

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



**TRABAJO DE DIPLOMA**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FUENTE DE NITRÓGENO Y DEL FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN EN EL RENDIMIENTO DEL SORGO PARA GRANO (*Sorghum bicolor* (L) Moench) Y USO EFICIENTE DEL NITRÓGENO, EN TISMA, MASAYA.

AUTORES:

Ramiro Antonio Manzanares Rugama  
Roberto Salomón Hernández Gadea

ASESORES:

MSc. Irma Vega Norori  
MSc. Leonardo García Centeno

Managua, Nicaragua 2004

## DEDICATORIA

A **DIOS**, por darme sabiduría y fuerza para lograr finalizar una de mis metas propuestas, manteniendo en mí el espíritu de lucha para vencer los obstáculos y desafíos de la vida cotidiana.

A mis padres **Pastora Rugama y Alfredo Manzanares**, que con amor, cariño, empeño y sacrificio se esforzaron para darme lo básico y necesario para lograr una formación profesional, ya que sin su apoyo tanto moral como económico no hubiese podido finalizar este sueño.

A mis hermanos, **Carlos, Rigoberto, Narcisa, Harold y Eliézer**; que supieron motivarme para poder finalizar este trabajo.

A mi novia **Hannia Sandy Ríos**, le doy gracias por haberme acompañado en este proyecto que es mi carrera; por impulsarme y apoyarme incondicionalmente a lo largo de la misma.

**Ramiro Antonio Manzanares Rugama.**

# DEDICATORIA

A **DIOS**, por darme sabiduría y fuerza para lograr finalizar una de mis metas propuestas, manteniendo en mí el espíritu de lucha para vencer los obstáculos y desafíos de la vida cotidiana.

A mis padres **DOLORES GADEA** y **ROBERTO HERNÁNDEZ**, que con amor me han apoyado durante toda mi vida.

A mis hermanos, **Gilma, Irene y Ricardo**; que supieron motivarme para poder finalizar este trabajo.

**Roberto Salomón Hernández Gadea**

# AGRADECIMIENTOS

Al Ser Supremo por darnos el don maravilloso de la vida y permitirnos salir adelante día a día en la vida.

A los miembros y representantes del programa INTSORMIL por haber financiado y/o aportado los materiales utilizados en el establecimiento, mantenimiento y culminación de este trabajo.

A nuestra asesora, la Lic. MSc. Irma Vega Norori, por haber brindado su tiempo, disposición y confianza durante el transcurso de este trabajo.

A la Ing. Helen Ruth Ramírez, por habernos brindado su ayuda en las diferentes actividades en la etapa de campo y de laboratorio comprendida en este trabajo. Asimismo, le deseamos una pronta recuperación.

A nuestro asesor, el Ing. MSc. Leonardo García Centeno, por haber depositado su confianza en nosotros para llevar a cabo la ejecución de este trabajo.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria, que influyeron positivamente en nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros de estudio, especialmente a Yolanda Herrera y Chepita García por habernos ayudado durante la fase de campo de esta investigación.

## INDICE GENERAL

Sección	Páginas
Dedicatoria	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice general	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivos específicos	4
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>5</b>
3.1 Descripción del lugar	5
3.1.1 Ubicación	5
3.1.2 Clima	5
3.1.3 Tipo de Suelo	6
3.2 Metodología experimental	6
3.2.1 Descripción del diseño y los tratamientos	6
3.2.2 Variables evaluadas	7
3.2.3 Procesamiento de datos	9
3.3 Manejo Agronómico	9
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>11</b>
4.1 Variables evaluadas durante el crecimiento	11
4.1.1 Altura de planta	11
4.1.2 Diámetro del tallo	12
4.1.3 Número de hojas	13
4.2 Variables evaluadas al momento de la cosecha.	15
4.2.1 Longitud de raquis	15
4.2.2 Longitud de panoja	16

4.2.3 Biomasa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	17
4.2.4 Nitrógeno en biomasa	18
4.2.5 Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	19
4.2.6 Nitrógeno en el grano	21
4.2.7 Nitrógeno en la panoja	22
4.2.8 Uso eficiente del nitrógeno	23
4.2.8.1 Eficiencia fisiológica	25
4.2.8.2 Relación de eficiencia	26
4.2.8.3 Eficiencia de recuperación	27
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>29</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.	Página
1. Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el experimento, Tisma, Masaya (2003)	6
2. Descripción de los tratamientos	7
3. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable altura de la planta	11
4. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamiento en la variable diámetro del tallo.	13
5. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable número de hojas.	14
6. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable longitud de raquis	15
7. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable longitud de panoja, Tisma, 2003	16
8. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable biomasa.	17
9. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable rendimiento de grano	20
10. Uso de nitrógeno por la variedad con relación al incremento del rendimiento por kilogramo de nitrógeno aplicado.	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Representación gráfica de los datos climatológicos del municipio de Tisma, departamento de Masaya, 2003.	5
2. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de nitrógeno (%) sobre la biomasa	19
3. Concentraciones (%) del nitrógeno en el grano encontradas en los tratamientos evaluados	22
4. Concentraciones (%) nitrógeno en la panoja encontradas en los tratamientos evaluados	23
5. Representación comparativa de la eficiencia fisiológica de los tratamientos evaluados	25
6. Representación comparativa de la relación de eficiencia de los tratamientos evaluados.	26
6. Representación comparativa de la eficiencia de recuperación de los tratamientos evaluados.	27

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como fin evaluar la respuesta del sorgo ante la presencia de dos fuentes de nitrógeno para poder determinar su eficiencia. Se realizó en la época de postrera del año 2003 en un período comprendido del 26 de agosto al 23 de diciembre en la finca Las esquinas 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. El experimento se estableció en un suelo franco, ligeramente ácido y con un contenido alto en materia orgánica y medio en nitrógeno. La temperatura osciló entre los 23 y 29 grados. Las precipitaciones estuvieron en un rango comprendido entre los 250 y los 300 mm. El experimento se estableció en un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto que produce la fuente de nitrógeno y el fraccionamiento de la fertilización sobre el rendimiento de sorgo para grano. La variedad en estudio fue CNIA-INTA, a la cual se le aplicó una dosis de nitrógeno de 47 kg ha<sup>-1</sup> de dos maneras: una realizada de forma completa y otra fraccionada, en dos momentos; también se usó un tratamiento alternativo que consistió en el asocio e incorporación de mungo (*Vigna radiata*). Tales tratamientos fueron comparados con un testigo (variedad sin aplicación de fertilizante). En las variables de crecimiento (altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo) y en el comportamiento de las otras variables no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los resultados obtenidos muestran que el mayor rendimiento obtenido se logró con la aplicación de la dosis de forma completa del fertilizante 12-30-10 al momento de la siembra y de urea al 46 % a los 45 dds con 9,059 kg ha<sup>-1</sup>. La aplicación de fertilizante ejerció efecto en el rendimiento de grano con respecto al testigo. El análisis de uso eficiente de nitrógeno muestra que existen efectos positivos en el incremento del rendimiento, destacándose el tratamiento 1 (fertilización realizada de forma completa), indicando un alto coeficiente de utilización de este elemento.

