tabla 15. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en biomasa.	39

Tabla 16. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en grano.	42
Tabla 17. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en grano.	44
Tabla 18. Uso del nitrógeno por las variedades con relación al incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado.	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

## Nº Página

Figura 1: Precipitaciones y temperaturas promedio registradas durante el período del ensayo.	16
Figura 2: Concentración de nitrógeno en panoja por variedad y nivel de aplicación de nitrógeno.	45

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico mi pequeño trabajo investigativo a mi madre linda **Olivia Valdivia Gutiérrez**, por haberme forjado, con mucho esfuerzo y amor, tenerme siempre presente en sus oraciones y por formar una buena familia, que siempre han sido la base fundamental, económica y moral, que me han apoyado siempre para que pudiese culminar una de mis metas. Los quiero mucho.

**Martha Pérez Valdivia.**

## DEDICATORIA

A **Dios** Padre ser supremo por haberme permitido, la existencia en la vida durante mis años de estudio, esperando me permita seguir viviendo para lograr mis metas finales.

A mis padres **Milena Villanueva** y **Ramiro Suárez**, con mucho cariño y amor, por brindarme sus consejos para que siguiera el camino correcto en la vida y por sus grandes esfuerzos en su trabajo que hicieron posible su ayuda económica durante mis estudios superiores.

**Marlon Suárez Villanueva.**



V  
**AGRADECIMIENTO**

Antes de todo queremos agradecer a la **Universidad Nacional Agraria** por habernos aceptado en la institución para formarnos como profesionales que contribuiremos con nuestra patria.

Agradecemos a **INSORMIL**, por ser los financiadores de este y otros trabajos investigativos.

Al **Ing. Mcs Leonardo García Centeno**, por brindarnos su confianza y aceptarnos como sus tesisistas.

Al productor **Miguel Martínez**, por contribuir con nuestro trabajo de campo, igualmente agradecemos a su esposa **Maria de Fátima**, por ser tan amable.

Al **Dr. Víctor Aguilar**, por ayudarnos en parte de nuestro trabajo al contribuir con materiales y equipos, para la realización del presente trabajo.

A **Yesenia Urroz**, por ayudarnos con parte de la transcripción del trabajo.

A **Carlos Miller**, por su ayuda al cosechar.

A nuestro compañero de clases **Vicente Reyes**, por ayudarnos a comprender los análisis estadísticos.

**Martha Pérez Valdivia.**  
**Marlon Suárez Villanueva.**

## RESUMEN

La presente investigación experimental se realizó en la época de postrera del 2002 entre el 30 de Agosto y el 18 de Diciembre, en los terrenos de la finca del Señor Miguel Martínez, Comunidad El Bocón ubicada en el Municipio de San Isidro, Matagalpa. El experimento se estableció en un arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El objetivo de la investigación fue identificar a las variedades mejoradas de sorgo insensitivo al foto período, que hacen el uso más eficiente del nitrógeno en la producción de sorgo granífero en la zona seca Norte de Nicaragua. Las variedades en estudio fueron Pinolero1, Tortillero precoz, CNIA-INTA y CENTA-RCV, ésta última proveniente de El Salvador, a las cuales se le aplicaron tres dosis de Nitrógeno ( 53, 83 y 112 kg/ha ) cuyos resultados se compararon con un testigo (Variedad sin aplicación). En las variables de crecimiento (altura de planta , número de hojas y diámetro de tallo) se observaron diferencias altamente significativas entre los factores en estudio por separado y significativos para la mayoría de las variables en las interacciones donde se obtuvo efecto de las dosis de aplicación, a excepción de las variables, número de hoja y diámetro del tallo, a los 46 y 56 dds. Los resultados muestran que el mayor rendimiento obtenido fue para la variedad CNIA-INTA con dosis de aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno y un rendimiento de 3 327.60 kg/ha . En esta misma variedad la dosis de 112 kg/ha de nitrógeno obtuvo un déficit de 244.5 kg/ha en comparación a la anterior. Sin embargo Pinolero1, Tortillero precoz y CENTA-RCV, obtuvieron sus mayores rendimientos con la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno con 2 886.55, 2 206.8 y 2 078.4 kg/ha respectivamente. El incremento de la fertilización ejerció efecto en el rendimiento de granos obtenidos con respecto al testigo. El uso eficiente del nitrógeno por las cuatro variedades en estudio muestran claramente que existe respuesta positiva al incrementar sus rendimientos con el incremento del nitrógeno aplicado, sobresaliendo la variedad CNIA-INTA, con 1 396.06 kg/ha más con respecto al testigo. El uso más eficiente del nitrógeno aplicado a las variedades fue obtenido por CNIA-INTA y Pinolero 1 al obtener mayor producción de granos por kg de nitrógeno aplicado.

## INTRODUCCION

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), es una fuente alimenticia para el hombre y los animales en muchos países de clima cálido. En África, cercano oriente y Medio Oriente se cultiva desde hace siglos, se utiliza como grano y forraje para ganado y los primeros granjeros que se instalaron en esas zonas semi-áridas lo comercializaban y obtenían un pequeño beneficio económico (Wall & Ross, 1975).

De igual manera que el maíz, el sorgo fue originalmente tropical, pero en la actualidad se cultiva en los cinco continentes en las regiones tropicales y templadas, donde la temperatura media excede en verano a 21°C y la estación sin heladas es de 125 días a más. (Vega, 1983).

En Nicaragua el sorgo es el cereal que le sigue al maíz, tanto en área como en volumen de producción. Ocupa el 16 % del área cultivada con granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia, principalmente en la demanda de la elaboración de alimentos para la industria avícola, porcina y bovina, también para el consumo humano del sorgo blanco en sustitución del maíz (Pineda, 1997).

El sorgo se siembra en diferentes regiones de nuestro país, siendo estas las zonas A1 y A2 que corresponden a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas, en orden respectivo.

La mayor cantidad del área se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos y variedades mejoradas. Las zonas antes mencionadas son las que tienen mayor área de siembra y por ende se presenta la mayor producción de grano, el 38 % del área cultivada y un 40 % de la producción del grano en el ámbito nacional (INTA, 1999).

Durante el ciclo agrícola 1998-1999 el área de siembra fue de 50 000 hectáreas; Sin embargo los rendimientos actuales por unidad de área son todavía muy bajos con un promedio nacional de 2 400 kilogramos por hectárea

siendo el potencial genético de unos 4 500 a 6 000 kilogramos por hectárea. Los bajos rendimientos están asociados al mal uso de tecnología disponible, al uso inadecuado de los fertilizantes nitrogenados y al uso de variedades o híbridos exigentes en nitrógeno.

La fertilidad natural de la mayoría de los suelos no es suficiente para satisfacer los requerimientos de las variedades mejoradas del sorgo (BNN, 1973).

Sin embargo Wild (1992), plantea que las mejoras más significativas han resultado con toda seguridad del mayor empleo de fertilizantes, que han permitido corregir deficiencias de nutrientes en el suelo y han mantenido el mayor rendimiento posible acorde con las variedades.

Estudios sobre fertilización en sorgo granífero muestran que las variedades híbridas responden a altos niveles de fertilidad, producen de 18 a 36 kilogramos de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado. El INTA (1995), recomienda aplicar como fertilización base al momento de la siembra al fondo del surco 129.3 kilogramos por hectárea de la fórmula 18-46-0 cuando el suelo presenta buen nivel de potasio o 10-30-10 cuando el nivel es bajo. Esto representa aplicar 23.28 ó 12.93 kilogramos de nitrógeno por hectárea al momento de la siembra.

La fertilización posterior debe ser de los veinte a veinticinco días después de siembra se debe aplicar de 129 a 194 kilogramos por hectárea de Urea 46% de nitrógeno, dependiendo del nivel de fertilidad del suelo, esto sería de 59 a 89 kilogramos por hectárea de nitrógeno para un total de 73 a 112 kilogramos por hectárea de nitrógeno aplicado en cada ciclo.

Según Demolón (1975), en la agricultura, el nitrógeno es de vital importancia, pues este elemento se destaca dentro de los esenciales, en el desenvolvimiento y crecimiento de las plantas, por sus funciones relevantes en la producción y síntesis de aminoácidos que son el componente básico de proteínas, enzimas y vitaminas.

Para que el cultivo del sorgo responda óptimamente a las aplicaciones de nitrógeno, este debe estar presente en cantidades suficientes, en las diferentes etapas fenológicas del cultivo y satisfacer sus requerimientos para el desarrollo.

Las plantas sujetas a la deficiencia de nitrógeno en los primeros treinta días del cultivo, producen pequeñas panículas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecillas visibles en la emergencia de la panoja.

Una deficiencia de nitrógeno entre los treinta a sesenta días del cultivo puede causar de 16 a 30% de aborto en las florecillas iniciadas. En la tercer etapa del cultivo de los sesenta días hasta su cosecha, la escasés de nitrógeno tiene poco efecto sobre el rendimiento de grano, sin embargo, reduce fuertemente el contenido de nitrógeno (consecuentemente el de proteínas) del grano. Con la escasés continua del nitrógeno durante todas sus etapas de crecimiento los mecanismos compensatorios de la disminución en el tamaño de la panícula junto con el aborto de las florecillas, pueden asegurar que los granos restantes tengan un contenido aceptable de nitrógeno. (Asher y Cowie, 1974; citado por Compton, 1990).

En los suelos deficientes de nitrógeno, se traslocan al grano proporciones relativamente grandes de nitrógeno de otras partes de la planta en la tercer etapa. (Smith y Myers, 1978; citado por Compton, 1990).

La deficiencia de fósforo puede retrasar el período de la emergencia a la antesis, hasta por ocho días y también se ha encontrado que la deficiencia de potasio afecta el crecimiento del sorgo. (Compton, 1990).

Un punto particular de la fertilización mineral, es la eficiencia de su aplicación. Las técnicas más eficientes son identificadas por medio de la investigación y sus hallazgos son transmitidos a los agricultores por medio de los servicios de información: Una fertilización eficiente es sinónimo de minimización de la pérdida de nutrientes en el ambiente sin sacrificar los rendimientos de los cultivos. El exceso de nutrientes, especialmente el nitrógeno que no es absorbido por el cultivo, es probable que se pierda en el ambiente.

Una fertilización desequilibrada significa exceso de fertilización, contaminación de algunas áreas o subfertilización, pérdida de rendimiento incluyendo calidad de cosecha (FAO, 2000).

La eficiencia en la utilización del Nitrógeno es una meta de los productores de sorgo. En la actualidad es necesario concentrar esfuerzos para detectar variedades y/o híbridos que se adapten a las distintas zonas ecológicas y que hagan un uso más eficiente del nitrógeno que se les aplica.

Hoy en día no existen en Nicaragua estudios sobre el comportamiento de variedades mejoradas a distintas dosis de nitrógeno y si existen es limitado y no concluyente. Por esto el presente trabajo de investigación pretende estudiar el comportamiento de cuatro variedades de sorgo a cuatro niveles de fertilización nitrogenada y el uso que éstas hacen del nitrógeno.

## **II. OBJETIVOS.**

### **Objetivo general:**

Identificar las variedades mejoradas de sorgo insensitivo al fotoperíodo, que hacen el uso más eficiente del nitrógeno en la producción de sorgo granífero en la zona norte de Nicaragua.

