

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA



**USO EFICIENTE DEL NITRÓGENO POR CUATRO
VARIEDADES DE SORGO GRANÍFERO (*Sorghum
bicolor L. Moench*) EN LA ZONA DE TISMA**

Autores:

**Vicente Antonio Reyes González.
Augusto César Romero Vargas.**

Asesor:

Ing. Msc. Leonardo García Centeno.

Managua Nicaragua, 2003.

ÍNDICE GENERAL.

Sección.	Páginas.
Dedicatoria.	i
Agradecimientos.	ii
Dedicatoria.	iii
Agradecimientos.	iv
Índice de Tablas.	v
Índice de Figuras.	vii
Índice de Anexos.	viii
Resumen.	ix
I. Introducción.	1
II. Objetivos.	4
2.1. Objetivo General.	4
2.2. Objetivos Específicos.	4
III. Materiales y Métodos.	5
3.1. Descripción del Lugar.	5
3.1.1. Ubicación.	5
3.1.2. Clima.	5
3.1.3. Suelo.	6
3.2. Metodología Experimental.	6
3.2.1. Descripción del Diseño Experimental.	6
3.2.2. Descripción de los Tratamientos.	7
3.2.3. Variables Evaluadas.	7
3.2.4. Procesamientos de Datos.	9
3.3. Manejo Agronómico.	9

IV.	Resultados y Discusión.	11
	4.1. Influencia de los Niveles de Nitrógeno Sobre el Crecimiento y Desarrollo del Cultivo.	11
	4.1.1. Altura de la Planta.	11
	4.1.2. Número de hojas.	12
	4.2. Influencia de los Niveles de Nitrógeno Sobre el Rendimiento y sus Componentes.	15
	4.2.1. Longitud de Panoja.	15
	4.2.2. Peso de Panoja.	16
	4.2.3. Materia Seca Producida.	17
	4.2.4. Nitrógeno en Biomasa.	18
	4.2.5. Nitrógeno en Grano.	21
	4.2.6. Rendimiento de Grano.	23
	4.2.7. Uso Eficiente del Nitrógeno.	26
V.	Conclusiones.	29
VI.	Recomendaciones.	30
VII.	Bibliografía.	31
VIII.	Anexos.	34

DEDICATORIA.

Con mucho cariño quiero dedicar el presente trabajo de investigación a tres mujeres que siempre han estado dentro de mis pensamientos y sé que también han estado pendientes de mi persona.

Ellas son:

A mi abuelita; **María Benita González** (q. e. p. d.)

Se que donde te encuentres y si es permitido, estas muy orgullosa de mi.

A mi madre; **Miriam Isabel González.**

Aunque no puedas leer esta dedicatoria, quiero que sepas que es para ti.

A mi prima; **María I. Domínguez González.**

Quién más que una prima se ha comportado como una segunda madre.

A **Ellas**, que me enseñaron a superarme en el lugar que me encuentre y han sido motivo para cobrar esfuerzos e invertirlos en la carrera de mi vida que enhorabuena escalaré un nuevo peldaño.

Vicente A. Reyes González.

AGRADECIMIENTOS.

Estudiar. Siempre ha sido un sueño para mí; mas llegar a la Universidad con mi condición económica era un sueño que casi ni me atrevía a soñar. Y hoy, cuando estoy a punto de coronar mi carrera como Ingeniero Agrónomo; quiero dar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra forma me colaboraron.

A la pareja de amigos españoles; **Menchina López Gay** y **Antonio Lorente Ramos**.
Quienes voluntarios y desinteresadamente en su momento me apoyaron económicamente para ingresar a la universidad y coronar mi carrera.

Al Ing. Leonardo García Centeno.

Por brindarme su apoyo con el tema de investigación y la asesoría del mismo.

Al programa **INTSORMIL** por su colaboración con esta Universidad y por financiar este trabajo.

A los **profesores** que me enseñaron sobre agronomía y mucho más junto con mis compañeros de aula, Principalmente al profesor **Ing. Álvaro Benavides González**, por sus clases y apoyo en experimentación agrícola, base fundamental para esta investigación.

A todas aquellas personas que oportunamente cuando lo busqué me brindaron trabajo con remuneración económica para suplir necesidades que a diario pasa un estudiante universitario, principalmente a la **Ing. Dolores Tabladas Matamoros** y el **Ing. Sebastián Araya Rodríguez**, Propietarios de la finca El Garaje.

MUCHAS GRACIAS.

Vicente A. Reyes González.

DEDICATORIA.

Dedico el presente trabajo a **DIOS** todo poderoso guía espiritual de la humanidad, ser supremo que brinda siempre fortaleza cuando uno más la necesita, hacedor de conocimientos.

A: mi madre **Eva Luz Vargas Urcuyo** por ser una madre tan especial, que supo formar valores en mi persona, por su apoyo incalculable en los momentos más difíciles de mi vida y por sobre todo en darme el tesoro más grande, el cual hoy he alcanzado en la culminación de mi carrera y motivarme a alcanzar nuevas metas.

A: mi padre **Francisco Romero López** por estimularme a seguir adelante con mi formación personal.

A: mis hermanos **Francisco, Pablo, Amalia y Carlos**, por brindarme siempre apoyo e inspiración, respeto y ejemplo a seguir en mi vida.

A: mi novia **Gresell Picado Mora**, por haber compartido momentos inolvidables en mi vida.

Augusto Romero Vargas

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a **DIOS** todo poderoso por brindarme sabiduría, fortaleza, inspiración y respeto por las personas que hoy en día hacen posible la culminación de mis estudios.

Agradezco a la Universidad Nacional Agraria (U.N.A.), a la Facultad de Agronomía (FAGRO) Departamento de Producción Vegetal y a todos los docentes que aportaron su valioso tiempo y conocimiento en nuestra formación profesional.

Doy gracias de manera especial a nuestro asesor, por su apoyo y confianza en nuestro trabajo de investigación. Ing. **Leonardo García Centeno**.

Al Ing. **Álvaro Benavides** por su colaboración y apoyo.

A mis primos **Paula y Daniel Vargas** por su incondicional apoyo en momentos en que más los necesite.

A la Sra. **Teresa Hernández** por sus valiosos consejos.

Augusto Romero Vargas.

ÍNDICE DE TABLAS.

Sección.	Páginas.
Tabla 1. Promedio mensuales de precipitaciones y temperatura ocurridas de Agosto a Diciembre 2001.	5
Tabla 2. Análisis químico de suelo donde se estableció el experimento. Tisma, 2001.	6
Tabla 3. Descripción de los factores en estudio.	7
Tabla 4. Resultados de la altura de la planta para los factores en estudio a los 35 y 60 dds. Tisma, 2001.	12
Tabla 5. Número de hojas por planta para los factores en estudio a los 35 y 60 dds. Tisma, 2001.	14
Tabla 6. Efecto de interacción variedades y niveles de N aplicados sobre el número de hojas a los 60 dds. Tisma 2001.	14
Tabla 7. Longitud de panoja para los dos factores en estudio. Tisma, 2001	16
Tabla 8. Peso en gramos por panojas obtenidos para los factores en estudio. Tisma, 2001.	17
Tabla 9. Producción de biomasa y significancia de los factores en estudio. Tisma 2001	18
Tabla 10. Nitrógeno en la biomasa y significancia de los factores en estudio. Tisma, 2001.	19

Tabla 11. Nitrógeno en grano y extraído en la cosecha por las variedades en estudio y niveles de fertilización nitrogenada. Tisma, 2001.	22
Tabla 12. Rendimiento obtenido y significancia de los factores en estudio. Tisma, 2001.	25
Tabla 13. Efecto de interacción variedades por niveles de N sobre el rendimiento de grano en Kg.ha ⁻¹ . Tisma, 2001.	26
Tabla 14. Uso del N por las variedades en estudio con relación al incremento del rendimiento por kg de Nitrógeno aplicado.	27

ÍNDICE DE FIGURAS.

Sección.	Páginas.
Figura 1. Contenido de Nitrógeno (%) en la biomasa seca para las cuatros variedades y niveles de fertilización nitrogenada.	20
Figura 2. Concentraciones de Nitrógeno (%) en el grano en las cuatros variedades y niveles de fertilización nitrogenada.	23

ÍNDICE DE ANEXOS.

Sección.	Páginas.
Anexo 1. Comparación de medias interacción rendimiento.	35
Anexo 2. Comparación de medias interacción numero de hojas.	36

RESUMEN.