# I. INTRODUCCIÓN

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

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 los Estados Unidos, Canadá y otras zonas templadas del mundo.

En Nicaragua existen zonas catalogadas como óptimas para la producción de este rubro tan importante, dentro de este 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 postrera. (Alemán & Tercero, 1991)

Los niveles de producción de sorgo para Latinoamérica están por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo. Se reporta un promedio mundial en el rendimiento de 1 300 kg ha<sup>-1</sup> fluctuando entre 600 y 4 000 kg ha<sup>-1</sup>.

El cultivo de sorgo es manejado básicamente por pequeños y medianos 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 del grano.

El cultivo de sorgo en Nicaragua ocupa el 16% de área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia, colocándose en el segundo cultivo después del maíz. El sorgo es un cultivo tan rendidor como el maíz; sin embargo, es más resistente que el maíz a condiciones de sequía y anegamiento (Pineda, 1997).

Otra ventaja que presenta el sorgo es que puede permanecer latente durante los períodos de sequía y seguir creciendo cuando vuelve a llover, aunque esto (la escasez de agua en el período de emergencia y crecimiento) puede ocasionar una reducción del área foliar (INTA, 1999).

En Nicaragua, el 56% de la producción actual es utilizada para 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 endospermo blanco. La razón del consumo de sorgo con este color de endospermo radica en que este tipo de grano es más palatable, puesto que los granos rojos de sorgo contienen una sustancia denominada tanino, la cual les da un sabor amargo (Somarriba, 1998).

A pesar de la importancia del sorgo tanto para consumo humano como para la elaboración de alimentos concentrados para animales, este cultivo está por debajo del rendimiento promedio nacional que oscila entre los 3 274 y 4 583 kg ha<sup>-1</sup>. Las razones por las cuales se presume que estos rendimientos estén por debajo del promedio son meramente agronómicas, no fisiológicas.

La eficiencia en la utilización del nitrógeno es una meta de los productores de sorgo, en la actualidad, es necesario concentrar esfuerzos para el mejoramiento de la eficiencia del uso del fertilizante nitrogenado, la importancia de dicho esfuerzo se evidencia con los costos actuales del fertilizante, por lo general elevados y con la creciente preocupación acerca de los efectos adversos al medio ambiente derivados del inadecuado manejo del nitrógeno. Russelle *et al.*, (1983).

Dado que la fertilización es un carácter agronómico, debe tomarse en cuenta la eficiencia que el cultivo presenta ante la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Esto ayuda a la optimización y economía de insumos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

“Determinar el efecto que produce el tipo de fuente y el fraccionamiento de la fertilización sobre el rendimiento de sorgo para grano y el uso eficiente de nitrógeno”.

### **2.2 Objetivos específicos:**

1. Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la variedad de sorgo CNIA-INTA.
2. Determinar los mejores tratamientos de acuerdo al rendimiento obtenido.
3. Evaluar el uso eficiente de nitrógeno

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

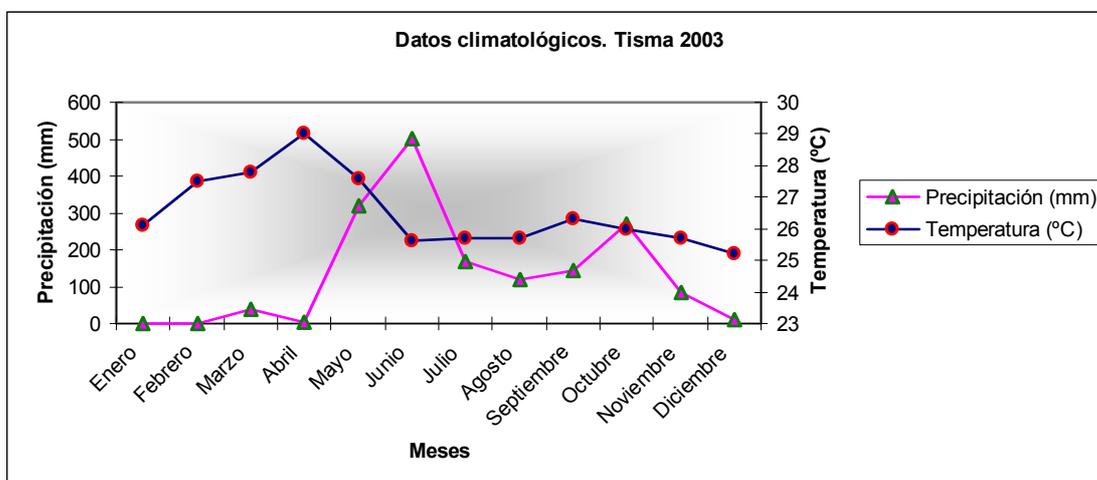
#### 3.1 Descripción del lugar

##### 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 pertenece a un bosque tropical seco y bosque subtropical húmedo según la clasificación de Holdridge (1982).

##### 3.1.2 Clima

El clima en la zona de Masaya se clasifica como sub.-húmedo, y los vientos predominantes son alisios del norte. El ensayo se estableció en la época de postrera 2003 que corresponde a los meses de septiembre a diciembre. Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el ensayo fueron se presentan en la figura 1.



Fuente: INETER, 2003

Figura 1. Representación gráfica de los datos climatológicos del municipio de Tisma, departamento de Masaya, 2003.

### 3.1.3 Tipo de suelo

El suelo del área donde se desarrolló el experimento es de textura franca con pH ligeramente ácido, presentando contenido nutricional medio, rico en fósforo y altos contenidos de nitrógeno.

**Tabla 1. Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el experimento, Tisma, Masaya. (2003)**

Nutrientes	Valor	Clasificación
pH (H <sub>2</sub> O)	6.92	Ligeramente ácido
Materia Orgánica (%)	4.7	Alta
N (%)	0.23	Contenido medio
P (ppm)	17.3	Rico
K (meq/100gr. de suelo)	2.81	Alto
Ca (meq/100gr. de suelo)	23.77	Alto
Mg (meq/100gr. de suelo)	5.24	Alto
CIC	41.7	Alta
Arena (%)	28.47	( Suelo franco)
Limo (%)	36.00	
Arcilla (%)	35.04	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, UNA 2003.

## 3.2 Metodología experimental

### 3.2.1 Descripción del diseño y los tratamientos

El ensayo fue establecido en un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar (BCA) unifactorial, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las dimensiones de la parcela experimental fueron de 4m ancho x 8m largo, lo que totaliza un área de 32 m<sup>2</sup>.