### **Objetivos específicos:**

1. Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo.
2. Evaluar los contenidos del nitrógeno contenido en la biomasa y el grano de las cuatro variedades en estudio.
3. Evaluar el uso eficiente del nitrógeno por las variedades en estudio.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Taxonomía

Esta se describe según Hernández 1998, donde menciona desde el origen hasta la actualidad como se ha hecho la clasificación del sorgo.

En 1753, Linneus describió en su "Species Plantarum" tres especies de sorgo cultivado: *Holcus sorghum*, *H. saccratus* y *H. bicolor*. En 1794 Moench distinguió el género *Sorghum* del género *Holcus*; En 1961, Clayton consideró *Sorghum bicolor* Moench, como el nombre específico correcto de los sorgos cultivados y como tal ha sido aceptado.

Snowden (1936-1955), coincidió con otros taxónomos de que el sorgo pertenece a la tribu *Andropogoneae*, subtribu *Sorgastrae*, la cual tiene dos géneros: *Cleistachne* Benth con cuatro especies en Sudáfrica y la India y *Sorghum* distribuido en las regiones más cálidas del Viejo Mundo.

Snowden dividió el género *Sorghum* en dos secciones: *Eusorghum* y *Parasorghum*. *Parasorghum* abarcó las especies herbáceas silvestres con diez cromosomas somáticos; *Eusorghum* fue dividido en dos subsecciones: *Arundinacea* ( $2n=20$ ) que incluye los sorgos cultivados, los dulces, los forrajeros, los escoberos y los tipos silvestres relacionados; y *Halepensis* ( $2n=40$ ) que incluye los pastos perennes silvestres con rizomas como *S. halepense*.

#### 3.2 Morfología

Mediante la morfología podemos comprender mejor algunas características de este cultivo, tales como la tolerancia a la escasez de humedad, su habilidad de macollamiento y la capacidad de rebrote (Compton, 1990).

Entre otros aspectos podemos mencionar que tanto las hojas como el tallo son recubiertos por un polvo ceroso que ayuda a la planta a reducir la transpiración



en los períodos secos. Además el follaje se encarruja cuando las condiciones de sequía determinan una deficiencia de humedad del suelo, reduciendo así el área de transpiración y contribuyendo a la tolerancia de este cultivo a la sequía (Hernández, 1998).

### 3.2.1 Raíz

El sistema radicular del sorgo es profuso y tiene muchos pelos radiculares. Durante la germinación aparece primero una raíz embriónica o primaria, pudiendo desarrollarse varias, estas raíces no se ramifican o se ramifican muy poco. Después aparecen las raíces secundarias a partir del primer nudo y son éstas las que desarrollan el profuso sistema radicular de la planta subsecuentemente mueren las raíces primarias. Las raíces nodales o de sostén pueden aparecer posteriormente en los nudos más bajos y pueden ser numerosos en las plantas inadaptadas. Estas raíces no realizan ninguna función en la absorción de agua y nutrientes. (Somarriba, 1998).

### 3.2.2 Tallos

El sorgo es una planta normalmente con un solo tallo. Pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad, la población de plantas y el ambiente.

La altura varía de 45 cm a más de 4 m, el diámetro de 5 a 30 mm en la base tienen de 7 a 24 nudos. La altura depende del número de nudos que es igual al número de hojas producidas, la altura también depende de las longitudes del entrenudo, pedúnculo y la panícula y todos estos factores están bajo control genético separado.

Se forma una yema en cada nudo excepto en el nudo terminal, estas son alternas y las inferiores pueden formar hijos axilares poco después del desarrollo de las raíces coronarias, mientras que las superiores pueden desarrollarse como ramas laterales especialmente si se daña el ápice de crecimiento. El pedúnculo es el entrenudo más alto que lleva la inflorescencia y es siempre el más largo. Una buena excerción permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera y entonces se reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula. La longitud del pedúnculo o

excerción, está controlada genéticamente pero los factores ambientales como la deficiencia de agua pueden ofrecer efectos pronunciados (Hernández, 1998).

### 3.2.3 Hojas.

El número de hojas por planta varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento. Las hojas maduras son de 30 a 135 cm de longitud y de 1.5 a 15 cm de ancho. Son alternas y lanceoladas o linear-lanceoladas con una superficie superior lisa y cerosa. Los márgenes de las hojas son ásperos o lisos y pueden tener vellosidad hacia la punta. Filas de células motoras en la epidermis superior facilitan el enrollamiento rápido hacia adentro de las hojas durante los períodos de sequía. La vena central es prominente, blanca o amarilla en variedades con médula seca y verde en aquellos con médula jugosa. La última hoja producida es la hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo (Comptom, 1990).

### 3.2.4 Inflorescencia

Esta es una panícula de racimos con raquis central escondido por la densidad de las ramas de la panícula o totalmente expuesto. La panícula es corta o larga, suelta y abierta y compacta o semi-compacta; puede tener de 4 a 25 cm de largo y de 2 a 20 cm de ancho, puede llevar de 400 a 800 granos.

El raquis puede ser largo o corto, grueso o delgado, estriado, acanalado, peludo o glabro y con varias ramas en cada nudo. Sus ramas están en verticilios y pueden ser largas o cortas, delgadas o gruesas, rígidas o flexibles, peludas o glabras y ramificadas cerca de la base o en la punta. El raquis puede tener ramas secundarias y terciarias que llevan racimos de espiguillas. Cada racimo tiene una o varias espiguillas (1 a 8 nudos) en pares, una sésil y otra pedicelada (o estéril). Las espiguillas terminales ocurren en tríadas, dos de las cuales son pediceladas y estériles (Comptom, 1990)

### 3.2.5 Grano

El grano es una carióspside de forma más o menos esférica y algo aplanado en uno de los lados. Varían bastante en color de pericarpio (rojo, café, blanco, amarillo, crema) y tienen un lustre opaco o aperlado. La testa puede ser

también coloreada, de un rojo oscuro a un café oscuro. El endosperma es usualmente blanco, aunque puede ser amarillo. En muchas ocasiones se ha comprobado que el sorgo de semilla café o parda resiste en general a los hongos y a otro tipo de daño causado por el clima.

El endosperma varía desde suave con pequeña porción de córnea a una condición córnea sólida. El tamaño de la semilla fluctúa entre pequeña (menos de un gramo por cien semillas) hasta grande (cinco a seis gramos por cien semillas) (Hernández, 1998).

### **3.3 Exigencias ambientales.**

El cultivo del sorgo se adapta a climas muy variados y únicamente necesita de 90 a 140 días para madurar. Los rendimientos más altos se obtienen normalmente de variedades que maduran entre 100 a 120 días. Los sorgos para granos usualmente tienen una relación grano paja 1:1. Las variedades que maduran más temprano pueden no rendir lo mismo a causa de su período de crecimiento más corto; En contra posición con las tardías que tienden a producir más follaje o menos granos, la relación grano-paja puede ser 1:5. Los mejores rendimientos de variedades tardías de ese tipo, normalmente promedian entre 1 500 y 2 000 kg/ha comparado con 4 000 y 5 000 kg/ha de variedades más precoces.(Hernández, 1998).

### **3.4 Características deseables de las variedades de sorgo.**

Según los mejoradores fitogenéticos, el sorgo debe cumplir con un número de características morfológicas y fisiológicas para adecuarse mejor a los climas de la región, entre estas características se mencionan:

a) Altura de planta.

De 0.9 a 1.7 m, consideradas variedades enanas o intermedias y que faciliten la cosecha y el control de plagas.

b) Tipo de panoja.

Semi-abierta para que soporte la humedad ambiental de los trópicos y el ataque de las plagas.

c) Color del grano.

Blanco o crema para consumo humano y rojo o amarillo, si se va a utilizar para alimento animal.

Ciclo vegetativo.

De 95 a 100 días, insensible al fotoperíodo y que permitan cosechas de primera, postrera o ambas.

### **3.5 Épocas de siembra.**

Con la siembra de primera se consiguen mejores rendimientos, ésta presenta el serio inconveniente de la inseguridad de la cosecha, debido a que no se puede contar siempre con un período seco (canícula), que permita la cosecha sin pérdidas ocasionadas por la germinación y caída del grano cuando la maduración coincide con un período lluvioso (Delgado & Hernández, 1977).

La época de siembra, postrera se hace con el objeto de obtener la cosecha al finalizar la época de lluvia, las siembras deben realizarse durante los primeros quince días del mes de Agosto, esto disminuye considerablemente los riesgos de pérdidas por pudrición del grano (INTA, 1999). La siembra durante esta época requiere de un mayor número de operaciones del cultivo debido a que hay mayor incidencia de plagas, enfermedades y malezas.(Hernández, 1998).

### **3.6 Preparación del suelo**

Debido a que el grano de sorgo es relativamente pequeño, se debe hacer esfuerzos para que al preparar la tierra se eliminen los terrones. Para esto se debe arar y gradear lo necesario pero sin llegar a la pulverización del terreno. En esa forma se minimiza la erosión eólica y el suelo queda en condiciones de permitir el contacto del grano con la humedad del suelo (Delgado y Hernández, 1977).

Método de siembra:

Siembra en monocultivo, la siembra deberá realizarse en el fondo del surco, si el suelo es liviano y en el borde del surco si es pesado. La profundidad a que debe sembrarse la semilla dependerá de la textura del suelo, aunque en términos generales se recomienda que si el suelo es arenoso se haga a 5 cm, y si es arcilloso a 3 cm.

Control de malezas:

El sorgo es un cultivo cuyo crecimiento inicial es muy lento y durante esta época la competencia de malezas es muy intensa, por lo que se debe mantener el cultivo limpio durante los primeros treinta días de establecido (Hernández, 1998).

### **3.7 Principales plagas y enfermedades**

Según el INTA(1999) el sorgo se ve afectado por plagas y enfermedades importantes, que limitan en cierta forma la producción, algunas de ellas se mencionan a continuación:

Plagas:

- Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*). Daña raíces .
- Gusano alambre (*Melanotus sp.*). Daña los granos próximos a germinar y las raíces de las plántulas por lo que se doblan y mueren.
- Gusano cuerudo (*Agrotis sp.*) Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causa marchitez y muerte de las plantas.

- Barrenador del tallo (*Diatraea spp.*) La larva perfora el tallo del sorgo, dentro de este se desarrolla y forma galerías lo que provoca que la planta fácilmente se caiga y las perforaciones son puntos de entrada de otros microorganismos dañinos.
  
- Gusano cogollero y G. soldado (*Spodoptera frugiperda*. J. E. Smith) (*S. exigua*. Hübner). Produce cortaduras en las hojas y cortan el cogollo de las plantas. Si se encuentran en grandes poblaciones barrenan el tallo.
  
- Mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*. Coq) Causa daño en los ovarios de las espiguillas con lo que evita la formación del grano y como consecuencia reduce la producción.

Enfermedades:

- Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi* Ellis y Everhart). Pequeñas manchas circulares en las hojas de color rojo oscuro a púrpura.
  
- Antracnosis (*Colectotrichum graminicola*- Cesati-Wilson). Este hongo causa dos enfermedades en los sorgos, la mancha foliar y la pudrición del tallo (pudrición roja). La antracnosis se caracteriza por pequeñas manchas elípticas a circulares, con centros circulares de color pardo claro y bordes anchos de color púrpura, rojo o canela.
  
- Pudrición del tallo por fusarium moniliforme (Sheldon). Esa enfermedad tiene mayor impacto bajo condiciones húmedas y de mucho calor, después de un período cálido y seco. Las raíces recién formadas pueden exhibir lesiones claras de varios tamaños y formas. La pudrición es progresiva, las raíces más viejas son destruidas dejando a la planta con poco anclaje.