El presente trabajo se desarrolló en la finca Las Esquinas, municipio de Tisma (Masaya), en el período de postrera comprendido entre Agosto y Diciembre del 2001.

Los factores en estudio fueron cuatro variedades (CENTA RCV, Pinolero 1, Tortillero Precoz e INTA CNIA) y tres niveles de Nitrógeno (53, 82 y 112 Kg.ha⁻¹); con un testigo (cero aplicación); el objetivo fue determinar el uso eficiente del N por las cuatro variedades de sorgo y el efecto de interacción de los factores en estudio en el rendimiento de grano. El diseño empleado fue de parcelas divididas con arreglos de tratamientos en bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones.

En las variables analizadas se observaron diferencias altamente significativas entre cada uno de los factores en estudio por separados y no significativa para la mayoría de las variables en las interacciones, exceptuando las variables número de hojas (a los 60 dds) y rendimiento de grano donde se observó el efecto de las aplicaciones de Nitrógeno según Tukey al 95% de probabilidad de confianza. Los mayores rendimientos resultaron cuando se aplicó mayores niveles de Nitrógeno al suelo (112 Kg.ha⁻¹) sobresaliendo la variedad INTA CNIA con 4781.66 Kg.ha⁻¹ de grano. Este comportamiento no fue igual para la variedad Pinolero que expresó mayor producción cuando se aplicó 82 Kg.ha⁻¹, siendo estadísticamente igual al nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N.

En los resultados del uso eficiente del nitrógeno se mostró claramente que existe una respuesta positiva de las variedades al incrementar sus rendimientos con el incremento de N aplicado, sobresaliendo la variedad Pinolero con un promedio de 807% más de rendimiento respecto al testigo; sin embargo el incremento de rendimiento por Kg de Nitrógeno aplicado disminuyó en las cuatro variedades a medidas que aumentó la aplicación de N, haciendo mejor uso las variedades INTA CNIA y Tortillero Precoz al obtener mayor producción de grano por Kg de Nitrógeno aplicado.

I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*), es uno de los cultivos más importantes en áreas áridas y semi áridas, ya que puede ser cultivado con éxito bajo condiciones secas y de altas temperatura. Está además distribuido a lo largo y ancho del mundo, cultivándose según FAO (1982), cerca de 48 millones de hectáreas anualmente.

Históricamente el sorgo ha sido cultivado para la producción de grano y otros fines en casi todos los países tropicales y subtropicales, el mejoramiento de este cultivo en los últimos 50 años, ha permitido su extensión a lo largo de la Unión Americana, Canadá y zonas templadas del mundo (Stoskopf, 1985)

A pesar de su importancia, los niveles de producción de sorgo están por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo; reportándose un rendimiento promedio a nivel mundial de 1300 Kg.ha⁻¹ fluctuando entre 600 y 4000 Kg.ha⁻¹ como promedio de rendimiento de África y Latinoamérica (Peacock & Wilson. 1984, citado por Compton, 1990)

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

El cultivo del sorgo es manejado básicamente por medianos y pequeños productores, siendo uno de los principales granos básicos en nuestro país. Su importancia radica en que nutre de materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales, la cual a su vez permite que en el mercado alimentario se disponga de proteínas de origen animal, además de la nutrición adquirida por consumo directo de grano.

El cultivo del sorgo en Nicaragua, ocupa el 16 % de área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia. El 56% de la producción actual es utilizado en la elaboración de alimentos concentrados para la industria avícola, porcina y bovina, el 44% restante se utiliza para la alimentación humana, principalmente el sorgo con endosperma blanco. Es el cereal que le sigue al maíz tanto en área como en el volumen de producción (Pineda, 1997).

Estudios sobre la fertilización en sorgo granífero muestran que variedades e híbridos que corresponde a altos niveles de fertilidad, producen de 40 a 80 libras de granos por Kg de nitrógeno aplicado. Según INTA (1995), recomienda aplicar al momento de la siembra en el fondo del surco 2qq /mz de la fórmula 18-46-0 cuando el suelo presenta un buen nivel de potasio y la fórmula 10-30-10 cuando el nivel de potasio es bajo, esto representa aplicar 36 o 20 lb. de nitrógeno por mz. Al momento de la siembra y como fertilización posterior a los 20-25 días de sembrado, se debería aplicar 2 a 3qq/mz de urea 46% N dependiendo del nivel de fertilidad del suelo, esto sería de 92 a 138 lbs/mz de Nitrógeno que en total sería aplicar de 112 a 174 lbs/mz de Nitrógeno en todo el ciclo productivo. No obstante hasta la fecha, la información existente en Nicaragua sobre la fertilización de sorgo es aún limitada y no concluyente, por lo general las recomendaciones de fertilización en este cultivo se hace con base a experiencia del productor sin tomar en cuenta el contenido de la disponibilidad de nutrientes del suelo.

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

Dada la importancia de la fertilidad nitrogenada sobre el rendimiento en grano de sorgo, es conveniente conocer la dosis mas adecuada para cada variedad así como su influencia sobre los componentes del rendimiento y otros parámetros agronómicos como son; altura de la planta, número de hoja, diámetro del tallo y excerción de panoja a fin de obtener un mejor conocimiento de dicha respuesta productiva.

Con el fin de proporcionar información sobre el uso de la fertilización nitrogenada en la producción por cuatro variedades de sorgo de grano blanco actualmente liberadas como variedades comerciales, el presente trabajo de investigación persigue los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Determinar el uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de Tisma.

2.2. Objetivos Específicos.

Identificar la variedad de sorgo que hace mejor uso del nitrógeno en la producción de grano.

Determinar a que dosis de fertilización nitrogenada producen mayor rendimiento las variedades en estudio.

Determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de crecimiento del sorgo.

III. Materiales Y Métodos.

3.1. Descripción del Lugar.

3.1.1. Ubicación.

El presente estudio se realizó en la finca Las Esquinas, ubicada en el municipio de Tisma, Departamento de Masaya; cuyas coordenadas son 11°53'7" latitud norte y 86°12'9" longitud oeste; Con una altura de 56 msnm. La zonificación ecológica en que se encuentra es Bosque Tropical Seco y Bosque Subtropical Húmedo según la Clasificación de Holdridge.

3.1.2. Clima.

Las condiciones climáticas promedio anuales predominantes en la zona son; precipitación 896.9 mm, temperatura 27.8 °C, humedad relativa 74% y los vientos predominantes son alisios del noroeste. El ensayo se estableció en la época de postrera del 9 del septiembre al 23 de diciembre con las siguientes condiciones climáticas ocurridas durante ese período.

Tabla 1. Promedio mensuales de precipitaciones y temperatura ocurridas de Agosto a Diciembre 2001.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura °C
Agosto	193.9	28
Septiembre	225.8	27.5
Octubre	97.8	27.6
Noviembre	12.6	26.7
Diciembre	0.4	23.7

Fuente INETER 2001.

3.1.3. Suelo.

Los suelos pertenecen a la serie Tisma (MAG, 1971) van de profundos a poco profundos, de francos a arcillosos, con drenaje superficial hacia el Río Típitapa; la topografía es, de plana a ligeramente ondulada, moderada permeabilidad y alta disponibilidad de agua. Los datos de análisis del suelo donde se estableció el experimento se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis químico de suelo donde se estableció el experimento. Tisma, 2001.

Localidad	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Clase
	H ₂ O (1:2.5)	%	ppm	Meq / 100 gramos de suelo			Textural
Tisma	6.2	2.27	5.5	0.57	12.2	3.6	Fco. Arc.

Fuente Laboratorio de Suelos y Agua UNA, 2001

De acuerdo a los rangos de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Quintana, 1983), el análisis presenta un pH ligeramente ácido con un contenido de materia orgánica medio y por ende también el contenido de Nitrógeno (N) es medio; el contenido de fósforo es considerado pobre y alto para potasio, calcio y magnesio. La relación calcio / magnesio es amplia y normal, para la relación calcio + magnesio / potasio lo que favorece la disponibilidad del potasio para los cultivos a pesar de la alta cantidad de los elementos calcio y magnesio. La textura franco arcilloso es un suelo condicionado para el cultivo de sorgo.