Cada bloque estuvo constituido por tres parcelas, para un área/bloque de 96m<sup>2</sup>, el área total de bloque es de 384 m<sup>2</sup>. Entre cada bloque hubo 1m de distancia. El arreglo de las parcelas en los bloques se muestra en el anexo 1.

**Tabla 2. Descripción de los tratamientos**

<b>Tipo de tratamiento</b>	<b>Dosis (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
T1= 12-30-10, Siembra (Urea 46%, 45 dds)	47
T2= 12-30-10 (25% Siembra ,75% 15 dds ) Urea 46% (50% 30 dds , 50% 45dds )	47
T3= Sorgo + Mungo (sin fertilizante), cortado e incorporado 15dds	240

Se estableció una parcela grande sin aplicación (testigo absoluto) para obtener información a la cosecha. Se realizó de esta manera porque trabajos anteriores han mostrado que esta variedad como tratamiento testigo absoluto, ha tenido los más bajo rendimiento, es decir, responde a las aplicaciones de nitrógeno, por lo que es de esperarse alguna respuesta a las aplicaciones por muy bajas que sean.

### 3.2.2 Variables evaluadas

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, a los 30 dds se tomaron 10 plantas al azar por parcela útil y se midieron las siguientes características para realizar el muestreo:

- Altura de la planta (cm.): se tomó desde la superficie del suelo hasta el nudo ciliar de la última hoja formada. Se determinaron a los 30, 45 y 60 dds
- Diámetro del tallo (mm): se tomó en la parte media de la longitud de la planta. Se contabilizó a los 30, 45 y 60 dds

- Número de hojas por planta: se contaron las hojas funcionales de la planta. Se registraron a los 30, 45 y 60 dds

**Al momento de la cosecha se evaluaron las siguientes características:**

- Longitud de panoja (cm.) se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma.
- Longitud del raquis (cm.): se tomó desde la base de la panoja hasta la primera ramilla.
- Biomasa seca producida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): se introdujo al horno una muestra de 500 gramos por 72 horas a una temperatura de  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  y luego se determinó.
- Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): Se colectó el grano proveniente de cada una de las unidades experimentales, las muestras fueron pesadas y los valores obtenidos fueron ajustados al 14% de humedad.
- Nitrógeno en biomasa: se determinó en el laboratorio para saber la cantidad de nitrógeno existente en la biomasa.
- Nitrógeno en el grano: se determinó en el laboratorio con el objetivo de conocer la cantidad de nitrógeno existente.
- Nitrógeno en la panoja: Se introdujo al laboratorio para conocer la cantidad de nitrógeno existente.
- Uso eficiente del nitrógeno. Estimándose con las siguientes formulas.

➤ Eficiencia fisiológica del cultivo:

$$EF = \frac{\text{Rendimiento } \text{kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa + Grano)} - \text{Rendimiento } \text{kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa + Grano)}}{\text{N kg ha}^{-1} \text{ C/N (Biomasa + grano)} - \text{N kg ha}^{-1} \text{ S/N (Biomasa + grano)}}$$

Donde: C/N = con nitrógeno

S/N = sin nitrógeno

➤ Relación de eficiencia.

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

➤ Eficiencia de recuperación.

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

47

### 3.2.3 Procesamiento de datos

Los datos provenientes de las variables evaluadas en el experimento fueron analizados por medio de análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza, haciendo uso del sistema de paquetes estadísticos de la Universidad de Nuevo León FAUANL, versión 2.5.

### 3.3 Manejo agronómico

El experimento fue establecido el 26 de agosto del 2003.

El terreno fue preparado con tracción animal, utilizando un pase de arado. Se sembró con una distancia de 0.8 m. Se sembró a chorrillo de forma manual. Cada parcela experimental constó de 5 surcos.

La fertilización se realizó según los tratamientos en estudio, en el primer tratamiento al momento de la siembra se aplicaron  $80.8 \text{ kg ha}^{-1}$  de completo formula 12-30-10 (9.7 kg de nitrógeno). Y a los 45 dds se aplicó urea al 46 por ciento a razón de  $80.8 \text{ kg ha}^{-1}$  (37.3 kg de nitrógeno).

Para el segundo tratamiento se aplicó la misma dosis de  $80.8 \text{ kg ha}^{-1}$ , con la diferencia que esta se hizo fraccionada para ambos tipos de fertilizantes; la dosis de completo se dividió en  $20.2 \text{ kg ha}^{-1}$  (2.43 kg de nitrógeno) al momento de la siembra y  $60.6 \text{ kg ha}^{-1}$  (7.27 kg de nitrógeno) a los 15 dds. La urea al 46 por ciento formula fraccionada se aplicó  $40.4 \text{ kg ha}^{-1}$  (18.65 kg de N) a los 30 dds y  $40.4 \text{ kg ha}^{-1}$  (18.65 kg de N) a los 45 dds.

En el tercer tratamiento, se realizó un asociado con frijol mungo-sorgo. Primero se estableció el sorgo, y a los 15 dds el frijol mungo, incorporándose éste a los 30 dds del sorgo.

Se realizó control de malezas de forma manual con machete y azadón, con un intervalo de 15 días. En total se hicieron tres controles de malezas.

La cosecha se realizó de forma manual, al completar el ciclo biológico del cultivo. (116 dds). Como indicador se tomó en cuenta el desprendimiento de los granos al tacto, además de constatar un pequeño punto negro en el grano.

**Variedad utilizada:** Se utilizó la variedad CNIA-INTA la cual presenta una altura máxima de 157 cm., el tipo de panoja es semiabierto, granos de color blanco, los días a floración son a los 68 días después de la germinación, excursión y tamaño de panoja es de 10 y 23 cm. respectivamente, los días a la cosecha son de 110 a 120 con un potencial genético de  $5,951.89 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables evaluadas durante el crecimiento.

#### 4.1.1 Altura de planta

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

La altura de las plantas del cultivo de sorgo fue evaluada en tres momentos durante el desarrollo vegetativo del cultivo. En la tabla 3 se muestran los resultados de dichas evaluaciones, realizadas a los 30, 45 y 60 días después de la siembra.

**Tabla 3. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable altura de planta. Tisma, 2003.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura de planta (cm) (30 dds)</b>	<b>Altura de planta (cm) (45dds)</b>	<b>Altura de planta (cm) (60dds)</b>
1	28.975(a)	67.00(a)	114.025(a)
2	29.15(a)	69.025(a)	112.175(a)
3	28.125(a)	76.925(a)	116.50(a)
<b>CV %</b>	<b>13.76</b>	<b>11.98</b>	<b>4.00</b>
<b>P&gt; F=</b>	<b>0.926</b>	<b>0.292</b>	<b>0.542</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>

Las evaluaciones revelaron a través del ANDEVA con un 95% de confianza que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por tanto, los tratamientos evaluados presentan la misma categoría estadística, aunque se encontraron diferencia numéricas; siendo el tratamiento 3 el que presentó mayor altura (asocio sorgo+mungo) con 116.5 cm., y el de menor altura el tratamiento 2 con 112.175 cm, habiendo una diferencia de 4.5 cm. entre éstos en la tercera evaluación.