- Tizón de la panoja (*Fusarium moniliforme* Sheldon). Esta enfermedad es severa cuando en el ambiente se presentan altas precipitaciones y alta humedad relativa. El hongo invade los tejidos de la inflorescencia destruyendo la panoja.

### **3.8 Cosecha**

La cosecha para grano varía de acuerdo a la variedad, entre 85 y 100 días. En el campo el momento óptimo para la cosecha se puede determinar a partir de conocer el ciclo vegetativo de la variedad, observar que si al apretar las panojas con la mano, se desgranar en forma fácil y abundante, así como también que el pedúnculo de la panoja haya tomado un color amarillento (Hernández,1998).

Cosecha manual.

Este sistema consiste en cortar la panoja con una tijera de podar o machete dejándole el pedúnculo lo más corto posible. Una vez que se haya cortado la panoja, se debe aporrear y soplar, para obtener el grano en oro. Si al momento de la cosecha el grano en la panoja tiene una humedad superior a 20% para aporrear se debe secar hasta que tenga un 16%.(Hernández, 1998).

Cosecha mecánica.

Esta forma de cosecha se realiza con el uso de una cosechadora combinada, la que simultáneamente cosecha, limpia y desgrana el sorgo. En este sistema es importante que el grano no tenga una humedad mayor de 16%, con ello se evitan pérdidas por deterioro o mal aporreo (Hernández, 1998).

### **3.9. Absorción y uso de Nitrógeno**

El nitrógeno existe como gas  $N_2$  en la atmósfera y como nitrógeno orgánico en los suelos, en el humus y como iones solubles inorgánicos  $NO_3$  y  $NH_4$ . El contenido de nitrógeno en las plantas promedia de 2 a 4%; Este es un

constituyente de los aminoácidos, amidas, proteínas, núcleo proteínas y alcaloides. La deficiencia de nitrógeno limita la división y expansión de las células y por ende el crecimiento de la planta.(Compton,1990).

Plantas deficientes de nitrógeno son atrofiadas en su crecimiento y poseen sistema radical restringido, sus hojas (especialmente las inferiores) son las de color amarillo claro o amarillo verdosas con puntas necróticas y tienden a caerse y las plantas enteras se retrasan en su floración y madurez. (Brady, 1984; Grundon et. al., 1984; citado por Comptom, 1990).

Hipp y Gerrard (1971) citado por Compton (1990), encontraron que un promedio de 2.3% de nitrógeno a través de todas las hojas de la planta de sorgo estuvo asociado con un rendimiento máximo de grano.

La planta absorbe nitrógeno principalmente como  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4^+$  pero el nitrato es la fuente dominante por el hecho de que está generalmente disponible en concentraciones más altas. Durante el proceso de descomposición microbiana de los tejidos de las plantas y animales, el nitrógeno orgánico de la planta junto con el que está en el suelo, se convierte en formas inorgánicas principalmente como tejido microbial; Una parte de este nitrógeno inmovilizado es luego mineralizado y forma los iones  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3$  por la acción de nitrobacterias. La oxidación enzimática (nitrificación) de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3$  por nitrobacterias:  $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$  es sensible al pH, la temperatura y la humedad del suelo (Comptom, 1990).

### **3.10 Nitrógeno en sorgo**

La planta de sorgo exige una constante y bien distribuida aplicación de nitrógeno desde la siembra hasta el llenado del grano, ya que ésta lo demanda para crecer, elaborar sus reservas y formar sus semillas. Durante los períodos de crecimiento son mayores y aumentan al ritmo que aumenta el tamaño de la planta, decreciendo cuando la planta se va secando.



La excesiva cantidad de nitrógeno y de agua propician un crecimiento vegetativo exuberante de las partes aéreas de la planta, que aparecen de color verde oscuro adquiriendo una consistencia esponjosa lo que hace que las plantas sean susceptibles al acame, al contrario de esto la escasez de nitrógeno produce retraso en el crecimiento y las plantas adquieren un color verde amarillento. En general los suelos tropicales son muy pobres en nitrógeno debido a las continuas pérdidas que este elemento sufre por la acción del calor, los microorganismos y las precipitaciones (Córdoba, 1995).

Kramer (1953) citado por Wall & Ross (1975) calculó que alrededor de 33 kg de nitrógeno provenía de la materia orgánica, 11 kg de nitrógeno de la lluvia y entre 33 y 44 kg de nitrógeno de su fijación por microorganismos no simbióticos. Esta última constituye una fuente muy importante de nitrógeno en las zonas más cálidas y secas donde el nitrógeno del suelo es poco y los residuos con mucho carbono son devueltos a él.

El nitrógeno es uno de los componentes más importantes de la clorofila, de las proteínas, de los ácidos nucleicos y de otros componentes de las plantas. Los efectos de la aplicación de nitrógeno son por lo general rápidos y evidentes.

Bajo buenas condiciones de manejo y en climas favorables, la respuesta de los rendimientos es sensible y predecible. Las aplicaciones reiteradas de fertilizantes nitrogenados son necesarias ya que una parte del nitrógeno es absorbido por las plantas pero un porcentaje de este nutriente se pierde por percolación, desnitrificación y volatilización (FAO, 2000).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

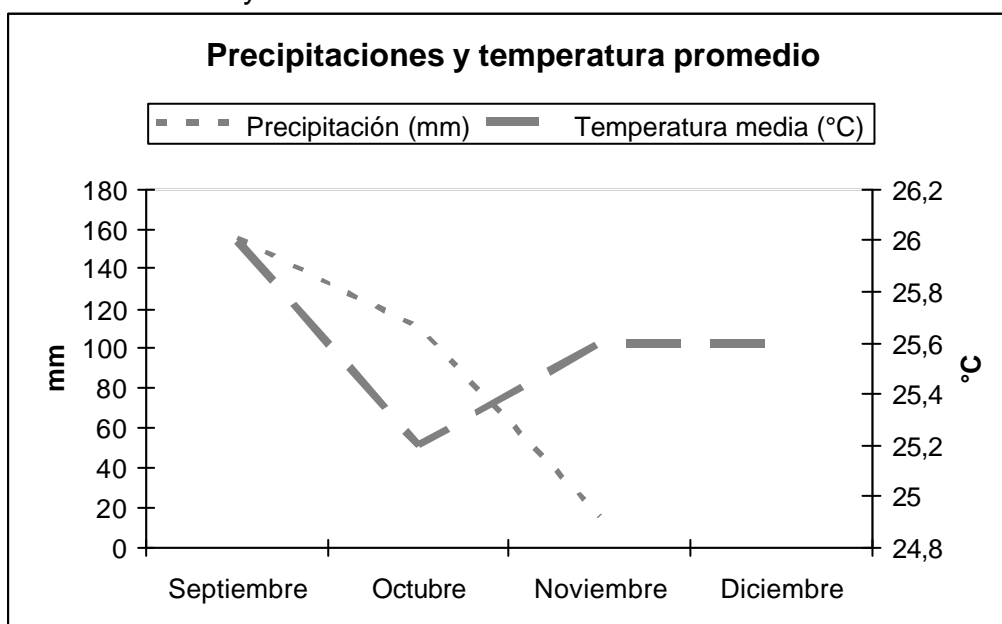
### 4.1 Descripción del sitio del experimento

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la finca del señor Miguel Martínez, comunidad El Bocón, San Isidro, Matagalpa; cuyas coordenadas corresponden a los 12° 06' Latitud Norte y 86° 01' Longitud Oeste, ubicada a una altura de 480 msnm. El ensayo se realizó en la época de postrera del 30 de Agosto al 18 de Diciembre del 2002.

#### 4.1.1 Clima

Según la clasificación de Holdrige (1986), la zona donde se realizó el experimento es una región tropical seca. La precipitación anual es de 748.10 mm, con temperatura media anual de 24 °C. La producción agrícola en esta zona se ve restringida a las cantidades e irregularidades de las lluvias y ocurrencia de canícula (INTA, 1995).

Figura 1. Precipitaciones y temperaturas promedio registradas durante el período del ensayo.



Fuente INETER, 2002.

#### 4.1.2 Tipo de suelo.

El suelo del área donde se desarrolló el experimento es de textura franco arcilloso, con pH de 6.5 ligeramente ácido. El contenido de nitrógeno es alto, pobre en fósforo y alto contenido de potasio.

Tabla 1. Características químicas y físicas del suelo donde se realizó el estudio.

Nutrientes	Valor	Clasificación
pH (H <sub>2</sub> O)	6.5	Ligeramente ácido
Materia orgánica	4.04	Alto
N (%)	0.22	Alto
P (ppm)	8.01	Pobre
K (meq/100g de suelo)	0.38	Alto
Ca (meq/100g de suelo)	16.36	Alto
Mg (meq/100g de suelo)	3.71	Alto
Arcilla (%)	30	
Limo (%)	27.5	
Arena (%)	42.5	(Suelo Franco Arcilloso)

Fuente: laboratorio de suelos y agua. UNA 2002.

#### 4.2 Descripción del diseño y los tratamientos

El diseño utilizado fue en bloques completos al Azar (BCA). Con cuatro repeticiones en arreglo bifactorial. El factor variedad se ubicó en las parcelas grandes y el factor nitrógeno en las parcelas pequeñas.

El experimento constó de cuatro variedades (tres variedades de Nicaragua y una de El Salvador) que comprenderá los niveles del Factor A y las dosis de nitrógeno los niveles del factor B. (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los factores A y B en estudio.

Factor A: Variedades	Factor B: Dosis de nitrógeno
a <sub>1</sub> - Pinolero 1	b <sub>1</sub> : sin fertilizar
a <sub>2</sub> Tortillero precoz	b <sub>2</sub> : 53 kg/ha de nitrógeno
a <sub>3</sub> CNIA-INTA	b <sub>3</sub> : 83 kg/ha de nitrógeno
a <sub>4</sub> CENTA-RCV	b <sub>4</sub> : 112 kg/ha de nitrógeno

#### 4.2.1 Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos se constituyen combinando todos los niveles del Factor A con todos los niveles del Factor B, como muestra a continuación la Tabla 3.

Tabla. 3. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Variedades y dosis de aplicación
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Pinolero 1 sin fertilizar
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Pinolero 1 con 53 kg/ha de nitrógeno
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Pinolero 1 con 83 kg/ha de nitrógeno
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	Pinolero 1 con 112 kg/ha de nitrógeno
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Tortillero precoz sin fertilizar
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Tortillero precoz con 53 kg/ha de nitrógeno
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Tortillero precoz con 83 kg/ha de nitrógeno
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	Tortillero precoz con 112 kg/ha de nitrógeno
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	CNIA-INTA sin fertilizar
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	CNIA-INTA con 53 kg/ha de nitrógeno
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	CNIA-INTA con 83 kg/ha de nitrógeno
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	CNIA-INTA con 112 kg/ha de nitrógeno
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	CENTA-RCV sin fertilizar
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	CENTA-RCV con 53 kg/ha de nitrógeno
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	CENTA-RCV con 83 kg/ha de nitrógeno
a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	CENTA-RCV con 112 kg/ha de nitrógeno

#### 4.2.2 Características varietales de las variedades en estudio.

##### Pinolero 1.

La altura de planta es de 199 cm, el tipo de panoja es semi-abierta, grano de color blanco, los días a floración son 63 días después de germinación,

excursión y tamaño de panoja de 10 y 36 cm respectivamente, los días a la cosecha son 110 con potencial genético de 4 852.10 kg/ha.