3.2. Metodología Experimental.

3.2.1. Descripción del diseño experimental.

El ensayo se estableció en un diseño de parcelas divididas con arreglos de tratamientos en bloques completos al azar (BCA), con cuatros repeticiones; cada parcela estaba constituida por 7 surcos de 5 m de largo y espaciados por 0.71 m, para un área de 25 m² por parcela. Se utilizaron los 5 surcos centrales como parcela útil para muestreos de las variables a evaluar, cada repetición estuvo constituida por 16 parcela, es decir; 400 m² lo que suma un área total de 1600 m² en las cuatro repeticiones y éstas estaban separadas a 1 m de ancho, para un área total de 240 m². Lo que corresponde decir que el área total del ensayo fue de 1840 m².

Tabla 3. Descripción de los factores en estudios.

FACTOR A: Variedades a evaluar.	FACTOR B: Niveles de Nitrógeno aplicado / ha.
a ₁ CENTA RCV	b ₁ 0 Kg.ha ⁻¹ (Testigo)
a ₂ Pinolero 1	b ₂ 53 Kg.ha ⁻¹
a ₃ Tortillero Precoz	b ₃ 82 Kg.ha ⁻¹
a ₄ INTA CNIA	b ₄ 112 Kg.ha ⁻¹

3.2.2. Descripción de los Tratamientos.

Los tratamientos fueron tres niveles de fertilización (53, 82 y 112 Kg.ha⁻¹ de N) utilizando como fuente Urea 46% N y un testigo absoluto aplicado para cada variedad fraccionado de la siguiente manera; 50% a los 25 días después de la siembra (dds), y 50% a los 40 dds. Cabe mencionar los niveles de fertilización incluyen 23 Kg.ha⁻¹ de N aplicados de la fórmula completa 12 – 30 – 10 en el fondo del surco al momento de la siembra.

3.2.3. Variables Evaluadas.

A los 20 dds, se marcaron 6 plantas al azar por cada tratamiento a las cuales se le realizaron a los 35 y 60 dds las siguientes mediciones.

Altura de la planta (cm): Se midió desde la superficie del suelo hasta el último nudo visible del tallo.

Número de hojas por planta: Se contaron las hojas totalmente formadas de la planta.

A la cosecha se midieron las siguientes características.

Longitud de la panoja (cm): De una muestra de 20 panoja por parcela útil se midió la longitud de panoja y se promedió.

Peso de la panoja (g): De la misma muestra de 20 panoja por parcela útil, fueron pesadas y promediadas.

Materia seca producida (t/ha): Al momento de la cosecha se tomaron 10 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 expresarlo en tonelada (t) de materia seca por hectárea, se consideró una población final de 180000 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 porcentaje de Nitrógeno en la biomasa.

Rendimiento de grano (Kg.ha⁻¹): Se cosechó la parcela útil, se le determinó el porcentaje de humedad, posteriormente se desgranó la panoja y se ajustó el rendimiento al 14 % de humedad, se pesó y se expresó en Kg.ha⁻¹.

Uso eficiente de nitrógeno: Se determinó tomando en cuenta el incremento de rendimiento en Kg.ha⁻¹, en porcentaje respecto al testigo y el incremento de rendimiento en Kg por cada Kg de Nitrógeno aplicado.

3.2.4. Procesamiento de Datos.

Los datos obtenidos de las variables en estudio fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA) y separaciones de medias por rangos múltiples de Tukey al 95% de probabilidad de confianza, el paquete de diseños estadístico utilizado fue FAUANL versión 2.5, (1994).

3.3. Manejo Agronómico

La preparación del suelo se realizó mecánicamente haciendo uso del sistema tradicional, de un pase de arado a 25 cm de profundidad, dos pases de grada y el rayado que fue realizado un día antes de la siembra.

La siembra fue manual y a chorrío realizada el día 9 de septiembre del 2001, las variedades en estudio fueron CENTA RCV (de origen salvadoreño), Pinolero 1, Tortillero Precoz e INTA CNIA (de origen nicaragüense). Éstas fueron sembradas a una distancia de 0.71 m entre surco, dejando aproximadamente 13 plantas por metro lineal (180000 plantas por hectárea aproximadamente)

La variedad CENTA RCV, es una variedad de origen salvadoreño, siendo empleada en los ensayos para determinar el comportamiento y estabilidad de rendimiento en Nicaragua. La variedad Pinolero 1, se caracteriza por tener una altura de 190 cm, panoja semiabierta, grano color blanco, floración a los 64 días después de la germinación, excerción de la panoja 10 cm, tamaño de la panoja 30 cm, días a la cosecha 110 y con un potencial genético de rendimiento de 75 qq/mz (4852.10 Kg.ha⁻¹). La variedad Tortillero Precoz se caracteriza por tener una altura de 157 cm, panoja semiabierta, grano color blanco, floración a los 54 días después de la germinación, excerción de panoja 12 cm, tamaño de la panoja 20cm, día a la cosecha 90 y con un potencial genético de 55 qq/mz (3558.21 Kg.ha⁻¹), (INTA, 1999).

La variedad INTA CNIA, presenta las siguientes características agronómicas; altura 157 cm, panoja semiabierta, grano color blanco, floración a los 68 días después de la

germinación, excerción y tamaño de la panoja 10 y 23 cm respectivamente, días a la cosecha 110 -120, y un potencial genético de 92 qq/mz o 5951.91 Kg.ha⁻¹, (Matus & Chow, 2001).

La fertilización al momento de la siembra fueron 136 Kg.ha⁻¹ de la fórmula completa 12 – 30 – 10 aplicada al fondo del surco, posteriormente a los 25 y 40 dds se aplicó Urea 46% N fraccionada a 50% para cada aplicación tal y como se explicó en la descripción de los tratamientos. El control de malezas se realizó manualmente e igual que la cosecha que se efectuó entre los 90 y 120 días después de la siembra.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Influencia de los niveles de Nitrógeno Sobre el Crecimiento y Desarrollo del Cultivo.

4.1.1. Altura de la Planta.

La altura de la planta es un dato útil para la clasificación del sorgo. Puede variar desde 40 a 600 cm. La altura del tallo hasta el extremo de la panoja, varían según el número y la longitud de los entre nudos y la del pedúnculo de la panoja (Wall, 1975), es evidente que la altura de la planta es un carácter de suma importancia, debido a que alturas de plantas de 160 a 170 cm son óptimas para la cosecha mecanizada, en cambio alturas mayores de 190 cm traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.(Morales, 2002)

La variable altura de la planta mostró alta significancia para ambos factores en estudio por separados y no significativa para la interacción. Según la tabla 4. Para el factor A, durante el primer muestreo a los 35 dds, la variedad Tortillero Precoz obtuvo la mayor altura (73.38 cm), la que se diferenció estadísticamente del resto de las variedades, seguida por Pinolero 1 y CENTA RCV que conforman una segunda categoría y en último lugar se encuentra la variedad INTA CNIA, con 48.64 cm, resultando diferente estadísticamente de las demás variedades. Este parámetro varió a los 60 dds, sobresaliendo la variedad Pinolero 1 con 136.59 cm, con diferencia estadística del resto de variedades, el segundo lugar lo ocupó la variedad CENTA RCV con 127.94 cm y en último lugar se encontró la variedad INTA CNIA con 105.25 cm ocupando junto con Tortillero Precoz una misma categoría estadística.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable altura de la planta ninguna variedad cumple con el óptimo para la mecanización según lo sugerido por Morales (2002), sin embargo las variedades nacionales (INTA CNIA; Pinolero 1 y Tortillero Precoz) en estudio, son utilizadas para la cosecha mecanizada por los productores nicaragüenses.

Para el factor B, (Niveles de Nitrógeno) a los 35 dds el nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N alcanzó la mayor altura (74.84 cm) siendo estadísticamente iguales a los niveles 82 y 53 Kg.ha⁻¹ de N, el nivel cero aplicación o testigo fue el que obtuvo la menor altura (25.65 cm). A los 60 dds se mantiene el mismo comportamiento de la altura, sobresaliendo 112 Kg.ha⁻¹ de N con 133.27 cm de igual forma se mantiene categóricamente igual con los niveles 82 y 53 Kg.ha⁻¹ de N y en último lugar resultó el testigo absoluto con una altura 87.92 cm. El comportamiento de la altura respecto a la fertilización tiende a sugerir que la altura de la planta incrementa con aplicaciones de fertilizante nitrogenado.

Tabla 4. Resultados de la altura de planta para los factores en estudios a los 35 y 60 dds. Tisma, 2001.