Esto demuestra que los tratamientos evaluados, no ejercieron ningún efecto significativo sobre la variable altura en ninguno de sus estadios, es decir, que el fraccionamiento de la dosis de los fertilizantes no provocó aceleración o retardo en el crecimiento de la planta de sorgo.

#### **4.1.2 Diámetro del tallo**

Las cañas o tallos, están formados de una serie de nudos y entrenudos, es delgado y muy vigoroso. El tallo mide 0.5 cm a 5 cm de diámetro cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior. En cuanto a su consistencia, el tallo es sólido, con una corteza o tejido exterior duros y una médula suave (Somarriba, 1998).

Una planta de sorgo con un tallo débil es propensa a caerse dado que su consistencia no tolera vientos fuertes, lo que coincide con Poehlman (1965), quien planteó que el acame de las plantas se produce como resultado del pobre vigor de los tallos; el sorgo acamado constituye un medio favorable para el desarrollo de hongos y enfermedades.

El diámetro de las plantas del cultivo de sorgo fue evaluado en tres momentos durante el desarrollo vegetativo del cultivo. En la tabla 4 se muestran los resultados de dichas evaluaciones, realizadas a los 30, 45 y 60 días después de la siembra.

**Tabla 4. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamiento en la variable diámetro del tallo. Tisma, 2003.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Diámetro del tallo (mm) (30 dds)</b>	<b>Diámetro del tallo (mm) (45 dds)</b>	<b>Diámetro del tallo (mm) (60 dds)</b>
1	19.8(a)	23.5(a)	24.2(a)
2	21.4(a)	28.3(a)	29.8(a)
3	12.7(a)	22.9(a)	27.3(a)
<b>CV %</b>	<b>28.51</b>	<b>14.28</b>	<b>9.86</b>
<b>P&gt; F=</b>	<b>0.107</b>	<b>0.141</b>	<b>0.064</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>

En la variable diámetro del tallo se encontró que no existen diferencias estadísticas significativas de los tratamientos sobre la variedad CNIA-INTA, pero numéricamente, el mayor diámetro se encontró con el tratamiento 2 (fertilización fraccionada) con 29.8 mm; y el de menor diámetro el tratamiento 1 (fertilización sin fraccionar) con 24.2 mm, habiendo una diferencia de 5.7 mm.

Esto demuestra que el fraccionamiento de la fertilización no ejerció efecto significativo sobre la variable diámetro, prevaleciendo de esta forma una sola categoría estadística para los diferentes tratamientos evaluados.

#### **4.1.3 Número de hojas**

Las plantas de sorgo se diferencian unas de otras en cuanto a su número de hojas; varían de 7 a 24, según la variedad y longitud del tallo en el período de crecimiento (Compton, 1990); sin embargo, House (1982), menciona que en plantas no adaptadas, el número de hojas puede llegar a 30.

El número de hojas de las plantas del cultivo de sorgo fue evaluado en tres momentos durante el desarrollo vegetativo del cultivo. En la tabla 5 se muestran los resultados de dichas evaluaciones, realizadas a los 43, 59 y 74 días después de la siembra.

**Tabla 5. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable número de hojas. Tisma, 2003.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Número de hojas (30 dds)</b>	<b>Número de hojas (45 dds)</b>	<b>Número de hojas (60 dds)</b>
1	4.85(a)	8.35(b)	11.58(a)
2	5.03(a)	9.65(a)	12.95(a)
3	4.63(a)	9.93(a)	11.78(a)
<b>CV %</b>	<b>12.85</b>	<b>5.66</b>	<b>7.86</b>
<b>P&gt;F=</b>	<b>0.684</b>	<b>0.012</b>	<b>0.167</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>

En la evaluación del número de hojas en las plantas de sorgo, los análisis estadísticos con un ANDEVA al 95% de confianza muestran que únicamente en el segundo muestreo (59 dds) se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Al realizar la separación de medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey se presentaron dos categorías estadísticas: en la primera categoría se sitúan los tratamientos 2 y 3 con 10 hojas por planta y en la segunda categoría estadística el tratamiento 1 con 8 hojas por planta.

Mientras que la evaluación a los 60 dds no revela ninguna diferencia significativa estadística. La razón por la cual no siguen estas diferencias se debe a que el efecto del fraccionamiento de la fertilización acelera el proceso de formación de hojas, sin embargo, al final las plantas presentaron de 12 a 13 hojas por ser característico de la variedad.

## 4.2 Variables evaluadas al momento de la cosecha.

### 4.2.1 Longitud de raquis

La ejerción de la panoja es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo que se encuentra entre la panoja y el tallo. Se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja. (Álvarez & Talavera, 1990).

La longitud de raquis determina la ejerción de la panoja. Este parámetro es muy importante, debido que si la planta de sorgo no presenta una ejerción uniforme o una buena ejerción se dificulta la cosecha mecanizada. Esto es afirmado por Compton (1990), quien expresa que la longitud de ejerción es considerada de mucha importancia en la recolección mecanizada; si se tiene un genotipo de poca ejerción de panoja, al cosecharse se corta la hoja y el tallo de la planta, lo cual ocasiona una mayor cantidad de material extraño, ocasionando una baja en la calidad del grano.

El análisis de varianza muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los valores numéricos indican que el tratamiento 1 presentó mayor longitud de raquis con 6.1 cm, y el de menor longitud lo presentó el tratamiento 2 con 3.6 cm. La no significancia entre los tratamientos puede deberse a las características genéticas de la variedad (Reyes & Romero, 2003).

**Tabla 6. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable longitud de raquis. Tisma, 2003.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Longitud de raquis (cm.)</b>
1	6.1(a)
2	3.3(a)
3	4.0(a)
<b>CV %</b>	<b>46.04</b>
<b>P&gt; F=</b>	<b>0.259</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>

#### 4.2.2 Longitud de panoja

Según León (1987), la panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según la distancia entre las ramillas, posición, longitud y la densidad de flores por ramas, la posición puede ser erecta o curva.

El análisis de varianza (ANDEVA) con un 95% de confianza determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, presentándose una sola categoría estadística; aunque si existen diferencias numéricas entre estos. El tratamiento que presentó mayor longitud de panoja fue el tratamiento 1 con 27.3 cm, y el tratamiento de menor longitud de panoja fue el 3 con 26.60 cm.