Tortillero precoz

La altura de planta es de 152 cm. El tipo de panoja es semi-abierta , grano de color blanco, los días a floración son 52 días después de germinación, excursión y tamaño de panoja de 10 y 25 cm respectivamente, los días a la cosecha son 90 con potencial genético de 3 558.21 kg/ha.

CNIA-INTA.

La altura de planta es de 157 cm, el tipo de panoja es semi-abierta, grano de color blanco, los días a floración son 68 días después de germinación, excursión y tamaño de panoja de 10 y 23 cm respectivamente, los días a la cosecha son 110 a 120 con un potencial genético 5 951.89 kg/ha.

### **CENTA-RCV**

Esta variedad es de origen Salvadoreño, en Nicaragua esta siendo empleada en trabajos investigativos para determinar el comportamiento y estabilidad de rendimiento. Los días a floración son a los 64 días después de la germinación, la altura que ha alcanzado es de 128 cm; El tipo de panoja es semi abierta con longitud de 24 cm, días a la cosecha son de 110 y el rendimiento es variado entre 2 219.6 a 2 708 kg/ha.

#### 4.2.3 Dimensión y descripción del experimento

El área experimental estuvo constituida por 23 m de largo y 64 m de ancho para un área total de 1 472 m<sup>2</sup>. El área de cada bloque fue de 5 m de largo y 64 m de ancho para un área de 320 m<sup>2</sup>.

La unidad experimental estuvo constituida por cinco surcos de 5 m de largo cada uno espaciados por 0.75 m. El área de la unidad experimental fue de 20 m<sup>2</sup>. La parcela útil ocupó los tres surcos centrales, el área de ésta fue de 12.5 m<sup>2</sup> (5m x 2.5m).

#### 4.2.4 Variables a evaluar

##### 4.2.4.1. Durante el crecimiento del cultivo:

###### Altura de plantas (cm)

Tomada en tres momentos desde la superficie del suelo hasta el último nudo formado, ésta se evaluó a los 36, 46 y 56 días después de siembra (dds).

###### Número de hojas

Se tomó como hojas las que presentaron el collar foliar visible, esta variable se evaluó en tres momentos, a los 36, 46 y 56 dds.

###### Diámetro de tallo

Su unidad de medida es en cm, se tomó a la parte media de la planta en tres momentos, a los 36, 46 y 56 dds..

##### 4.2.4.2. A la cosecha

###### Longitud de panoja

Su unidad de medida es en cm, ésta se determinó a partir de la primera ramilla de la panoja hasta su ápice.

###### Materia seca producida (kg/ha)

Al momento de la cosecha se tomaron 5 plantas al azar de la parcela útil; se registró el peso fresco, posteriormente se secaron a 65 °C por 72 horas y se registró el peso seco. Para expresarla en kilogramo de materia seca por hectárea, se consideró una población final de 180 000 plantas por hectárea.

###### Nitrógeno en biomasa (%)

De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se llevó una muestra homogenizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método semi-micro Kjeldhal

###### Nitrógeno en el grano (%)

Una muestra del sorgo cosechado por parcela útil fue enviada al laboratorio para la determinar la concentración de nitrógeno en el grano, el método utilizado fue el mismo con que se determinó el nitrógeno en la biomasa.

#### Rendimiento de grano

Su unidad de medida en kg/ha. Se colectó el grano proveniente de cada una de las unidades experimentales, las muestras se pesaron con un 14 % de humedad, los valores obtenidos se ajustaron a kg/ha.

#### Uso eficiente de nitrógeno

Este se determinó tomando en cuenta el incremento del rendimiento en kilogramos por hectárea respecto al testigo y el incremento de rendimiento en grano por cada kilogramo de nitrógeno aplicado.

### **4.3 Manejo agronómico del cultivo.**

Se inició la preparación del suelo en Julio del 2002, con una chapoda de forma manual y posteriormente tres pases de arado tradicional.

El 30 de Agosto se llevó a cabo el rayado del terreno realizado también con labranza mínima, efectuando ese mismo día la siembra.

#### Distancia de siembra utilizada:

La siembra se realizó de forma manual, a chorrillo, con distancias entre surco de 0.75 m, dejando aproximadamente nueve plantas por metro lineal, para obtener una densidad poblacional de 180 000 plantas por hectárea.

Se realizó una fertilización base al momento de siembra con fertilizante completo 12-30-10 aplicándolo al fondo del surco a excepción del testigo que no se le aplicó.

La aplicación de nitrógeno se realizó fraccionada, la primera aplicación se hizo a los 21 dds y la segunda a los 40 dds, utilizando el 50 por ciento en cada aplicación.

La limpia de malezas se efectuó a los 40 dds, ésta se hizo de forma manual; Así mismo durante este período se observó un ataque de cogoyero (*Spodoptera Sp.*) en todas las variedades. La variedad CENTA RCV sufrió un mayor ataque del barrenador del tallo (*Diatraea lineolata*), durante la etapa de crecimiento dos (30 a 60 dds), pero no fue significativo, por lo que no se realizó ningún control.

En la etapa de cosecha hubo incidencia de chinche pata de hoja (*Leptoglossus zonatus*), presentándose mayormente en las variedades: Tortillero precoz, CNIA-INTA y CENTA-RCV.

La cosecha se efectuó de forma manual, cosechando primero la variedad tortillero el nueve de Diciembre, las demás variedades (Pinolero 1, CNIA-INTA Y CENTA-RCV) se cosecharon hasta el día dieciocho del mismo mes.

#### **4.4 Análisis estadísticos**

Los datos provenientes de los factores de crecimiento de la planta de sorgo, los componentes de rendimiento como tal, fueron analizados por medio de análisis de varianza y pruebas de separación de medias por Tukey con un 95% de confianza.



## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Comportamiento de las variedades y efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas de sorgo.**

#### 5.1.1 Altura de planta.

La altura de las plantas de sorgo es un parámetro importante, ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis lo que a su vez son traslocados al grano durante el llenado del mismo. Además está fuertemente influenciado por las condiciones ambientales como: Temperatura, humedad, cantidad y calidad de luz. (Cuadra, 1988).

Según Monterrey (1997) la altura de la planta está relacionada con un nivel suficiente de nutrientes disponibles en el suelo. El nitrógeno es el elemento que mayor influencia tiene sobre el crecimiento vigoroso de la planta e influye sobre el proceso de división celular.

La evaluación de la altura de plantas fue realizada en tres momentos durante el desarrollo del cultivo; Esta muestra efecto altamente significativo para el factor A, encontrando diferencias estadísticas entre las variedades evaluadas, (Tabla 4).

A los 36 dds la mayor altura la alcanzó la variedad Pinolero con 24.79 cm con diferencia significativa. La menor altura la obtuvo la variedad CNIA-INTA con 21.25 cm.

A los 46 dds la variedad Pinolero 1 se mantuvo con la mayor altura de 44.12 cm y con menor altura para este muestreo la variedad Tortillero precoz con 32.63 cm.

Un último muestreo a los 56 dds indicó la mayor altura en la variedad Tortillero precoz con 79.66 cm. difiriendo estadísticamente con el resto de niveles y al

igual que a los 36 dds la variedad CNIA-INTA se comportó con la menor altura de 55.78 cm.

De acuerdo a las características agronómicas las variedades Pinolero 1, y CNIA-INTA poseen las mayores alturas en comparación con el Tortillero. Sin embargo en el ensayo la variedad Tortillero mostró la mayor altura a los 56 dds, a pesar de que obtuvo una de las menores alturas en los dos primeros muestreos. La evidencia experimental en esta variable sugiere que es importante no obviar la posible contribución del medio ambiente en dicha variedad para expresar 79.66 cm esto corresponde a más del 50% de su altura hereditaria para esta etapa

En cierta forma la altura resultante de una planta depende tanto de sus potencialidades hereditarias como de su medio ambiente, lo cual indica que la herencia determina lo que un organismo podrá ser, mientras que el ambiente determina lo que el organismo será.

Para el factor B (fertilización) se encontró efecto altamente significativo en los tres momentos evaluados y la prueba de separación de medias indicó tres categorías estadísticas en cada evaluación, (Tabla 4)

A los 36 dds la variable altura fue superior con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno que indujo una altura de 24.29 cm sin diferir de forma estadística de la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno.

El comportamiento de una altura superior a los 46 y 56 dds se presentó con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno que indujo a alturas de 41.67 y 75.28 cm respectivamente sin diferir estadísticamente de la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno.

Los resultados anteriores coinciden con lo descrito por Monterrey (1997) al decir que la altura está relacionada con un nivel suficiente de nutriente disponible en el suelo, en especial la del nitrógeno, debido a que es el elemento que mayor influencia ejerce sobre el crecimiento vegetal.

Lo anterior queda expresado por los datos en la Tabla 4 que en las tres fechas de muestreo el testigo presentó las menores alturas evidenciando efecto de la fertilización sobre la variable en estudio, puesto que la falta de nitrógeno limitó en cierta forma la expansión y división celular lo que indujo a obtener alturas menores.

Tabla .4 Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable altura de plantas.

Factor A: Variedades	36 dds	46 dds	56 dds
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	24.79 a	44.12 a	67.95 b
a <sub>4</sub> : CENTA RCV	23.09 ab	34.63 b	57.73 c
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	22.25 ab	32.63 b	79.66 a
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	21.25 b	33.89 b	55.78 c
ANDEVA	**	**	**
% CV	12.51	10.94	10.49
Factor B: Dosis de nitrógeno kg/ha			
b <sub>3</sub> : 83	24.29 a	41.67 a	75.28 a
b <sub>2</sub> : 53	23.70 a	35.91 b	64.17 b
b <sub>4</sub> : 112	22.61 ab	40.53 a	73.34 a
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	20.53 b	27.40 c	48.32 c
ANDEVA	**	**	**
% C.V	12.51	10.94	10.49

Al analizar el efecto de la interacción de los factores, (Tabla 5) la variable altura de planta no mostró efecto significativo a los 36 dds, este se detectó a los 46 y 56 dds indicando efecto altamente significativo y separando los tratamientos en cinco categorías estadísticas a los 46 dds y en nueve categorías estadísticas a los 56 dds.

Al observar la altura final a los 56 dds (Tabla 5) se puede apreciar que el tratamiento a<sub>2</sub> b<sub>3</sub> alcanzó la mayor altura con 96.77 cm con diferencia significativa sobre el resto de tratamientos y con la menor altura el tratamiento a<sub>4</sub> b<sub>1</sub> con 35.7 cm. Esta altura superior encontrada en el tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub> se debe a la respuesta positiva que tuvo la variedad Tortillero precoz a la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno que indujo a expresar la mayor altura de planta, puesto que el nitrógeno es de gran importancia para el crecimiento de plantas por participar en la síntesis proteica y esta a su vez en la división

celular. Basándose en el resultado del tratamiento  $a_4b_1$  que obtuvo la menor altura (variedad CENTA-RCV y sin aplicación de nitrógeno), se deduce que esta variedad fue la más afectada por la ausencia de nitrógeno esto supone que la disminución de este elemento, para esta variedad provocó en las plantas una disminución en el tamaño de las células y en especial en el ritmo de división celular, afectando de forma negativa el crecimiento de la planta.

Tabla 5. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable altura de plantas.