Factor A			Factor B		
Variedad	35 dds	60 dds	Kg.ha ⁻¹ de N	35 dds	60 dds
Pinolero 1	60.90 b	136.59 a	112	74.84 a	133.27 a
CENTA RCV	58.57 b	127.94 b	53	73.17 a	131.58 a
Tortillero Precoz	73.38 a	108.14 c	82	67.83 a	125.14 a
INTA CNIA	48.64 c	105.25 c	0	25.65 b	87.92 b
ANDEVA	**	**		**	**
CV %	15.80	7.50		15.80	7.50

4.1.2. Número de hojas.

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

La variable número de hojas, según el ANDEVA se mostró altamente significativa para ambos factores independientes durante los dos muestreos y significativa para la interacción a los 60 días después de la siembra. Dentro del factor A, a los 35 dds las

variedades CENTA RCV, Pinolero 1 y Tortillero Precoz tuvieron un mismo comportamiento mostrando igualdad numérica y estadística al presentar 9 hojas cada una, mientras que la variedad INTA CNIA solo mostró 8 hojas totalmente formadas diferenciándose estadísticamente de las otras variedades. A los 60 dds se registró una total variabilidad estadística alcanzando el mayor resultado CENTA RCV con 14 hojas totalmente formadas diferenciándose de las otras variedades, seguida por Pinolero 1 (13 hojas) y en último lugar Tortillero Precoz contó con 11 hojas. La mayor producción de hojas obtenida por CENTA RCV y Pinolero 1 favoreció la producción de biomasa seca, los resultados se presentan en la tabla 9. Al analizar los niveles del factor B (Tabla 5), se aprecia que las tres dosis de Nitrógeno aplicado superaron estadísticamente en número de hojas al testigo durante los dos momentos del muestreo, en el primero lo superó en un 67% y en el segundo 18%. Aquí mismo se puede observar que no existe un aumento de hojas a medida que se aumenta el Nitrógeno aplicado; pero si no se aplica este elemento al cultivo podría implicar un descenso en el número de hojas producidas por planta lo que podría afectar la capacidad fotosintética y con ello el rendimiento, así como su uso como planta forrajera. La tabla 5. Muestra los resultados de los factores en estudio.

Los resultados de la interacción muestra que los tratamientos de 112, 82 y 53 Kg.ha⁻¹ de N sobre la variedad CENTA RCV (a_1b_4 , a_1b_3 y a_1b_2), produjeron el mayor número de hojas (15), diferenciándose del resto de tratamientos. La aplicación de Nitrógeno favorece a las variedades al aumentar el número de hojas, teniendo menor efecto en la variedad Tortillero Precoz (a_3b_1), que ocupa la categoría más baja con 10 hojas por planta cuando no se aplica N. La tabla 6. Muestra la interacción de los tratamientos.

Tabla 5. Número de hojas por planta para los factores en estudio a los 35 y 60 dds. Tisma, 2001.

Factor A			Factor B		
Variedad	35dds	60dds	Kg.ha ⁻¹ de N	35dds	60dds
CENTA RCV	9 a	14 a	112	10 a	13 a
Pinolero 1	9 a	13 b	82	10 a	13 a
INTA CNIA	8 b	12 c	53	10 a	13 a
Tortillero Precoz	9 a	11 d	0	6 b	11 b
ANDEVA	**	**		**	**
CV %	8.38	4.91		8.38	4.91

Tabla 6. Efecto de interacción variedades y niveles de N aplicados sobre el número de hojas a los 60 dds. Tisma, 2001.

Tratamientos	Número de Hojas.
a ₁ b ₂	15 a
a ₁ b ₄	15 a
a ₁ b ₃	15 a
a ₂ b ₂	13 b
a ₄ b ₃	13 b
a ₂ b ₄	13 b
a ₂ b ₃	13 b
a ₁ b ₁	13 b
a ₄ b ₄	12 bc
a ₄ b ₂	12 bc
a ₂ b ₁	12 bc
a ₃ b ₄	12 bc
a ₄ b ₁	11 cd
a ₃ b ₃	11 cd
a ₃ b ₂	11 cd
a ₃ b ₁	10 d
Significancia	*

Estos resultados sugieren, así como los de la tabla 5, que el número de hojas es una característica varietal y poca influenciada por las aplicaciones de Nitrógeno.

4.2. Influencia de los niveles de Nitrógeno Sobre el Rendimiento y sus Componentes.

4.2.1. Longitud de Panoja.

La longitud de panoja es un componente fundamental de rendimiento del grano y esta en dependencia de los factores ambientales y nutricionales en que se desarrolla el cultivo (Miller, 1980).

Los resultados promedios de longitud de panoja muestran alta significancia para ambos factores en estudio independiente y no significativo para la interacción. Dentro del factor A; sobresale la variedad Pinolero 1 con 24.78 cm de longitud de panoja, siendo estadísticamente igual a CENTA RCV y Tortillero Precoz ocupando último lugar y diferenciándose de las demás, se encuentra la variedad INTA CNIA con 21.90 cm de longitud.

Clará, (1988) y otros, han recomendado usar variedades con mayor longitud de panoja ya que éstas aportan mayor rendimiento de grano; sin embargo éstos resultados muestran que la variedad INTA CNIA obtuvo la menor longitud de panoja y fue la que mostró mayor rendimiento de grano ($3170.5 \text{ Kg.ha}^{-1}$), tabla 12. Esto se debió posiblemente al mayor tamaño y peso del grano o grosor de la panoja ya que Wall y Ross (1975), encontraron que a menor longitud de panoja existe mayor grosor de la misma. Estas posibles variables que contribuyeron eventualmente en mayores rendimientos podrían ser incluidas en ensayos posteriores.

Los resultados del factor B, muestran que existe un aumento de tamaño en la panoja a medida que se aplica mayor cantidad de Nitrógeno; alcanzando con 112 Kg.ha^{-1} de N la mayor longitud (26.24 cm) manteniéndose estadísticamente igual a los niveles 82 y 53 Kg.ha^{-1} de N superando entre un 41 y 28% respectivamente al testigo, de esta forma se puede comprobar la importancia de dicho elemento en este importante componente de rendimiento. Los resultados de esta variable se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Longitud de panoja promedios para los dos factores en estudio. Tisma, 2001.

Factor A		Factor B	
Variedad	Longitud de Panoja	Kg.ha ⁻¹ de N	Longitud de Panoja
Pinolero 1	24.78 a	112	26.24 a
CENTA RCV	23.76 a	82	25.27 ab
Tortillero Precoz	23.65 a	53	23.92 b
INTA CNIA	21.90 b	0	18.66 c
ANDEVA	**		**
CV %	7.44		7.44

4.2.2. Peso de Panoja.

Las variedades estudiadas así como la cantidad de Nitrógeno aplicado afectaron significativamente el peso de la panoja, por otra parte a mayores dosis de Nitrógeno correspondieron mayores pesos de panoja.

La Tabla 8. Presenta los resultados del ANDEVA para la variable peso de la panoja. Se puede observar que la variedad Pinolero 1 presenta el mayor peso (69.20g) diferenciándose estadísticamente del resto de las variedades; la variedad CENTA RCV ocupó el segundo peso más alto con 55.94 g resultando con menor peso por panoja la variedad Tortillero Precoz. Una comparación de peso de panoja con rendimiento, resulta inversamente proporcional puesto que las variedades INTA CNIA y Tortillero Precoz obtuvieron mayores rendimientos y los menores pesos de panoja, lo que podría deberse a que éstas variedades registran mayor peso y número de grano en sí, que las variedades Pinolero 1 y CENTA RCV que posiblemente el mayor peso estuvo concentrado en el raquis o estructura de la panoja.

Dentro del factor B, el nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N resultó con mayor peso (72.22g), siendo estadísticamente igual al nivel 82 y 53 Kg.ha⁻¹ de N (65.68 y 58.03g) respectivamente, quedando en último lugar el testigo con 21.23g por panoja.

Tabla 8. Peso promedios en gramos por panoja obtenidos para los factores en estudio. Tisma, 2001.

Factor A		Factor B	
Variedad	Peso de panoja	Kg.ha ⁻¹ de N	Peso de panojas
Pinolero 1	69.20 a	112	72.22 a
CENTA RCV	55.94 ab	82	65.68 a
INTA CNIA	46.74 b	53	58.03 a
Tortillero Precoz	45.27 b	0	21.23 b
ANDEVA	**		**
CV %	30.48		30.48

4.2.3. Materia Seca Producida.

Los tallos y follaje del sorgo se utilizan frecuentemente como alimento para el ganado en época seca (MAG, 1991), siendo así la materia seca producida un factor importante para la alimentación del ganado en lugar y tiempo de escasez de alimento.