Esto significa que la fuente de nitrógeno, al igual que el fraccionamiento de la fertilización química no tuvo efectos sobre la longitud de la panoja. La no significancia surgida en esta variable puede deberse, como en el caso anterior, a las características genéticas de la variedad principalmente, como en resultados obtenidos en el estudio realizado por Suarez & Zeledón (2003).

**Tabla 7. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable longitud de panoja, Tisma, 2003.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Longitud de panoja (cm.)</b>
1	27.3
2	27.00
3	26.60
<b>CV %</b>	<b>7.80</b>
<b>P &gt; F=</b>	<b>0.889</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>

#### 4.2.3 Biomasa seca (Kg ha<sup>-1</sup>)

Casi todas las variedades de sorgo aumentan de peso 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 8 y 14 días después de la antesis (Álvarez, 1991).

La materia seca puede ser calculada a partir del porcentaje de agua que contiene el material; tiene importancia porque en ella están contenidos los nutrientes que no son agua (Soza, 1981).

**Tabla 8. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable biomasa. Tisma, 2003.**

Tratamientos	Biomasa seca (kg ha <sup>-1</sup> )
1	3187.5 (a)
2	3362.5 (a)
3	3637.5 (a)
<b>CV (%)</b>	<b>6.89</b>
<b>P &gt; F=</b>	<b>0.087</b>
<b>Significancia</b>	<b>NS</b>

En los análisis obtenidos a través del ANDEVA revelan que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Es decir, que la fuente de nitrógeno, al igual que el efecto del fraccionamiento de la fertilización no incide en la producción de biomasa seca producida, lo cual indica que el aporte de la fertilización tanto fraccionada como no fraccionada o inclusive la de abonos verdes no influye sobre esta variable.

Cabe mencionar que la biomasa producida se calcula únicamente de las hojas y el tallo de la planta; asimismo, se deja entrever que en el presente ensayo los abonos verdes aportan

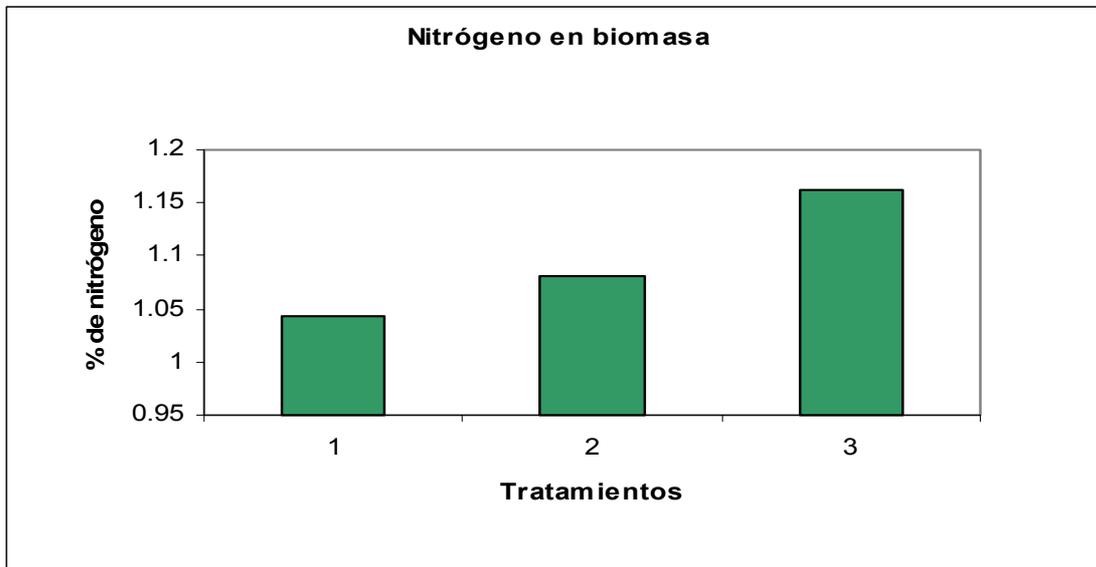
cantidades similares de nutrientes al suelo que los fertilizantes químicos para la producción de biomasa seca. No obstante, a pesar de la no significancia, se produjeron diferencias numéricas entre los tratamientos, comportándose con mayor rendimiento en biomasa seca el tratamiento 3 con 3637.5 (kg ha<sup>-1</sup>); y presentando la menor producción de la misma el tratamiento 1 con 3187.5 (kg ha<sup>-1</sup>); habiendo una diferencia de 450 kg entre el tratamiento de mayor rendimiento y el menor respectivamente.

#### 4.2.4 Nitrógeno en biomasa

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

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.

El ANDEVA demuestra que no existen diferencias significativas de los tratamientos sobre esta variable, pero sí diferencias numéricas, presentando mayor porcentaje de nitrógeno en biomasa el tratamiento 3 (asocio sorgo+mungo) con 1.16% y el de menor concentración del mismo el tratamiento 1 (fertilización con dosis total) con 1.04%, habiendo una diferencia de 0.12% entre el tratamiento mayor y menor, por tanto, los tratamientos evaluados se agrupan en una sola categoría estadística. Sin embargo, resultó interesante el hecho que el uso del mungo haya sido el de mayor porcentaje de nitrógeno en biomasa, superando a los tratamientos de fertilización química, esto se debe que el frijol mungo aporta en pequeñas cantidades nitrógeno al cultivo establecido el cual aprovecha y lo ocupa durante su desarrollo (Bucardo & Mejía 1999). A pesar de esto, la absorción de nitrógeno, independientemente del fraccionamiento de la fertilización o uso de abono verde, es altamente influenciada por muchos factores (suelo, clima y precipitaciones), entre ellos la variedad. Los resultados pueden verse en la figura 2.



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre el contenido de nitrógeno (%) sobre la biomasa

#### 4.2.5 Rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

El rendimiento del grano es la producción 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, 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, 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).

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
1	9059.6 (a)
3	7358.0 (a)
2	5359.8 (b)
<b>CV %</b>	<b>12.27</b>
<b>P&gt; F =</b>	<b>0.004</b>
<b>Significancia</b>	*

**Tabla 9. Comportamiento de la variedad CNIA-INTA con respecto a los tratamientos en la variable rendimiento de grano. Tisma, 2003.**

El análisis estadístico revela que los tratamientos evaluados ejercieron efectos significativos sobre el rendimiento de grano ( $P>F= 0.004$ ). Al realizar la separación de medias por Tukey al 95% de confianza, se determinan dos categorías estadísticas para dichos tratamientos: primera categoría los tratamientos 1 (fertilización completa, 9059.6 (kg ha<sup>-1</sup>) y tratamiento 3 (asocio sorgo + mungo, 7358 (kg ha<sup>-1</sup>); segunda categoría el tratamiento 2 (fertilización fraccionada, 5359.9 (kg ha<sup>-1</sup>).