Tratamiento	36 dds	Tratamiento	46 dds	Tratamiento	56 dds
$a_1 b_3$	26.47 a	$a_1 b_3$	48.89 a	$a_2 b_3$	96.77 a
$a_1 b_2$	26.14 a	$a_1 b_4$	48.62 ab	$a_2 b_4$	89.72 ab
$a_4 b_3$	26.05 a	$a_4 b_3$	45.75 ab	$a_2 b_2$	83.33 abc
$a_1 b_4$	25.77 ab	$a_1 b_2$	45.25 ab	$a_1 b_4$	77.43 bcd
$a_4 b_2$	24.36 ab	$a_3 b_4$	38.39 bc	$a_4 b_3$	74.25 bcd
$a_4 b_4$	23.21 ab	$a_2 b_4$	37.66 c	$a_1 b_3$	73.27 bcd
$a_2 b_1$	23.16 ab	$a_4 b_4$	37.46 c	$a_4 b_4$	66.04 cde
$a_2 b_3$	22.55 ab	$a_2 b_3$	36.22 c	$a_1 b_2$	65.30 de
$a_2 b_2$	22.27 ab	$a_3 b_3$	35.80 c	$a_3 b_4$	60.16 de
$a_3 b_3$	22.08 ab	$a_1 b_1$	33.75 c	$a_3 b_3$	56.75 e
$a_3 b_2$	22.03 ab	$a_2 b_2$	32.31 cd	$a_1 b_1$	55.66 e
$a_2 b_4$	21.00 ab	$a_3 b_2$	32.31 cd	$a_4 b_2$	54.94 e
$a_1 b_1$	20.77 ab	$a_4 b_2$	30.80 cd	$a_3 b_1$	53.11 ef
$a_3 b_4$	20.46 ab	$a_3 b_1$	29.08 cd	$a_3 b_2$	53.11 ef
$a_3 b_1$	19.45 ab	$a_2 b_1$	24.36 d	$a_2 b_1$	48.83 ef
$a_4 b_1$	18.75 b	$a_4 b_1$	22.43 d	$a_4 b_1$	35.70 f
ANDEVA	NS	ANDEVA	**	ANDEVA	**
% C.V	12.51	% C.V	10.94	% C.V	10.49

### 5.1.2 Número de hojas.

Según Comptom (1990), el número de hojas varía de 7 a 24, según la variedad y longitud del período de crecimiento.

Las hojas son órganos primarios en el proceso de fotosíntesis, por lo que tienen una relación directamente proporcional con el crecimiento y rendimiento del cultivo. (Peña, 1989).

En la Tabla 6 se presentan los resultados de esta variable para el efecto principal de ambos factores. Según los datos obtenidos en el análisis de varianza, no se encontró efecto significativo en el factor A sobre el número de hojas a los 36 y 46 dds. En el tercer muestreo realizado a los 56 dds se detectó efecto altamente significativo sobre esta variable y la separación de medias indicó dos categorías estadísticas.

La tendencia de mayor número de hojas se encontró en la variedad CENTA con nueve hojas por planta y con menor número las variedades Pinolero 1, Tortillero precoz y CNIA-INTA al producir solamente ocho hojas por planta y sin diferencia estadística entre si.

El factor B (fertilización), presentó efecto altamente significativo sobre el número de hojas en los tres momentos del muestreo y la separación de medias indicó dos categorías estadísticas en los mismos tres momentos evaluados. Las hojas son los principales órganos de la fotosíntesis que junto con la absorción de nutrientes influyen en el crecimiento y el rendimiento del cultivo (Barahona y Gago, 1996).

A los 36 dds el número de hojas no presentó diferencia estadística con la aplicación de 53, 83 y 112 kg/ha los resultados indican seis hojas por planta en cada nivel de nitrógeno. El testigo presentó diferencia del resto con la producción de cinco hojas por planta. A los 46 dds la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno produjo siete hojas por planta. Con la aplicación de 53, 112 kg/ha y sin aplicación de nitrógeno se produjeron seis hojas por planta, sin presentar diferencias estadísticas entre sí. El último muestreo (56 dds) en la Tabla 6, se observa que no hubo diferencia en número de hojas con las tres aplicaciones de nitrógeno obteniendo ocho hojas por planta, diferenciándose únicamente el testigo que no recibió aplicación de nitrógeno.

**Tabla 6. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable número de hojas.**

Factor A: Variedades	36 dds	46 dds	56 dds
a <sub>4</sub> : CENTA	5 a	6 a	9 a
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	5 a	6 a	8 b
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	5 a	6 a	8 b
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	5 a	6 a	8 b
ANDEVA	NS	NS	**
% CV	8.45	9.59	7.04
Factor B: Dosis de nitrógeno kg/ha			
b <sub>4</sub> : 112	6 a	6 b	8 a
b <sub>3</sub> : 83	6 a	7 a	8 a
b <sub>2</sub> : 53	6 a	6 b	8 a
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	5 b	6 b	7 b
ANDEVA	**	**	**
% C.V	8.45	9.59	7.04

### 5.1.3 : Diámetro del tallo

Phoelman (1965), afirmó que el diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de altos rendimientos, pues el acame en el sorgo se produce como resultado del encorvado o la rotura de los tallos debido a su poco vigor. El acame propicia un medio favorable para el desarrollo de patógenos.

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

.

El diámetro varía desde 0.5 cm en ciertos derivados herbáceos, hasta 5 cm en ciertas variedades tropicales tardías. Aumenta en relación con la cantidad de nudos (de siete a veinticuatro), por lo cual se explica que las variedades tardías tengan tallos más gruesos que las precoces (Wall & Ross, 1975).

.

En el presente trabajo el diámetro fue evaluado en tres momentos durante el desarrollo del cultivo; Se muestran diferencias estadísticamente significativas, de los tratamientos sobre el diámetro del tallo.

Entre las variedades Tortillero precoz y CNIA-INTA, a los 36 dds mostraron tres categorías siendo la variedad tortillero la que menor diámetro presentó; A

los 46 y 56 dds, únicamente se describen dos categorías prevaleciendo la variedad CNIA-INTA con el mayor diámetro (1.72 cm).

En el factor B (fertilización), a los primeros 36 dds la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno mostró el mejor resultado y aunque aumentó el grosor en las siguientes evaluaciones, este no mantuvo el mayor diámetro respecto a las otras dosis. A los 46 y 56 dds los resultados más altos los mostró la dosis de 112 kg/ha de nitrógeno, obteniendo un diámetro promedio de 1.53 cm y el diámetro más bajo lo obtuvo cero fertilización con diámetro promedio de 1.23 cm.

Tabla 7. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable diámetro del tallo.

Factor A: Variedades	36 dds	46 dds	56 dds
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	1.40 a	1.62 a	1.72 a
a <sub>4</sub> :CENTA-RCV	1.21 b	1.46 a	1.60 a
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	1.05 c	1.26 b	1.37 b
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	0.95 c	1.16 b	1.30 b
ANDEVA	**	**	**
% C.V	11.83	14.33	15.58
Factor B: Dosis de nitrógeno kg/ha			
b <sub>4</sub> : 112	1.21 a	1.47 a	1.58 a
b <sub>3</sub> : 83	1.27 a	1.43 a	1.56 a
b <sub>2</sub> : 53	1.21 a	1.43 a	1.55 a
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	0.92 b	1.18 b	1.30 b
ANDEVA	**	**	**
% C.V	11.83	14.33	15.58

Al evaluar el efecto de las interacciones entre los factores (Tabla 8) se observa que la variable diámetro del tallo mostró efecto altamente significativo únicamente a los 36 dds, separando los tratamientos en doce categorías.

Al observar los resultados a los 36 dds se puede apreciar que el mayor diámetro fue obtenido por la variedad CNIA-INTA con la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno (a<sub>3</sub> b<sub>4</sub>) obteniendo 1.63 cm de diámetro, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos. Caso extremo lo obtuvo la variedad Pinolero 1 sin aplicación de fertilizantes, obteniendo únicamente 0.71 cm de diámetro.

El comportamiento de la variedad CNIA-INTA se mantuvo en todas sus evaluaciones, su mayor diámetro a los 36 dds se debe probablemente a que todavía se encontraba en el período que el cultivo requiere de más agua, por lo tanto la turgencia de sus células era evidente más el efecto del nitrógeno aplicado que era la mayor dosis de fertilización, sabiendo que es el nivel de fertilización que mejores resultados a presentado es esta variedad, lo que ha ayudado a mantener este estado; Esta tendencia se mantuvo en las siguientes evaluaciones.

Tabla 8. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable diámetro del tallo.

Tratamiento	36 dds
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	1.63 a
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	1.54 ab
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	1.48 ac
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	1.28 a..d
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	1.26 b.d
a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	1.26 b.d
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	1.24 b..e
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	1.24 b..e
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	1.14 c..f
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	1.13 c..f
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	1.10 d.f
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0.94 d.g
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0.9 e.g
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	0.87 fg
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0.81 fg
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.71 g
ANDEVA	**
% C.V	11.83

Con respecto a la variedad Pinolero 1 que obtuvo el menor diámetro se debió a la poca disponibilidad de nitrógeno que ésta obtuvo durante su ciclo, puesto que únicamente contó con el que se encontraba disponible en el suelo, lo que no permitió a las plantas de esta variedad incrementar su diámetro. En todas las evaluaciones el nivel b<sub>1</sub> fue el que obtuvo el menor diámetro.



## **5.2 Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno sobre los componentes de rendimiento..**

### **5.2.1 Longitud de panoja**

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

Según Compton (1990), la panoja es corta o larga, suelta y abierta, puede tener de 4 a 25 cm de largo, de 2 a 20 cm de ancho y llevar de 400 a 800 granos. La longitud y ancho de panoja es una característica que puede o no estar modificada por factores genéticos y ambientales, esta influye en el rendimiento del cultivo, pues el número de espiguillas determinará el número de granos y por ende su productividad.

Según el análisis estadístico realizado, el factor A (variedades), presentó alta significancia estadística, la separación de medias mostró dos categorías, la mayor longitud (la categoría "a") comprendió a la variedad Pinolero 1 con 23.75 cm y la menor longitud a la variedad CNIA-INTA con 19.44 cm siendo la categoría "b".

En el factor B (fertilización), según la separación de medias se dividieron en dos categorías, obteniéndose la categoría más alta con la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno permitiendo una longitud de 23.01 cm por panoja mostrándose un comportamiento descendente en las demás dosis de aplicación.

Tabla 9. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable longitud de panoja.

Factor A: Variedades	Longitud de panoja (cm)
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	23.75 a
a <sub>4</sub> : CENTA	23.75 a
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	22.73 a
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	19.44 b
ANDEVA	**
% C.V	6.77
Factor B: Dosis de nitrógeno kg/ha	
b <sub>4</sub> : 112	23.01 a
b <sub>2</sub> : 53	22.93 a
b <sub>3</sub> : 83	22.71 a
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	21.02 b
ANDEVA	**
% C.V	6.77

### 5.2.2 Materia seca (kg/ha)

El peso de materia seca se comporta inverso al peso de la semilla. Casi todas las variedades de sorgo aumentan de peso seco aproximadamente hasta los 34 a 38 días después de la antesis, que es el momento que se registra el máximo nivel de peso seco. La tasa máxima de acumulación de materia seca se registra entre los ocho y catorce días después de la antesis (Miller 1980, citado por Álvarez 1991).