Cabe mencionar que la materia seca producida se calculó únicamente de las hojas y el tallo de la planta. El ANDEVA muestra respuesta altamente significativa para ambos factores en estudio, siendo mayor la respuesta para el factor A, (Variedades), donde se obtuvo un rango de producción que fluctuó entre 5 y 11 toneladas de materia seca (MS) por hectárea. Las variedades CENTA RCV y Pinolero 1 produjeron cantidades similares (10.98 y 10.91 toneladas de MS /ha), respectivamente y las de menor cantidades fueron INTA CNIA y Tortillero Precoz, siendo ésta última la que ocupó el último lugar categóricamente con 5.44 toneladas de MS /ha. Hay que señalar que la variedad CENTA RCV produjo en investigaciones anteriores a ésta, mayores cantidad de biomasa seca, lo que la coloca junto con Pinolero 1 como variedades a ser utilizadas con doble propósito. Estos resultados también se obtienen como una consecuencia obvia ya que CENTA RCV y Pinolero 1 superaron a las

otras variedades en número de hojas y altura de la planta, órganos vegetativos primordiales para determinar ésta variable.

Con relación al factor B, la mayor producción de biomasa se obtuvo con 82 Kg.ha⁻¹ de N (9.87 toneladas de MS /ha), aunque esta no se diferenció del nivel más alto 112 Kg.ha⁻¹ de N con 9.73 toneladas de MS /ha, ni del nivel 53 Kg.ha⁻¹ de N con 8.56 toneladas de MS /ha, obteniendo el menor resultado el testigo con 6.43 toneladas de MS /ha de biomasa seca. La poca producción de MS en el testigo es debido a la falta de nitrógeno en el suelo, que por ende provoca el poco desarrollo de los órganos vegetativos y superficie foliar. Los resultados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Producción de biomasa seca y significancia de los factores en estudio. Tisma, 2001.

FACTOR A		FACTOR B	
Variedad	Biomasa Seca en (toneladas /ha)	Kg.ha ⁻¹ de N	Biomasa Seca en (toneladas /ha)
CENTA-RCV	10.98 a	82	9.87 a
Pinolero 1	10.91 a	112	9.73 a
INTA-CNIA	7.26 b	53	8.56 a
Tortillero Precoz	5.44 c	0	6.43 b
ANDEVA	**		**
CV %	17.05		17.05

4.2.4. Nitrógeno en Biomasa.

El Nitrógeno absorbido por los cultivos constituye la fuente de proteína vegetal y animal con la que a su vez se nutre el hombre (Salmerón & García, 1994).

La concentración de Nitrógeno expresada en porcentaje sobre la materia seca, resultó altamente significativa para ambos factores independientes y no significativos para la interacción entre ellos.

El análisis independiente de los factores en estudio mostró que la mayor concentración de Nitrógeno en biomasa la obtuvo la variedad INTA CNIA con 0.46%, seguido por Pinolero 1 y CENTA RCV con 0.43 y 0.38% de N respectivamente, resultando con la menor concentración la variedad Tortillero Precoz con 0.35% de Nitrógeno; éstas concentraciones de N en la biomasa son recomendables para la alimentación del ganado por no superar el 0.9 % de N que puede tener efectos de toxicidad. Por otro lado, si la biomasa es incorporada al suelo en forma de rastrojo, proporcionaría reservas nutricionales de Nitrógeno para cultivos subsiguientes.

Es interesante señalar que Pinolero 1 es una de las variedades que mayor biomasa seca produjo (Tabla.9), lo que significa que dicha variedad es buena productora de biomasa seca con buen contenido de Nitrógeno, por ende extrajo mayor Nitrógeno (49.01 Kg.ha⁻¹).

Dentro del factor B, se concreta lo concluido por De Datta (1986), que al aumentar la dosis de abonado nitrogenado se incrementa el contenido de Nitrógeno en la biomasa de los cereales. En los resultados se puede observar que el nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N, obtuvo la mayor concentración de Nitrógeno (0.54%) y como es de esperarse mayor N extraído en Kg.ha⁻¹ (53.47), seguido por el nivel 82 Kg.ha⁻¹ de N con 0.42% de Nitrógeno y consecuentemente fue decreciendo a medida que disminuyó la dosis de N aplicado resultando en último lugar el testigo con 0.29% de N en la biomasa seca.

Tabla 10. Nitrógeno en la biomasa y significancia de los factores en estudio. Tisma, 2001.

FACTOR A			FACTOR B		
Variedad	N %	N extraído Kg.ha ⁻¹	Kg.ha ⁻¹ de N	N %	N extraído Kg.ha ⁻¹
INTA-CNIA	0.46 a	34.6	112	0.54 a	53.47
Pinolero 1	0.43 ab	49.01	82	0.42 b	42.57
CENTA RCV	0.38 bc	43.26	53	0.36 bc	32.55
Tortillero Precoz	0.35 c	20.99	0	0.29 c	19.27
ANDEVA	**			**	
CV %	19.2			19.2	

Generalmente la mayoría de los investigadores comentan que cuando el ANDEVA no demuestra significancia en la interacción, resulta innecesaria aplicar una técnica de separaciones de media; Sin embargo con vista a tener una representación gráfica de las tendencias de los tratamientos se presenta la siguiente figura.

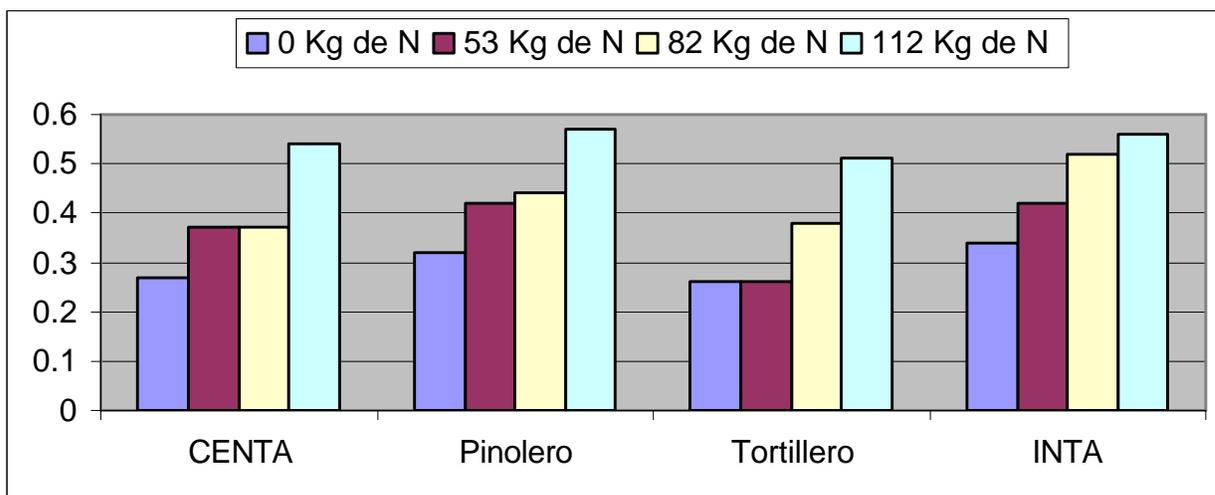


Figura 1. Contenido de Nitrógeno (%) en la biomasa seca para las cuatro variedades y niveles de fertilización.

La Figura 1. Muestra las tendencias del contenido de Nitrógeno en la biomasa seca y como favorece la aplicación de este elemento a la concentración en cada una de las variedades; claramente se puede notar como al nivel más alto de 112 Kg.ha⁻¹ de N, supera marcadamente al resto de los tratamientos; evidentemente las variedades CENTA RCV y Pinolero 1 no representan considerable variación en el contenido de N cuando se le aplica 53 y 82 Kg.ha⁻¹ de N, por otro lado Tortillero Precoz se encuentra con similares concentraciones cuando existe aplicación de 53 Kg.ha⁻¹ de N y el testigo, lo que indica que esta variedad presenta buena absorción de Nitrógeno en suelos con contenidos medios de este importante elemento.

4.2.5. Nitrógeno en grano.

El Nitrógeno produce efectos favorables en las plantas, en los cereales aumenta la corpulencia de los granos y su porcentaje de proteínas. (Buckman & Brady, 1985).