Los resultados obtenidos muestran claramente que existió una respuesta positiva por la variedad a las aplicaciones de nitrógeno. Además, también demuestra que la fertilización que se realiza vía orgánica es tan eficaz como la química desde el punto de vista agronómico, sin tomar en cuenta los beneficios que presenta a largo plazo (mayor cantidad de materia orgánica, mejoras a la estructura del suelo, mayor retención de agua, aumento de la actividad microbiana, entre otros).

Otra razón por la cual el tratamiento alternativo resultó con mejor rendimiento de grano que el tratamiento con fertilización fraccionada se fundamenta en la cantidad de nitrógeno que el mungo aporta al suelo. Según un estudio realizado por Monegat (1991), contabilizó que la cantidad de nitrógeno que el mungo (*Vigna radiata*) aporta al suelo varía de 73-354 kg ha<sup>-1</sup> año en condiciones de campo.

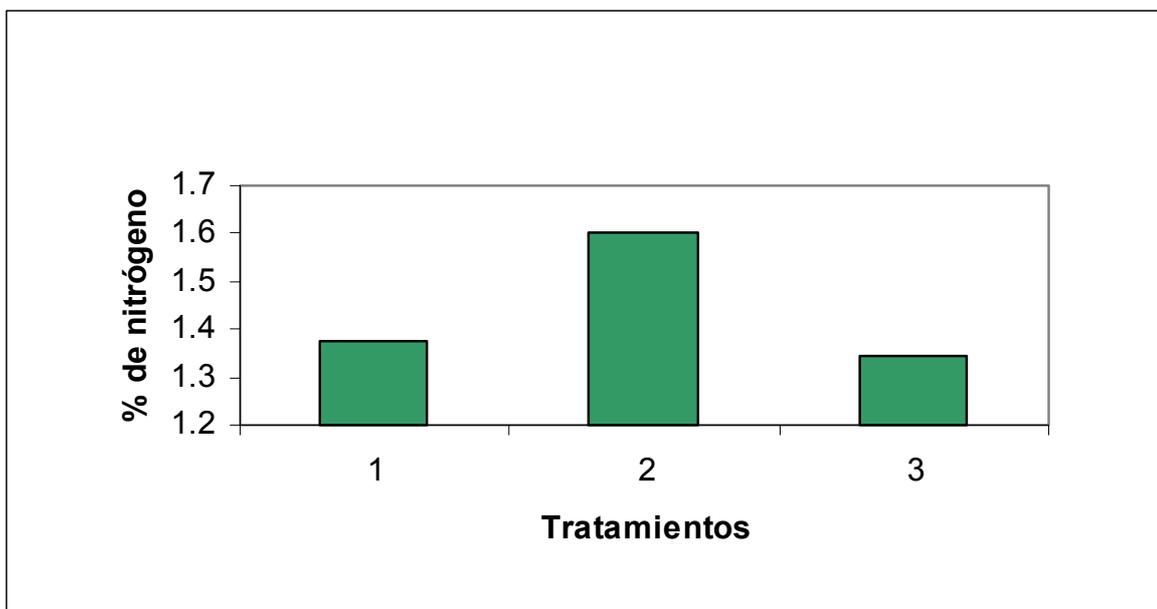
Asimismo, podemos afirmar que es necesaria la aplicación de una dosis de nitrógeno de 45 kg ha<sup>-1</sup> hasta los 45 dds. Este es otro motivo por el cual el tratamiento 2 resultó con menor rendimiento: en este tratamiento se utilizó una dosis menor (28.25 kg ha<sup>-1</sup>) en el mismo momento de la aplicación. Lo que demuestra que una reducción en la dosis de nitrógeno hasta los 45 dds ejerce efectos importantes al reducir de forma significativa los rendimientos en una relación directamente proporcional.

#### 4.2.6 Nitrógeno en el 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 del maíz siendo una buena fuente calórica, proteica, donde los carbohidratos constituyen el 82% del grano incluye almidón, celulosa, azúcar y otros, siendo el principal componente el almidón que representa el 83% del endosperma (Metcafé & Elkins, citados por Reyes & Romero, 2003)

El análisis estadístico realizado revela que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por tanto, están agrupados en una sola categoría estadística. Sin embargo, presentan diferencias numéricas, presentando el tratamiento 2 mayor porcentaje de nitrógeno en el grano (fertilización fraccionada), con 1.60%, y el de menor porcentaje el tratamiento 3 (asocio sorgo + mungo) con 1.35%.

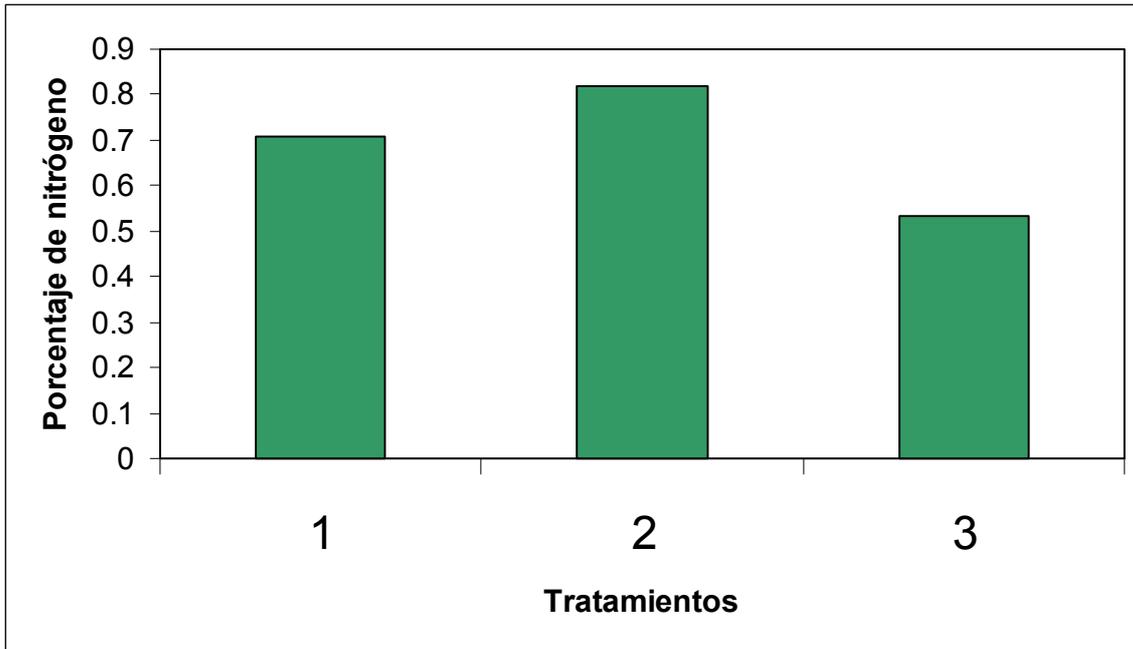


**Figura 3.** Concentraciones (%) del nitrógeno en el grano encontrado en los tratamientos, evaluados.

#### 4.2.7 Nitrógeno en panoja

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

En el análisis estadístico realizado a través del ANDEVA revela que los tratamientos no ejercieron efectos significativos sobre esta variable ( $P > F = 0.358$ ), por lo tanto, los tratamientos evaluados se agrupan en una sola categoría estadística. Sin embargo, existen diferencias numéricas entre los tratamientos, presentando mayor porcentaje de nitrógeno en la panoja el tratamiento 2 (fertilización fraccionada) con 0.82%, y el de menor porcentaje el tratamiento 3 (asocio sorgo + mungo) con 0.5350%.