En la Tabla 10 se observan los resultados del rendimiento de biomasa total para el factor A, mostrando efecto altamente significativo. La separación de medias indicó tres categorías estadísticas.

La mayor producción de biomasa la obtuvo la variedad Tortillero precoz con un rendimiento de 10 338 kg/ha difiriendo estadísticamente del resto. Las variedades CENTA- RCV y CNIA-INTA se comportaron con rendimientos en biomasa de 7 979.93 y 6 844.81 kg/ha respectivamente sin presentar diferencias estadísticas entre sí. El menor rendimiento de biomasa lo presentó la variedad Pinolero 1 con 5 151 kg/ha.

Cabe destacar que el mayor rendimiento de biomasa presente en la variedad Tortillero precoz se debió posiblemente a la ganancia en altura de planta experimentado por esta variedad, lo que concuerda con García (2001) al decir que la ganancia de altura de la planta está estrechamente ligada con la ganancia en peso de materia seca de la planta.

En relación al factor B, el análisis de varianza mostró efecto altamente significativo y la separación de medias indica tres categorías estadísticas.

El mayor rendimiento de biomasa se obtuvo con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno aplicado con un rendimiento de 9 370.75 kg/ha. con diferencia estadística del resto. La aplicaciones de 83 y 112 kg/ha de nitrógeno indujeron a obtener rendimientos de biomasa de 7 670 y 7 296.37 kg/ha respectivamente y sin diferencia estadística entre sí. En el testigo se observó el menor rendimiento de biomasa con 5 971.62 kg/ha.

Arzola et al., (1986) hacen referencia que al aumentar el suministro de nitrógeno, se conoce que aumenta la utilización de carbohidratos para formar más protoplasma a costa de posición de los mismos para engrosar la pared celular, por tanto aumenta la relación citoplasma/pared.

Como el protoplasma es en gran parte proteína y agua, eso hace grande y de paredes delgadas a las células (por la poca cantidad de carbohidratos que se acumulan como celulosa). Las plantas con exceso de nitrógeno, son por esas razones de alto contenido en agua y bajas en materia seca, es decir son suculentas.

Por tal razón se deduce que con la aplicación de 83 y 112 kg/ha se indujo a obtener menos materia seca que con la aplicación de 53 kg, debido a que a menor aplicación se induce a la planta a un mayor contenido de fibra, menor follaje y lógicamente menor contenido de agua, por lo tanto el rendimiento de materia seca se mostró superior con la aplicación de 53 kg/ha con relación a la dosis de aplicación de 83 y 112 kg/ha del nitrógeno aplicado.

Tabla 10. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable biomasa total.

Factor A: Variedades	Biomasa total (kg/ha)
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	10338 a
a <sub>4</sub> : CENTA – RCV	7979.93 b
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	6844.81 b
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	5151 c
ANDEVA	**
% C. V	16.96
Factor B: Dosis de nitrógeno (kg/ha)	
b <sub>2</sub> : 53	9370.75 a
b <sub>3</sub> : 83	7670.00 b
b <sub>4</sub> : 112	7296.37 b
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	5971.62 c
ANDEVA	**
% C.V	16.96

Al analizar la interacción de los factores en el análisis de varianza se comprobó que existe efecto altamente significativo. La separación de medias encontró diferencias reales para los tratamientos agrupándolos en seis categorías estadísticas (Tabla 11).

En la interacción se muestra que los mayores rendimientos en biomasa fueron a<sub>4</sub> b<sub>2</sub> y a<sub>2</sub>b<sub>4</sub> con 12 133 y 11 868 kg/ha respectivamente y sin presentar diferencias estadísticas entre sí. El tratamiento que produjo el menor rendimiento fue a<sub>4</sub> b<sub>1</sub> con un total de biomasa de 4 263 kg/ha.

En los resultados de la Tabla 11, también se observa que al interactuar variedades versus aplicación de nitrógeno se obtuvieron los mayores rendimientos de biomasa con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno, lo que indica que hubo en las plantas menor contenido de agua y follaje, pero sí un mayor contenido de fibra al aplicar los 53 kg/ha de nitrógeno. Ramos & Vargas (1990), plantean que al incrementar la cantidad de nitrógeno por hectárea provoca un aumento de follaje de las plantas y se incrementa el contenido de agua en las mismas, afectando el contenido de fibras de estas (suculentas). Lo antes descrito justifica los bajos rendimientos de las variedades con las dosis de aplicación de 83 y 112 kg/ha de nitrógeno.

Tabla 11. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable biomasa total.

Tratamiento	Biomasa total (kg/ha)
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	12 133 a
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	11 868 a
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	11 076 ab
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	11 064 ab
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	8 423 bc
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	8 118 bc
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	7 947 bcd
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	7 344 cde
a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	7 080 cde
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	6 156 cde
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	5 805 cde
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	5 509 cde
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	5 388 cde
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	4 728 de
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	4 332 e
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	4 263 e
ANDEVA	**
% C.V	16.96

### 5.2.3 Rendimiento de grano

El rendimiento del grano es el producto del número de granos por unidad de área de terreno y el peso por grano; El número de granos está relacionado con el rendimiento final del grano y éste es influenciado por el número de inflorescencias, de espiguillas por inflorescencia, florecillas por espiguillas y por la proporción de florecillas que llegan a producir el grano. El desarrollo de la panoja, desde su iniciación hasta la antesis (EC2), es muy importante en la determinación del rendimiento final, ya que el límite más alto al número de granos se establece durante este período (Evans & Wardlaw, 1976; citado por Compton, 1990).

Se evidenció efecto altamente significativo de los niveles del factor A, sobre el rendimiento de grano, separando a las variedades en cuatro categorías estadísticas bien definidas; siendo la variedad CNIA-INTA con el mayor rendimiento de 2 721.67 kg/ha y el rendimiento más bajo fue obtenido por la variedad CENTA-RCV con 1 514.51 kg/ha.

En el factor B (fertilización) también se muestran cuatro categorías estadísticas, según la separación de medias la mejor fertilización es con el nivel  $b_4$  (112 kg/ha de nitrógeno) proporcionando rendimientos de 2 563.71 kg/ha y los menores rendimientos se obtuvieron con el nivel cero fertilización con 1 544.37 kg/ha.

Tabla 12. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de grano.

Factor A: Variedades	Rendimiento de grano kg/ha	
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	2721.67	a
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	2291.77	b
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	1963.23	c
a <sub>4</sub> : CENTA	1514.51	d
ANDEVA	**	
% C.V	7.06	
Factor B: Dosis de nitrógeno (kg/ha)		
b <sub>4</sub> : 112	2563.71	a
b <sub>3</sub> : 83	2360.72	b
b <sub>2</sub> : 53	2022.38	c
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	1544.37	d
ANDEVA	**	
% C.V	7.06	

En la Tabla de interacciones de los factores, el rendimiento permite agrupar las variables en catorce categorías diferentes entre si.

La Tabla 13 muestra que el mayor rendimiento lo obtuvo la variedad CNIA-INTA con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno para un rendimiento de 3 327.60 kg/ha lo que deja reconocer una vez más que la variedad CNIA-INTA obtuvo los mejores resultados en el ensayo, difiriendo estadísticamente del resto. En la segunda categoría “ab” encontramos nuevamente la variedad CNIA-INTA pero con la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno, reflejando que en rendimiento el nivel óptimo de fertilización es de 83 kg/ha de nitrógeno para esta variedad.

Los menores rendimientos fueron obtenidos por la variedad CENTA-RCV; siendo la penúltima categoría “j” con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno para un rendimiento de 1 469.4 kg/ha y la menor categoría es “k” sin

fertilización ( $b_1$ ) para un rendimiento de 901.15 kg/ha. Este bajo rendimiento es debido a que la planta únicamente contó con el nitrógeno disponible en el suelo, lo que cumple con lo mencionado por Hunter, 1977. La ingesta de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta y para su rendimiento final. En general la fertilidad natural del suelo no es suficiente para mantener la producción máxima del cultivo.

Los resultados obtenidos muestran claramente que existió una respuesta positiva por las variedades a las aplicaciones de nitrógeno con rendimientos superiores con respecto al testigo. Cabe señalar que el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno. Resulta evidente que se cumplió la ley de fertilización de aumentos decrecientes que establece “Al aportar al suelo dosis crecientes de un elemento fertilizante a aumentos iguales corresponden aumentos cada vez menores de rendimiento a medida que la cosecha se acerca a su máximo”. Esta ley completa la ley mínima, pues aunque haya un factor que esté limitante, al restituirlo se pueden lograr aumentos que llegan hasta un punto en que los aumentos en el rendimiento no son proporcionales a las aplicaciones de fertilizantes (García, 2001).

Según la FAO (2000) el nutriente cuya deficiencia está más generalizada para numerosos cultivos es el nitrógeno, pero si otros nutrientes no están presentes en cantidades adecuadas, los efectos del nutriente nitrógeno se reducirán y por consiguiente disminuye el rendimiento.

Uno de los factores que podría afectar la absorción de nitrógeno, es la alta presencia de magnesio en el suelo. Aunque su efecto sobre el nitrógeno es indirecto, ya su efecto directo es sobre el potasio, este último es sinérgico con el nitrógeno, y al ser afectado, también se afecta al nitrógeno.

El análisis de suelo donde se estableció el ensayo mostró que la relación Mg/K se clasifica como balance, lo que indica que no existe riesgo de bloqueo del K, por lo tanto tampoco se afectaría la absorción de nitrógeno por el cultivo.

Tabla 13. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable

rendimiento de grano.

Tratamiento	Rendimiento
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	3 327.60 a
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	3 083.14 ab
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	2 886.55 bc
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	2 544.39 cd
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	2 370.53 de
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2 272.75 df
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	2 206.8 df
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	2 135. efg
a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	2 078.35 e..h
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	1 931.54 f..i
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	1 803 g..j
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1 707.55 hij
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1 637.27 ij
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	1 609.15 ij
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	1 469.4 j
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	901.15 k
ANDEVA	**
% C.V	7.06

#### 5.2.4 Nitrógeno en biomasa (%).

Fuentes (1994), plantea que en menor proporción con relación al contenido total, también se encuentra en las plantas formas inorgánicas de nitrógeno (compuestos amónicos, nitratos y nitritos), aumentando esta proporción cuando se presentan anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas.

En el factor A (variedades), se encontró que existe alta significancia estadística. La separación de medias indicó cuatro categorías estadísticas (Tabla 14).

Los resultados obtenidos muestran claramente que en la variedad Tortillero precoz se encuentra la mayor cantidad de nitrógeno en biomasa con 0.55% seguido por la variedad CNIA-INTA con 0.51% de nitrógeno presente en la biomasa. El 0.48% de nitrógeno se presenta en la variedad Pinolero y el menor porcentaje para la variedad CENTA-RCV con un contenido de nitrógeno en biomasa de 0.40%.



En la misma tabla, se observa que el factor B (fertilización) mostró efecto altamente significativo sobre el porcentaje de nitrógeno en biomasa. La separación de medias indicó tres categorías estadísticas.

Tabla 14. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en biomasa.