Se ha demostrado que la calidad nutritiva del grano de sorgo es similar a la de maíz, siendo una buena fuente calórica, proteica, donde los carbohidratos constituyen el 82% del grano e incluye almidón, celulosa, azúcar y otros, siendo el principal componente el almidón que representa el 83% del endosperma. (Metcalf & Elkins, 1987), Por consiguiente la concentración de Nitrógeno en el grano juega un papel importante en la nutrición animal y humana.

Al evaluar el contenido de Nitrógeno en el grano los resultados obtenidos se mostraron altamente significativa para ambos factores en estudio y no significativa en la interacción de los tratamientos; Dentro del Factor A, las variedades Tortillero Precoz y CENTA RCV, fueron las que mayor porcentaje de Nitrógeno presentaron en el grano, 1.65 y 1.53% respectivamente y con menor porcentaje resultó la variedad INTA CNIA con 17 % menos que la variedad de mayor concentración. Dichos resultados pueden ser debido al efecto de dilución ya que INTA CNIA fue la variedad que obtuvo mayor rendimiento de grano en Kg.ha^{-1} (Tabla 12).

Al analizar el efecto de los niveles de Nitrógeno aplicados, se encontró que el mayor valor se obtuvo con 112 y 82 Kg.ha^{-1} de N siendo estadísticamente iguales, con 1.61 % de N cada uno. Puede observarse que las dosis más altas presentaron similares concentraciones y que en el Nitrógeno total extraído en Kg.ha^{-1} disminuye la extracción en la medida que se disminuyeron las dosis aplicadas esto es debido a que el nivel 112 Kg.ha^{-1} de N reportó mayor rendimiento de grano. También es importante señalar que al comparar los promedios de concentraciones de Nitrógeno en biomasa con la del grano (Tabla 10 y 11), se puede observar que la concentración en el grano es mayor que la de la biomasa en ambos factores por separados, coincidiendo esto con lo referido por Demolón (1975), quien afirma que la aportación nitrogenada favorece más al grano que a la paja en la concentración de Nitrógeno. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Nitrógeno en grano y extraído a la cosecha por las variedades y nivel de fertilización en estudio. Tisma, 2001.

Factor A			Factor B		
Variedades	N (%)	N extraído Kg.ha ⁻¹	Kg.ha ⁻¹ de N	N (%)	N extraído Kg.ha ⁻¹
Tortillero Precoz	1.65 a	51.93	112	1.61 a	64.4
CENTA RCV	1.53 ab	35.81	82	1.61 a	59.2
Pinolero 1	1.40 b	35.74	53	1.39 b	38.3
INTA-CNIA	1.37 b	46.12	0	1.33 b	7.5
ANDEVA	**	**		**	**
CV %	12.63	22.1		12.63	22.1

La Figura 2. Muestra la tendencia que tiene el porcentaje de nitrógeno en el grano ante los diferentes niveles de fertilización nitrogenada, en ella se puede notar que al menos existen dos variedades CENTA RCV e INTA CNIA que expresaron el mayor contenido de nitrógeno cuando se le aplicó 82 Kg.ha⁻¹ de N y otras dos variedades; Pinolero 1 y Tortillero Precoz que lo lograron con la máxima aplicación (112 Kg de N), lo que permite concluir que las dos primeras variedades pudieran tener menos capacidad en traslocar el Nitrógeno de la biomasa al grano con altas aplicaciones.

Para esta variable la variedad Tortillero Precoz también mostró su capacidad de absorber y traslocar el Nitrógeno cuando es establecido en suelos con contenidos medios de éste elemento, según el contenido de materia orgánica del suelo en que se estableció el ensayo, (Tabla 2), donde se muestra que ha superado el testigo cerca de un 10 % al nivel 53 Kg.ha⁻¹ de N, pero luego aumenta al incrementar la aplicación de Nitrógeno, manteniéndose un poco estable con el nivel más alto.

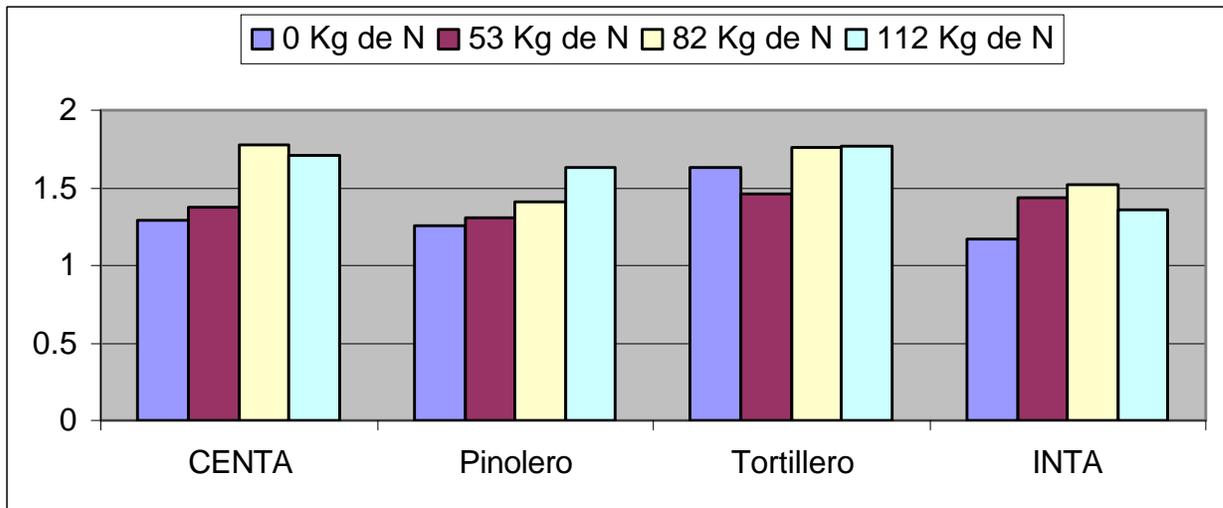


Figura 2. Concentraciones de Nitrógeno (%) en el grano en las cuatro variedades y niveles de fertilización.

4.2.6. Rendimiento de Grano.

El rendimiento del grano de sorgo es el resultado de factores biológicos y ambientales, los cuales interactúan entre sí, (Compton, 1985). También está determinado por la eficiencia que las plantas hacen en la utilización de los recursos existentes en el medio, relacionado al potencial genético.

Salmerón y García (1994), manifestaron que el rol del Nitrógeno sobre los rendimientos varía con las variedades de acuerdo al potencial genético de éstas. Éste potencial genético depende de numerosos componentes de contribución individual, pero cuya acción conjunta redundará en la expresión del rendimiento final.

El análisis del rendimiento de grano indica que existe diferencia altamente significativa para ambos factores independientes y significativo para la interacción. Dentro del factor A, el rendimiento más alto lo alcanzó la variedad INTA CNIA con $3170.5 \text{ Kg.ha}^{-1}$, siendo estadísticamente igual a Tortillero Precoz con $3077.5 \text{ Kg.ha}^{-1}$ y diferente de Pinolero 1 y CENTA RCV quedando este último en el lugar más bajo con $2219.6 \text{ Kg.ha}^{-1}$. En el análisis de

los componentes de rendimientos se ve el comportamiento que ha tenido la variedad Tortillero Precoz obteniendo los resultados más bajos en número de hojas, peso de panoja, biomasa seca y Nitrógeno en la biomasa, pero con mayor Nitrógeno en el grano y con buen rendimiento estadísticamente igual a INTA CNIA, lo que indica que esta variedad trasloca con eficiencia el Nitrógeno de la biomasa al grano y lo traduce en rendimiento.

El ANDEVA también muestra que el factor B, (niveles de fertilización), presentó mayor rendimiento con el nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N, registrando una producción de grano de 3999.1 Kg.ha⁻¹, siendo estadísticamente igual al nivel 82 Kg.ha⁻¹ de N con 3629.6 Kg.ha⁻¹ y diferente de 53 Kg.ha⁻¹ de N, ocupando el último lugar el testigo.

En conclusión podemos decir que las variedades y las cantidades de Nitrógeno aplicado afectaron los rendimientos, o sea que existen variedades con mejores rendimientos de granos que otras, esto se debe quizá a factores genéticos. Por otra parte a mayores dosis de Nitrógeno corresponde mayor respuesta en la variable rendimiento de grano y la supresión de éste elemento se traduce inmediatamente en un descenso brusco del rendimiento. Los resultados de los factores independientes se muestran en la Tabla 12.