**Figura 4.** Concentraciones (%) del nitrógeno en la panoja encontradas en los tratamientos evaluados

#### 4.2.8 Uso eficiente del nitrógeno

La eficiencia indica producto por unidad de insumo, y a futuro, puede ser más correcto expresar la producción por unidad de insumo, con el objeto de evaluar su efecto (Evans, 1980).

Un análisis de eficiencia de uso de nutrientes debe enfatizar la respuesta del vegetal en cuanto a producción de grano por unidad de N absorbido en la planta, o eficiencia fisiológica (Bock, 1984), o la eficiencia de utilización de N. Kanampiu *et al.*, (1997)

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.

**Tabla 10. Incremento del rendimiento de grano (kg) por kilogramo de nitrógeno aplicado. Tisma, 2003.**

Tratamientos	Rendimiento obtenido (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento del Rdto respecto al testigo		Incremento del Rdto.(kg) por kilogramo de nitrógeno aplicado ( kg)
		( kg)	(%)	
Testigo	3170			
Aplicación en un solo momento (45 kg de N)	9059.6	5899.6	186	131.1
Aplicación fraccionada (45 Kg N)	5359.9	2189.9	69	119.0
Mungo como fuente de nitrógeno	7358.0	4188.0	132	15.4

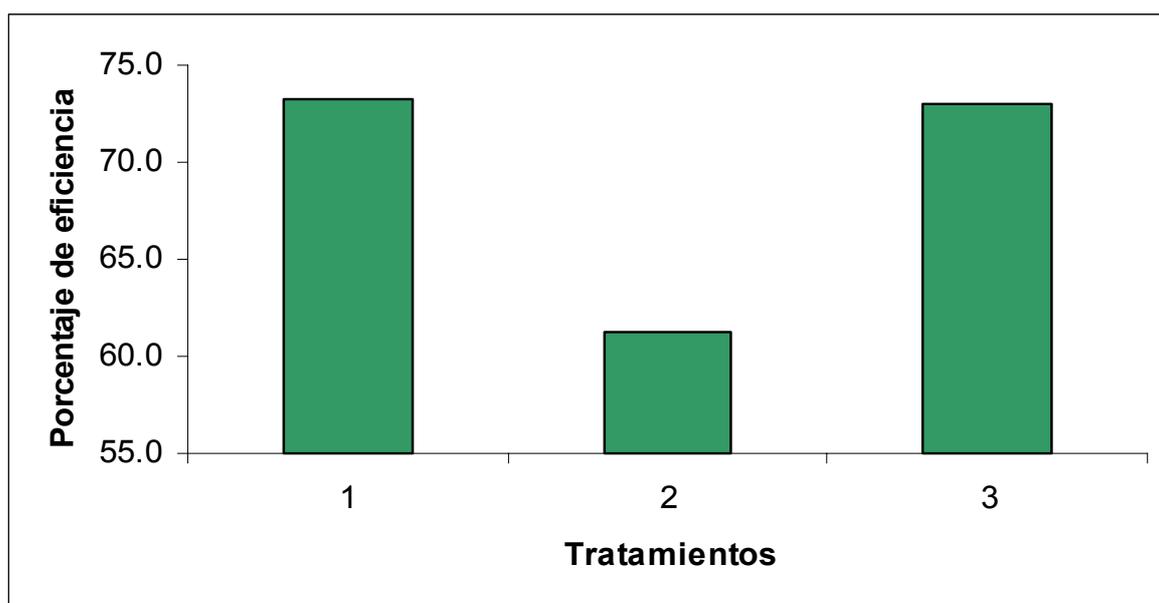
El rendimiento de granos obtenido por cada uno de los niveles de nitrógeno aplicado expresaron diferentes proporciones con relación a la producción de grano obtenido por kilogramo de nitrógeno aplicado.

El incremento del rendimiento refleja mayores proporciones cuando se le suministró el nivel de 47 kg N ha<sup>-1</sup>, considerándose alta con respecto a las proporciones obtenidas por los otros dos niveles de fertilización, de modo que este nivel es considerado el mas adecuado para la aplicación en esta variedad.

#### 4.2.8.1 Eficiencia fisiológica

Según Moll *et al.*, (1982) la eficiencia de uso de nitrógeno permite una referencia de la variación que experimentan los factores que la componen y a su vez la comparación de los procesos fisiológicos de absorción y translocación de nitrógeno en la planta.

En la comparación de los tratamientos junto con el testigo se puede observar cómo los tratamientos 1 y 3 tuvieron un comportamiento similar en el uso eficiente del nitrógeno teniendo porcentajes de 73 % en ambos casos, resulta interesante como el tratamiento 3 uso de mungo se muestra superior en 11.8 % al tratamiento 2 y casi semejante al tratamiento 1, aquí podemos notar que el cultivo del sorgo no responde a un buen uso del nitrógeno cuando el fertilizante es fraccionado como se hizo con el tratamiento 2.