Factor A: Variedades	%	kg/ha
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	0.55 a	54.38 a
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	0.51 ab	38.31 b
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	0.48 b	27.23 c
a <sub>4</sub> : CENTA-RCV	0.40 c	35.48 b
ANDEVA	**	**
% C.V	13.65	13.18
Factor B: Dosis de nitrógeno (kg/ha)		
b <sub>3</sub> : 83	0.56 a	41.34 b
b <sub>2</sub> : 53	0.49 b	49.16 a
b <sub>4</sub> : 112	0.48 b	35.59 c
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	0.41 c	29.33 d
ANDEVA	**	**
% C.V	13.65	13.18

La dosis de aplicación que indujo a obtener el mayor contenido de nitrógeno en biomasa se logró con 83 kg/ha de nitrógeno para una cantidad de 0.55% difiriendo estadísticamente del resto. Las aplicaciones de 53 y 112 kg/ha de nitrógeno indujeron a obtener 0.49 y 0.48 % de nitrógeno respectivamente sin presentar diferencias estadísticas entre las mismas. El testigo (sin fertilización) obtuvo el menor contenido de nitrógeno en la biomasa con 0.41%.

La Tabla 15, muestra las interacciones de los factores para el contenido de nitrógeno en biomasa, los tratamientos mostraron efecto altamente significativo sobre esta variable. La separación de medias indicó que los tratamientos se agruparon en ocho categorías estadísticas. El mayor contenido de nitrógeno en biomasa se mostró en el tratamiento a<sub>2</sub> b<sub>2</sub> con 0.66% indicando que en la variedad Tortillero precoz se obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno. El menor contenido de nitrógeno lo obtuvo el tratamiento a<sub>4</sub> b<sub>1</sub> correspondiente a la variedad CENTA-RCV pero sin la aplicación de nitrógeno.

Tabla 15. Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable

nitrógeno en biomasa.

Tratamiento	%	Tratamiento	kg/ha
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0.66 a	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	77.81 a
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0.58 ab	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	54.39 b
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0.57 abc	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	52.70 b
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	0.56 abc	a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	47.28 bc
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0.55 abc	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	46.27 bcd
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0.54 abc	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	45.63 bcd
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	0.53 abc	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	43.10 bcde
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0.52 abc	a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	36.25 cdef
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.47 bcd	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	33.50 def
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.45 bcd	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	31.9 efg
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0.44 bcde	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	29.4 fg
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0.43 bcde	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	28.60 fg
a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	0.42 cde	a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	27.85 fgh
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	0.42 cde	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	27.8 fgh
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0.36 de	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	19.85 gh
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0.29 e	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	15.3 h
ANDEVA	**		**
% C.V	13.65		13.18

#### 5.2.5 Acumulación de nitrógeno por la biomasa (kg/ha)

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

Al evaluar la variable nitrógeno en biomasa (kg/ha), observamos que hubo efecto altamente significativo, clasificando las variedades en tres categorías.

Al observar la Tabla 15 de factores en cantidad de nitrógeno extraído por la biomasa, expresado en kilogramos por hectárea, se observa que la variedad Tortillero precoz es la que extrajo la mayor cantidad diferenciándose estadísticamente del resto con 54.38 kg/ha el menor contenido de nitrógeno extraído por la biomasa lo presentó la variedad Pinolero 1 con 27.23 kg/ha diferenciándose estadísticamente de las demás.

En el factor B (fertilización) según la separación de medias se muestran cuatro categorías obteniéndose los mejores resultados con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno para la obtención de 49.14 kg/ha de nitrógeno en biomasa diferenciándose estadísticamente del resto, de manera decreciente se puede observar con menor categoría el nivel  $b_1$  (sin fertilización) que acumuló 29.33 kg/ha de biomasa.

El nitrógeno por su presencia en la clorofila influye en la asimilación de los hidratos de carbono; No obstante un excesivo contenido de nitrógeno en la planta puede reducir la acumulación de hidratos de carbono en la célula, con lo que la pared celular puede verse afectada y en consecuencia obtener plantas más débiles.

La absorción de nutrientes se anticipa considerablemente sobre la producción de materia vegetal, así cuando la planta sólo ha alcanzado un 30% de desarrollo, ya ha absorbido el 55% de nitrógeno corresponde al período de aparición de panojas (Domínguez, 1997).

Según la Tabla 15 de interacciones los tratamientos pueden agruparse en doce categorías, resultando con mayor cantidad de nitrógeno extraído el tratamiento  $a_2b_2$  (correspondiente a la variedad Tortillero precoz con la aplicación nitrogenada de 53 kg/ha) obteniendo 77.81 kg/ha de nitrógeno diferenciándose estadísticamente del resto. Esto corresponde a la Tabla de factores variedad-fertilización en donde ambos niveles presentaron los mejores resultados.

Siguiendo el orden descendente, se mantiene  $a_2$  con la acumulación más alta de nitrógeno en biomasa (kg/ha); Sin embargo el segundo mejor resultado lo obtuvo con el tratamiento  $b_4$  pero con 30.09 % menos rendimiento que el tratamiento  $a_2 b_2$ . La menor categoría fue para la combinación  $a_4 b_1$  (variedad Pinolero 1 sin aplicación de fertilizante) con la obtención de 15.3 kg/ha de nitrógeno en biomasa.

Lo anterior cumple lo dicho por Fuentes (1994) quien menciona que el nitrógeno es esencial para tantos 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 raquítica, la planta adquiere poco desarrollo y las hojas son pequeñas, la deficiencia de nitrógeno da lugar a una maduración acelerada con frutos pequeños y poca calidad de follaje, lo que se traduce en rendimiento escaso.

#### 5.2.6 Nitrógeno en granos (%)

Según Compton (1990), se ha encontrado que el llenado de granos de sorgo esta asociado con grandes reducciones en los contenidos de nitrógeno y fósforo de las hojas y los tallos especialmente bajo condiciones de secano. Las plantas sujetas a las deficiencias de nitrógeno en los primeros 30 días después de la siembra se producen pequeñas panículas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecillas.

Al observar la Tabla de factores variedad y fertilización la variedad Tortillero precoz obtuvo el mayor porcentaje de nitrógeno con 1.6% diferenciándose estadísticamente del resto y el menor porcentaje lo obtuvo la variedad CNIA-INTA, con 1.3%.

En el factor B (fertilización), los resultados obtenidos son según los aplicados, en donde la mayor dosis de fertilizantes proporcionó 1.57% de nitrógeno para el cultivo, diferenciándose estadísticamente de los demás. En orden descendente se encontró con menor aporte el nivel  $b_1$  (sin aplicación de fertilizante) proporcionando 1.26% de nitrógeno, diferenciándose estadísticamente del resto.

Tabla 16. Comportamiento de las variedades y dosis de nitrógeno en la variable nitrógeno en el grano.

Factor A: Variedades	%	kg/ha
a <sub>2</sub> : Tortillero precoz	1.60 a	31.75 b
a <sub>4</sub> : CENTA-RCV	1.47 b	22.63 c
a <sub>1</sub> : Pinolero 1	1.37 bc	32.35 b
a <sub>3</sub> : CNIA-INTA	1.30 c	35.83 a
ANDEVA	**	**
% C. V	9.05	11.17
Factor B: Dosis de nitrógeno (kg/ha)		
b <sub>4</sub> : 112	1.57 a	39.71 a
b <sub>3</sub> : 83	1.49 ab	34.46 b
b <sub>2</sub> : 53	1.44 b	29.09 c
b <sub>1</sub> : Sin fertilizar	1.26 c	19.29 d
ANDEVA	**	**
% C.V	9.05	11.17

### 3.1.10 Acumulación de nitrógeno en el grano (kg/ha)

En el factor A (variedad), los resultados obtenidos del análisis de varianza indican efecto altamente significativo para el contenido de nitrógeno en el grano, la separación de medias mostró tres categorías estadísticas.

El mayor contenido de nitrógeno en el grano lo mostró la variedad CNIA-INTA con 35.83 kg/ha, diferenciándose estadísticamente del resto de las variedades. Las variedades Pinolero 1 y Tortillero precoz con 32.35 y 31.75 kg/ha respectivamente, sin diferir estadísticamente entre sí y con un menor contenido de nitrógeno en grano lo mostró la variedad CENTA-RCV con 22.63 kg/ha.

Para el factor B (fertilización) los resultados muestran en el análisis de varianza efecto altamente significativo. La separación de medias indicó cuatro categorías estadísticas bien definidas entre sí.

La aplicación de nitrógeno que indujo a que se diera una mayor traslocación del mismo en el grano, se produjo al aplicar 112 kg/ha de nitrógeno con 39.71 kg/ha. La aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno indujo a un contenido de 34.46 y

la de 53 kg/ha indujo a un contenido de nitrógeno en grano de 29.09 kg/ha. El testigo mostró un contenido inferior al resto con 19.29 kg/ha de nitrógeno presente en el grano.

En la Tabla 17 se muestra la interacción de los factores en estudio, el análisis de varianza mostró efecto altamente significativo y la separación de medias indicó trece categorías estadísticas.

El mayor contenido de nitrógeno en grano se presentó en el tratamiento  $a_3 b_3$  y  $a_3 b_4$  con 44.03 y 43.98 kg/ha respectivamente, sin diferir estadísticamente entre sí. El menor contenido se mostró en el tratamiento  $a_4 b_1$  con 11.82 kg/ha.

Al analizar los resultados descritos en la Tabla 17, se deduce que la variedad CNIA-INTA incrementó su concentración en el grano (kg/ha) con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno, contrario a esto las variedades Pinolero 1, Tortillero precoz y CENTA-RCV, mostraron su mayor concentración con la aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno a como se indicó en la Tabla 16, que con esta dosis de aplicación se inducía la mayor concentración, sin embargo la eficiencia en la utilización de nitrógeno en las variedades no se mide con 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 éstas experimentan en su interior.

Tabla 17 Interacción entre los factores variedad y dosis de nitrógeno en la variable

nitrógeno en grano.

Tratamiento	Nitrógeno en grano kg/ha
$a_3 b_3$	44.03 a
$a_3 b_4$	43.98 a
$a_1 b_4$	43.23 ab
$a_2 b_4$	38.08 abc
$a_2 b_3$	34.98 bc
$a_1 b_3$	34.53 bc
$a_4 b_4$	33.60 c
$a_3 b_2$	33.42 cd
$a_1 b_2$	32.87 cde
$a_2 b_2$	29.27 cdef
$a_2 b_1$	24.68 defg
$a_4 b_3$	24.33 efg

a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	21.93 fg
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	20.80 fg
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	18.77 g
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	11.82 h
ANDEVA	**
% C-V	11.17

### 5.2.8 Concentración de nitrógeno en panoja

Según el INTA (1995), la disponibilidad del nitrógeno es esencial para la formación de panoja debido a que este elemento induce a obtener una buena estructura de la misma.