En la interacción claramente se puede ver que a medida que aumenta la dosis de Nitrógeno aplicado aumenta el rendimiento en las variedades, excepto para la variedad Pinolero 1 que obtuvo su máximo rendimiento (3581.01 Kg.ha⁻¹) con el nivel 82 Kg.ha⁻¹ de N (a₂b₃) y disminuyendo cerca de un 6 % su producción de grano al aplicar 112 Kg.ha⁻¹ de N (a₂b₄).

El tratamiento que mostró el mayor rendimiento fue la variedad INTA CNIA con el nivel 112 Kg.ha⁻¹ de N (a₄b₄) al producir 4781.66 Kg.ha⁻¹ de grano, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. Una segunda variedad (Tortillero Precoz) le sigue a INTA CNIA en rendimiento de grano cuando se aplicó 112 y 82 Kg.ha⁻¹ de N (a₃b₄, a₃b₃) con 4383.25 y 4231.7 Kg.ha⁻¹ respectivamente, no mostrando diferencia estadística entre ellas; mientras que INTA CNIA sí muestra diferencia estadística entre éstos dos niveles (a₄b₄, a₄b₃), lo que permite concluir que ésta variedad tiende a responder mejor a las aplicaciones de

Nitrógeno. Asimismo se puede observar que las cuatro variedades expresaron su menor rendimiento de grano cuando no hubo fertilización alguna, ocupando el menor resultado la variedad Pinolero 1 con cero aplicación de Nitrógeno (a_2b_1) con $443.50 \text{ Kg.ha}^{-1}$.

Lo anterior demuestra que la fertilización natural del suelo no es suficiente para obtener buena producción de grano por ende es necesario la aplicación de este importante elemento para las variedades en estudio. Los resultados de interacción se muestran en la tabla 13.

Tabla 12. Rendimiento obtenido y significancia de los factores en estudio. Tisma, 2001.

FACTOR A		FACTOR B	
Variedad	Rendimiento (Kg.ha^{-1})	Kg.ha^{-1} de N	Rendimiento (Kg.ha^{-1})
INTA-CNIA	3170.5 a	112	3999.1 a
Tortillero Precoz	3077.5 a	82	3629.6 a
Pinolero 1	2470.2 b	53	2750.5 b
CENTA-RCV	2219.6 b	0	558.7 c
ANDEVA	**		**
CV %	15.79		15.79

Tabla 13. Efecto de interacción variedades por niveles de Nitrógeno sobre el rendimiento de grano en Kg.ha⁻¹. Tisma, 2001.

Tratamientos	Rendimiento de grano Kg.ha ⁻¹
a ₄ b ₄	4781.66 a
a ₃ b ₄	4383.25 ab
a ₃ b ₃	4231.70 ab
a ₄ b ₃	4155.36 abc
a ₂ b ₃	3581.01 bcd
a ₁ b ₄	3453.97 bcde
a ₂ b ₄	3377.67 bcde
a ₄ b ₂	3094.46 cde
a ₃ b ₂	3036.99 de
a ₁ b ₃	2550.30 de
a ₂ b ₂	2478.67 de
a ₁ b ₂	2391.95 e
a ₃ b ₁	658.21 f
a ₄ b ₁	650.70 f
a ₁ b ₁	482.29 f
a ₂ b ₁	443.50 f
Significancia	*

4.2.7. Uso Eficiente del Nitrógeno.

Según Youngquist (1992), el uso eficiente del 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 en estudio muestran claramente que hay una respuesta positiva de éstas a incrementar sus rendimientos con respecto al testigo cuando se aumenta la aplicación de Nitrógeno, éste incremento señala que por lo menos INTA CNIA y Tortillero Precoz obtuvieron la mayor respuesta con las tres dosis de Nitrógeno aplicado, pero en el incremento de rendimiento respecto al testigo en porcentaje fue superado por Pinolero 1 con la dosis de 82 Kg.ha⁻¹ de N; esto se debe a que Pinolero 1 fue la variedad que obtuvo menor rendimiento de grano cuando no se aplicó Nitrógeno alguno (443.5); sin embargo el incremento del rendimiento de grano por kilogramo de Nitrógeno aplicado, disminuye en las variedades de un 20 a 32% poniendo en evidencia de esta forma el cumplimiento de la ley de Mistcherlich de los aumentos decrecientes; otro dato interesante es que CENTA RCV muestra un aumento de rendimiento (1kg) cuando se aplica de 82 a 112 Kg.ha⁻¹ de N pero éste es no significativo, de la misma forma la variedad Pinolero 1 no disminuye la producción de grano por Kg de N aplicado cuando se aplica de 53 a 82 Kg de N pero si disminuye con la dosis más altas.

Las variedades que mejor responden al uso eficiente de Nitrógeno son INTA CNIA y Tortillero Precoz al mantener mayores rendimientos por Kg de N aplicado. La Tabla 14. Muestra los resultados del uso del Nitrógeno por las variedades en estudio con relación al incremento del rendimiento por kilogramo de Nitrógeno aplicado.

Tabla 14. Uso del N por las variedades en estudio con relación al incremento del rendimiento por kg de Nitrógeno aplicado.

Variedad	Incremento de Rendimiento Respecto al Testigo en Kg/ha.			Incremento de Rendimiento Respecto al Testigo en (%).			Incremento de Rendimiento por kg de N Aplicado en Kg		
	53 kg N	82 kg N	112 kg N	53 kg N	82 kg N	112 kg N	53 kg N	82 kg N	112 kg N
CENTA RCV	1909.67	2068.02	2971.69	496	529	716	36	25	26
Pinolero 1	2035.18	3137.52	2934.18	559	807	762	38	38	26
Tortillero Pcoz.	2378.77	3573.49	3725.03	461	643	666	45	43	33
INTA CNIA	2443.75	3504.66	4130.95	476	639	735	46	43	37

Es importante señalar que el tratamiento testigo mostró para las cuatro variedades los siguientes resultados; CENTA RCV (482.29 Kg.ha⁻¹), Pinolero 1 (443.50 Kg.ha⁻¹), Tortillero Precoz (658.21 Kg.ha⁻¹) e INTA CNIA (650.70 Kg.ha⁻¹ de grano), sin mostrar diferencia estadística entre ellos. La tabla 14 muestra también, que todas las variedades incrementaron sus rendimientos con la aplicación mas baja entre 1900 y 2400 kg de grano respecto de los rendimientos de los tratamientos testigos de cada variedad estudiada.

V. Conclusiones.

- ☞ Las variedades CENTA RCV y Pinolero 1, mostraron mayor altura y número de hojas por planta y por ende fueron las que mayor biomasa obtuvieron ubicándolas como variedades que pueden ser utilizadas con doble propósito (Grano y Forraje).
- ☞ La mayor longitud y peso de panoja fue alcanzada por la variedad Pinolero 1 y CENTA RCV respectivamente, sin embargo en el rendimiento de grano fueron superadas por INTA CNIA y Tortillero Precoz.
- ☞ La concentración de Nitrógeno en la biomasa seca y el grano varían con las variedades, obteniendo mayores contenidos INTA CNIA y Pinolero 1 en Nitrógeno en biomasa seca. Tortillero Precoz y CENTA RCV presentaron mayores concentraciones en el grano.
- ☞ Dentro de los niveles de fertilización en la mayoría de las variables no hubo diferencia estadística cuando se aplicó 112 y 82 Kg.ha⁻¹ de Nitrógeno, excepto en las variables longitud de panoja y Nitrógeno en biomasa donde 112 Kg.ha⁻¹ de Nitrógeno obtuvo mayor respuesta.
- ☞ Las cuatro variedades de sorgo responden significativamente a las aplicaciones de Nitrógeno, por lo menos dos de ellas (INTA CNIA, y CENTA RCV) lograron su mayor rendimiento de grano cuando se aplicó 112 Kg.ha⁻¹ de N, mientras que Pinolero 1 y Tortillero Precoz mostraron su mayor rendimiento de grano con 82 Kg.ha⁻¹ de N.
- ☞ El uso eficiente del Nitrógeno muestra claramente que las variedades INTA CNIA y Tortillero Precoz, hacen un mejor uso del Nitrógeno aplicado al mantener los mayores rendimientos de grano por Kg de Nitrógeno aplicado.

VI. Recomendaciones.

- ☞ No aplicar más de 82 Kg.ha⁻¹ de N en la fertilización de las variedades Pinolero 1 y Tortillero Precoz en suelos con fertilidad de media a alta.

- ☞ Someter a validación la variedad INTA CNIA con la aplicación de 112 Kg.ha⁻¹ de Nitrógeno en la zona de Tisma.

- ☞ Evaluar en estudios posteriores aspectos bromatológicos en la biomasa de las variedades en estudio, para conocer cuales de ellas responde mejor como cultivo de doble propósito (alimento humano y animal).

VII. Bibliografía.

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

Buckman, H. O. & Brady, N. C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos: Texto de edafología para enseñanza. Montener y Simón. Barcelona (Esp.), 590 p.

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.

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

Compton L, P. 1985. La investigación en sistema de producción con sorgo en Honduras, aspectos agronómicos. INISORMI / CIMMIT. México (D. F.) 37p.

Clara V, R. 1988. Problemática sobre la producción y uso de la semilla mejorada de sorgo en mesoamérica. CLAIS. San Salvador (El Salvador), 8p.

Demolón, A. 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Pueblo y educación. La Habana (Cuba), 587 p.

De Datta S, K. 1986. Producción de arroz. Ed. Mundi Prensa. 690p.

FAO. 1982. Production year book. (Warsi A, S. y Wringht B, C.) Roma (Italia), Pp. (107-108).

Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Acibria Zaragoza (Esp.). Pp (167 – 214)

INETER. 2001. Dirección general de meteorología. Resumen meteorológico diario del 2001. Managua (Nic.).

INTA. 1999. Catálogo de variedades mejoradas de granos básicos. Managua (Nic.). 11 P.

Morales V, M. J. 2002. Comportamiento de generaciones F₅ de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. FDR / UNA. Managua (Nic.). 47p.

MAG. 1991. Guía técnica para la producción de sorgo. Managua (Nic.). 32p.

Metcalf, D.; Elkins, D. 1987. Producción de cosechas fundamentales y prácticas. México (D. F). 191p.

Miller F, R. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) FAO. Producción y protección vegetal. Roma (Italia). 135p.

MAG. 1971. Manual Práctico para la interpretación de suelos, catastro e inventarios de recursos naturales. Managua (Nic.) 39p.

Matus T, O. & Chow W, Z. 2001. Validación de la variedad de sorgo blanco INTA CNIA. Informe de validación. Managua (Nic).

Olivares S, E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía. UANL. Marín, N. L.

Pineda L, L. 1999. El sorgo blanco un cultivo de futuro y un reto al problema alimentario de Nicaragua. Managua (Nic.). 5p.

Pineda L, L. 1997. Ensayo de siete variedades blancas Tortilleras. Informe técnico anual 1997. PNGB / INTA / CNIA. Managua (Nic.). 52p.

Pineda L, L. 1995. Cultivo del sorgo, guía tecnológica. INTA. Managua (Nic.),
34 P

Quintana B, J. O. 1983. Técnica para la producción de maíz. MIDINRA. Managua (Nic.), Pp.
(91 – 107).

Salmerón M, F. & García C, L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Texto Básico.
U.N.A. Managua (Nic.). 141p.

Stoskopf, N. C. 1985. Cereal Grain Crops. Reston Publishin Company, Inc. Aprenticehall
Company. Reston Virginia. Pp 369-385.

Wall, J. S. & Ross, W. M. 1975. Producción y uso del sorgo. Hemisferio Sur. Buenos Aires
(Arg.). 399p.

Youngquist, J. B. & Bramel, Cox. P. & Maranville, J. W. 1992. Evaluation of alternative
screening criteria for selecting Nitrogen – Use efficient genotypes in sorghum. Crop science
32 (6). Pp.(1310 – 1313).

ANEXOS.

Anexo 1. Comparación de medias interacción rendimiento.

Comparaciones de medias para determinar la diferencia significativa																	
en la interacción rendimiento de grano de acuerdo al criterio Tukey.																	
Medias de	a4b4	a3b4	a3b3	a4b3	a2b3	a1b4	a2b4	a4b2	a3b2	a1b3	a2b2	a1b2	a3b1	a4b1	a1b1	a2b1	W al
Tratamientos	4781.66	4383.25	4231.7	4155.36	3581.01	3453.97	3377.67	3094.46	3036.99	2550.3	2478.67	2391.95	658.21	650.7	482.29	443.5	0.05%
4781.66	0 NS	398.41 NS	549.96 NS	626.3 NS	1200.65 *	1327.69 *	1403.99 *	1687.2 *	1744.67 *	2231.36 *	2302.99 *	2389.71 *	4123.45 *	4130.96 *	4299.37 *	4338.16 *	1114.28
4383.25		0 NS	151.55 NS	227.89 NS	802.24 NS	929.28 NS	1005.58 NS	1288.76 *	1346.26 *	1832.95 *	1904.58 *	1991.3 *	3725.04 *	3732.55 *	3900.96 *	3939.75 *	
4231.7			0 NS	76.34 NS	650.69 NS	777.73 NS	854.03 NS	1137.24 *	1194.71 *	1681.4 *	1753.03 *	1839.75 *	3573.49 *	3581.00 *	3749.41 *	3788.2 *	
4155.36				0 NS	574.35 NS	701.39 NS	777.69 NS	1060.90 NS	1118.37 *	1605.06 *	1676.69 *	1763.41 *	3497.15 *	3504.66 *	3673.07 *	3711.86 *	
3581.01					0 NS	127.04 NS	203.34 NS	486.55 NS	544.02 NS	1030.71 NS	1102.34 NS	1189.06 *	2922.80 *	2930.31 *	3098.72 *	3137.51 *	
3453.97						0 NS	76.3 NS	359.51 NS	416.98 NS	903.67 NS	975.3 NS	1062.02 NS	2795.76 *	2803.27 *	2971.68 *	3010.47 *	
3377.67							0 NS	283.21 NS	340.68 NS	827.37 NS	899.00 NS	985.72 NS	2719.46 *	2726.97 *	2895.38 *	2934.17 *	
3094.46								0 NS	57.47 NS	544.16 NS	615.79 NS	702.51 NS	2436.25 *	2443.76 *	2612.17 *	2650.96 *	
3036.99									0 NS	486.69 NS	558.32 NS	645.04 NS	2378.78 *	2386.29 *	2554.7 *	2593.49 *	
2550.3										0 NS	71.63 NS	158.35 NS	1892.09 *	1899.60 *	2068.01 *	2106.80 *	
2478.67											0 NS	86.72 NS	1820.46 *	1827.97 *	1996.38 *	2035.17 *	
2391.95												0 NS	1733.74 *	1741.25 *	1909.66 *	1948.45 *	
658.21													0 NS	7.51 NS	175.92 NS	214.71 NS	
650.7														0 NS	168.41 NS	207.20 NS	
482.29															0 NS	38.79 NS	
443.5																0 NS	

Anexo 2. Comparación de medias interacción número de hojas.

Comparaciones de medias para determinar la diferencia significativa																	
en la interacción número de hoja de acuerdo al criterio Tukey.																	
Medias de	a1b2	a1b4	a1b3	a2b2	a4b3	a2b4	a2b3	a1b1	a4b4	a4b2	a2b1	a3b4	a4b1	a3b3	a3b2	a3b1	w
Tratamientos	15	15	15	13	13	13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	10	al 0.05%
15	0 NS	0 NS	0 NS	2 *	2 *	2 *	2 *	2 *	3 *	3 *	3 *	3 *	4 *	4 *	4 *	5 *	1.58
15		0 NS	0 NS	2 *	2 *	2 *	2 *	2 *	3 *	3 *	3 *	3 *	4 *	4 *	4 *	5 *	
15			0 NS	2 *	2 *	2 *	2 *	2 *	3 *	3 *	3 *	3 *	4 *	4 *	4 *	5 *	
13				0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	2 *	2 *	3 *					
13					0 NS	0 NS	0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	2 *	2 *	3 *	
13						0 NS	0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	2 *	2 *	3 *	
13							0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	2 *	2 *	3 *	
13								0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	2 *	2 *	3 *	
12									0 NS	0 NS	0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	
12										0 NS	0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	
12											0 NS	0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	
12												0 NS	1 NS	1 NS	1 NS	2 *	
11													0 NS	0 NS	0 NS	1 NS	
11														0 NS	0 NS	1 NS	
11															0 NS	1 NS	
10																0 NS	