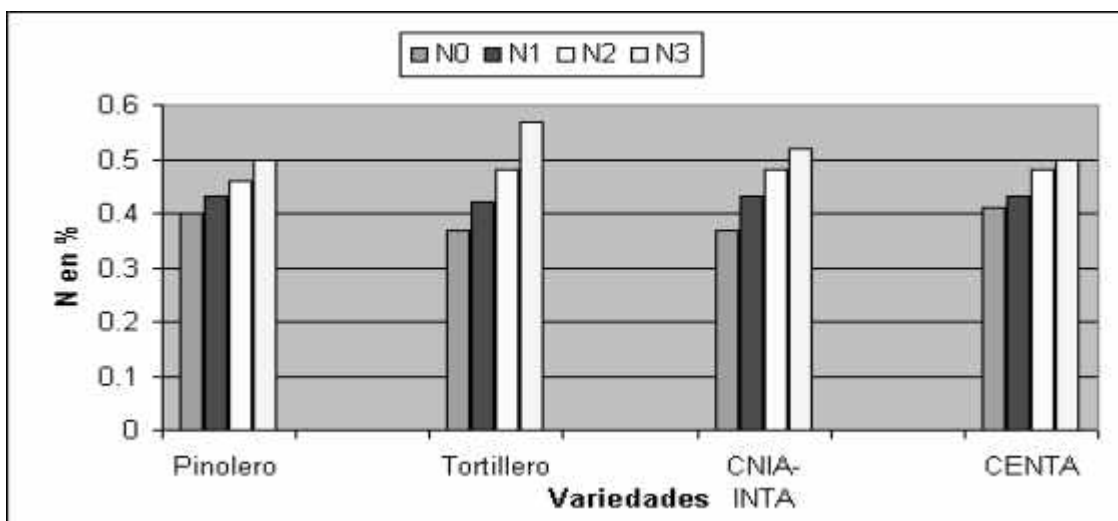
La Figura 2 muestra a las variedades con las distintas dosis de aplicación de nitrógeno, en donde la mayor concentración de éste en panoja se logra con 112 kg/ha de nitrógeno aplicado. Sin embargo, cabe destacar que la mayor concentración se presenta en la variedad Tortillero precoz seguido por CNIA-INTA y mostrando las menores concentraciones con esta dosis Pinolero 1 y CENTA-RCV.

Entre las variedades la dosis de aplicación de 53 y 83 kg/ha de nitrógeno presentaron un comportamiento similar en la concentración de nitrógeno en panoja, sin embargo la variedad Tortillero precoz obtuvo 2.32% menos que las otras con la dosis de 53 kg/ha . Pinolero 1 presentó 4.2% menos que las demás con respecto a la dosis de aplicación de 83kg/ha de nitrógeno. Resulta evidente que hubo una disminución en Tortillero precoz y Pinolero 1, pero esto resultó no ser significativo entre las variedades.

Como era de esperarse el testigo presentó las menores concentraciones de nitrógeno en la panoja con respecto a las tres dosis de aplicación, se muestra que sin aplicación alguna la mayor concentración está en Pinolero 1 y CENTA-RCV produciendo un incremento de 10.81% para ambas con relación a Tortillero precoz y CNIA-INTA.

Figura 2. Concentración de nitrógeno en panoja por variedad y nivel de aplicación del

nitrógeno.



### 5.2.9 Uso eficiente de nitrógeno

Según Younquist et al; (1992), el uso eficiente de nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que lo describe es, 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.

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 por las cuatro variedades estudiadas, muestran que hay respuesta positiva de éstas al incrementar su rendimiento con respecto al testigo, se observa, que el incremento del rendimiento de las variedades CNIA-INTA y Pinolero 1 obtuvieron la mayor respuesta con las tres dosis de aplicación pero observamos que el mayor incremento del rendimiento respecto al testigo expresado en porcentaje fue superior en CENTA-RCV con la dosis de aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno aplicado, esto se reflejó porque el CENTA-RCV obtuvo el menor rendimiento de grano cuando no se aplicó nitrógeno al suelo.

Al realizar las evaluaciones de rendimiento de granos por kilogramo de nitrógeno aplicado logramos obtener los siguientes resultados: En CENTA-RCV y Pinolero 1, los



rendimientos disminuyen hasta un 80% cuando se aplican de 53 a 83 kg/ha de nitrógeno, sin embargo cuando se aplican de 83 a 112 kg./ha de nitrógeno el rendimiento se incrementa de 123 a 126% respectivamente.

Las variedades CNIA-INTA y Tortillero muestran un aumento de rendimiento con la dosis de 53 a 83 kg/ha de nitrógeno con un 145 a 286% respectivamente, pero este disminuye cuando se aplica de 83 a 112 kg/ha de nitrógeno, siendo significativa la baja del incremento del rendimiento.

Las variedades que mejor uso hacen del nitrógeno aplicado son CNIA-INTA y Pinolero 1 al mantener los mayores rendimientos por kilogramo de nitrógeno aplicado. En la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos del uso eficiente de nitrógeno por las variedades con relación al incremento de rendimiento por kilogramo de nitrógeno.

Tabla 18. Uso del nitrógeno por las variedades con relación al incremento del rendimiento

por kilogramo de nitrógeno aplicado.

Variedad \ Dosis	Rendimiento obtenido (kg/ha)				Incremento del rendimiento con respecto al testigo (%)			Incremento del Rdto por kilogramo de nitrógeno aplicado (kg/ha)		
	testigo	53	83	112	53	83	112	53	83	112
CNIA-INTA	1931.5	2544.4	3327.6	3083	24.08	41.95	37.35	11.56	16.8	10.26
Pinolero 1	1637.27	2272.8	2370.5	2886	27.96	30.91	43.28	11	8.8	11.15
Tortillero	1707.6	1803	2135.6	2206	5.29	20.04	22.63	1.8	5.15	4.5
CENTA-RCV	901.15	1469.4	1609.2	2708	38.68	43.99	43.47	10.72	8.5	10.5

## **VI. CONCLUSIONES**













- La mayor altura fue obtenida por la variedad Tortillero precoz con la aplicación de 83 Kg./ha de Nitrógeno.
- El número de hojas no mostró diferencia con las tres dosis de aplicación diferenciándose únicamente el testigo.
- El mayor diámetro se obtuvo en la variedad CNIA-INTA con la dosis de 112 Kg./ha de Nitrógeno.
- La mayor producción de biomasa fue obtenida por la variedad CENTA–RCV con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno para una producción de 12 133 Kg./ha.
- El mayor rendimiento fue obtenido por la variedad CNIA-INTA con la aplicación de 83 kg/ha de nitrógeno.
- El mayor porcentaje de nitrógeno en biomasa se presentó en la variedad Tortillero precoz con la aplicación de 53 kg/ha de nitrógeno.
- La variedad que más nitrógeno acumuló en su biomasa fue Tortillero precoz, extrayendo un total de 77.81 kg/ha incluyendo los 53 kg. de nitrógeno aplicado.














- El mayor contenido de nitrógeno en el grano lo presentó la variedad Tortillero precoz, siendo el nivel b<sub>4</sub> (112 Kg./ha ) el que indujo al mayor porcentaje de concentración en el grano.
- La variedad que mayor contenido de nitrógeno traslocó al grano fue CNIA-INTA.
- Las variedades que mejor uso hacen del nitrógeno son CNIA-INTA y Pinolero 1.









## **VII RECOMENDACIONES**

1. Aplicación de 112 kg/ha de nitrógeno para la fertilización en la variedad CNIA-INTA en suelos con fertilidad alta.
2. No aplicar más de 83 Kg./ha de Nitrógeno para la fertilización en la variedad CNIA-INTA en suelos con fertilidad alta .
3. Utilizar la variedad CENTA-RCV con propósito forrajero, por su alto rendimiento en biomasa, con la menor aplicación de nitrógeno (53 Kg/ha.)
4. Realizar más investigaciones sobre mejoramiento genético de la variedad CENTA-RCV para su posible adaptación al clima de Nicaragua y aumentar sus niveles de rendimiento en el grano.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

-  Arzola. N; Fundora. H.O; Machado. J. 1986. Suelo, planta y abonado. Editorial Pueblo y educación. La Habana. Cuba. pp. 124.
-  Álvarez, M.A.1991. Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento de sorgo, Tesis. UNA, Managua, Nicaragua. Pág. 17.
-  Barahona O, W.; Gago H, F. 1996. Evaluación de diferentes prácticas culturales en Soya (*Glicine max L. Merr*) y Ajonjolí (*Sesamun indicum L.*) y su efecto sobre la cenosis de las malezas. Tesis Ing. Agr. FAGRO – EPV / UNA. Managua (Nic.). 60p.
-  BNN. 1973. Producción de sorgo granífero en Nicaragua. Managua, Nicaragua. Pág.14.
-  Córdoba, L. 1995. Cultivo de sorgo. Texto básico UNA. Managua, Nicaragua, pág. 37.
-  Comptom, L.P. 1990. Agronomía del sorgo. México. 308 pág.
-  Cuadra. R.M. 1988. Efecto de diferentes niveles de Nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz, (*Zea mays*) variedad NB-6. Instituto superior de ciencias agropecuarias. Managua, Nicaragua. Pág. 24.
-  Demolón. P. 1975. La investigación en sistemas de protección con sorgo en Honduras. Aspectos agronómicos. INTSAR, México. 270 pág.
-  Delgado, M; Hernández, G. 1977. Cultivo del sorgo. Informe anual. Programa de ciencia y tecnología. INTA. Managua, Nicaragua. Pág. 7-9.
-  Domínguez. A. 1997. Tratado de fertilización. Editorial, Mundi-prensa. Tercera edición Madrid, España. Pp.44..
-  FAO. 2000. Estrategias en materia de fertilizantes. Primera publicación por la FAO, Roma, 1987. Versión revisada. Publicada por FAO y la IFA. Roma, Italia. Pág. 106.
-  Fuentes. J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España. págs.327.

-  García. L; 2001. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Texto básico. UNA. Managua, Nicaragua.. pág.182.
-  Guerrero. A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Editorial Mundi-prensa libros s.a. Madrid, España. pp. 46 y 60
-  Hernández, L. 1998. Curso de granos básicos para examen de grado. UNA, Nicaragua.
-  Hunter.A. H. 1977. Curso de fertilidad de suelos.
-  Holdridge., L.R. 1987. ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA, San José Costa Rica. Pág. 13-28
-  INETER. 2002. Boletín climático mensual. Managua, Nic. Pág. 16.
-  INTA. 1995. Guía tecnológica 5. Cultivo del sorgo. Managua, Nicaragua. 7pp
-  INTA. 1999. Guía tecnológica número cinco. Cultivo del sorgo. Managua, Nicaragua.
-  León, L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Costa Rica.
-  Miller. F. D. & Barnes. H. J. 1980. Crecimiento y desarrollo de sorgo en producción y protección vegetal. Introducción al Control Integrado de Plagas de sorgo. Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.
-  Monterrey. C. A. 1997. Dosis y momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados. Efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis, UNA, Managua, Nicaragua. 43 pág.
-  Pedroza; H. 1993. Fundamentos de experimentación agrícola. Editorial de arte S. A. Managua, Nic.
-  Peña; S. E. 1989. Influencia de rotación de cultivos y control de malezas sobre cenosis de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Tesis. UNA. Managua, Nic. 40 Págs.

-  Pineda; L.L. 1997. La producción de sorgo uranífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo técnico. INTA-CNIA. Managua, Nic. Pág. 55.
-  Poehlman, J.K. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México. Pág. 453.
-  Ramos. W,G.; Vargas. R.L 1990. Efectos del nivel de fertilización Nitrogenada y la edad de corte en el rendimiento y calidad del sorgo forrajero (*Sorghum vulgare Pers.*) Trabajo de diploma. UNA. Managua Nicaragua, p.41.
-  Somarriba. C. 1998. Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria. UNA, Managua, Nicaragua
-  Vega; Z. G. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de sorgo. México. Pág. 5.
-  Wall. J. S; Ross. W. M. 1975. Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Págs. 3-8.
-  Wild. A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madriz, España. Pág. 26.
-  Younquist, J.B; Bramel, Cox. P. Maranville, J.W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting Nitrogen- Use eficient genotypes in sorghum.Crop science 32 (6). Pp. 1310-1313.