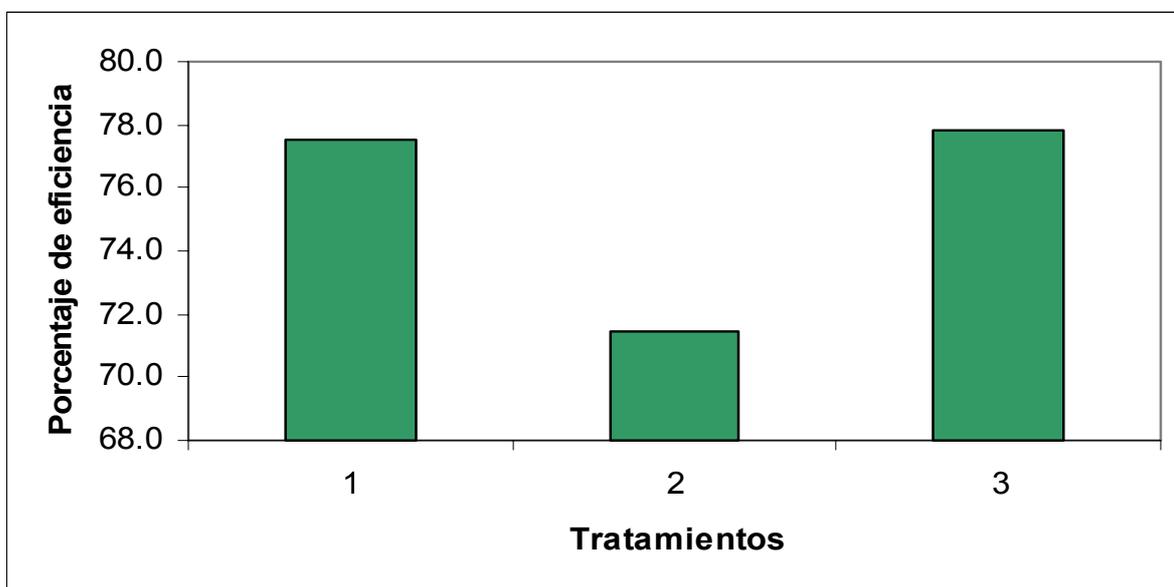


**Figura 5.** Representación comparativa de la eficiencia fisiológica de los tratamientos evaluados

#### 4.2.8.2 Relación de eficiencia

La eficiencia del fertilizante aumenta cuando se realizan aplicaciones complementarias después de la emergencia lo que produce mayor eficiencia del fertilizante al obtener mayores rendimientos de absorción de nitrógeno por unidad de nitrógeno aplicado a la planta (Lang & Mallet, 1986).

Al comparar la relación de eficiencia entre los tratamientos, se apreció que los tratamientos 1 y 3 presentan otra vez la mejor relación y tuvieron un comportamiento similar, sin embargo, a pesar de presentar la misma tendencia el tratamiento 3 se mostró ligeramente superior al tratamiento 1 con 77.8% y 77.5% respectivamente; mientras tanto, el tratamiento 2 mostró la menor relación de eficiencia con respecto a los demás con 71.5%, considerando de esta forma que el fraccionamiento del fertilizante conlleva a una baja relación de eficiencia con respecto a los tratamientos evaluados.

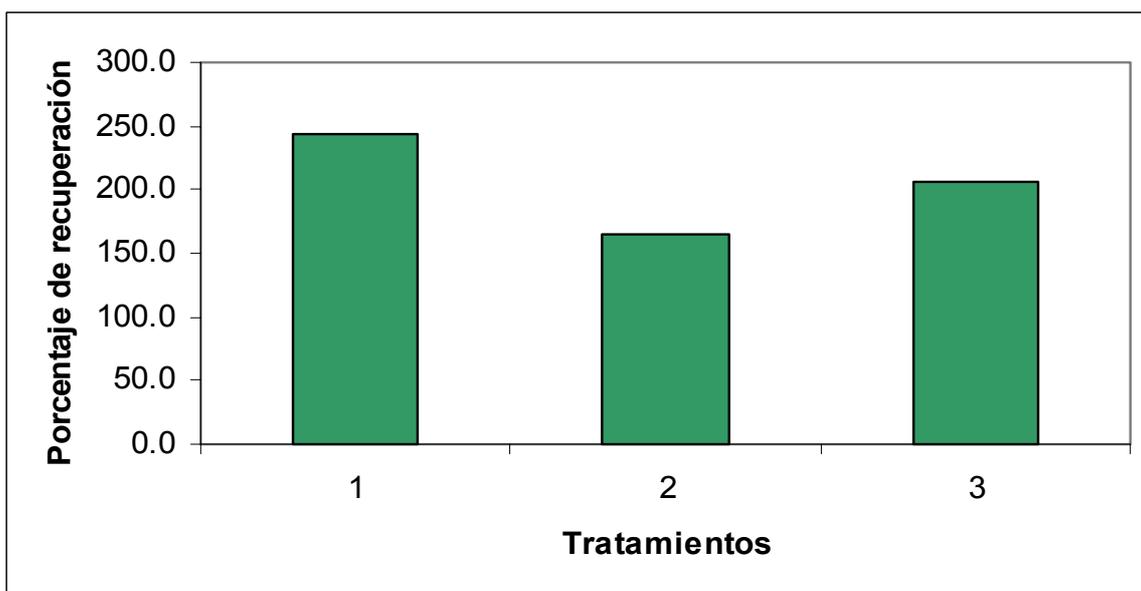


**Figura 6.** Representación comparativa de la relación de eficiencia de los tratamientos evaluados

### 4.2.8.3 Eficiencia de recuperación

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

En la eficiencia de recuperación se apreció que entre los tratamientos existen diferencias. El mejor tratamiento fue el 1 con 244.2%, seguido del tratamiento 3 (uso de mungo), con 206.9%. Se notó que el fraccionamiento de la fertilización (tratamiento 2), conlleva a una menor eficiencia de recuperación, puesto que este tratamiento presentó el menor porcentaje con 164.3%.



**Figura 7.** Representación comparativa de la eficiencia de recuperación de los tratamientos evaluados.

## V. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos, podemos concluir:

- 1.- La forma y la fuente de nitrógeno aplicado no ejerce efecto sobre las variables fisiológicas del cultivo de sorgo variedad CNIA-INTA. Es decir, que éstas son características genéticas de la variedad.
- 2.- La forma y la fuente de nitrógeno no afectan las variables longitud de raquis, panoja, biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), nitrógeno en el grano, nitrógeno en la panoja y nitrógeno en biomasa.
- 3.- El fraccionamiento de la fertilización tiene efectos significativos sobre el rendimiento de grano.
- 4.- Una reducción de la dosis en el momento óptimo de aplicación afecta significativamente los rendimientos.
- 5.- El momento óptimo para la aplicación de urea en esta variedad es hasta los 45 dds.
- 6.- El uso de mungo como fuente de nitrógeno produce buenos rendimientos.

## VI. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los objetivos propuestos y los resultados obtenidos, bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento, se recomienda lo siguiente:

- Establecer ensayos similares en esta localidad para corroborar los resultados obtenidos.
- Realizar el mismo ensayo en diferentes localidades del país para observar su comportamiento y así seleccionar la mejor o mejores localidades para su promoción
- Incluir dentro del manejo agronómico una medida de control de plagas (preferentemente técnicas MIP) para verificar el efecto de las plagas sobre el rendimiento.
- Someter a validación (sobre todo a pequeños productores) la producción de grano del sorgo utilizando mungo como fuente de nitrógeno.
- Evaluar los efectos positivos que conlleva el uso de mungo como abono verde sobre las propiedades del suelo.
- Se recomienda la dosis de nitrógeno de  $47 \text{ kg ha}^{-1}$  con una sola dosis de aplicación para obtener los mejores rendimientos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, F & Tercero, F. 1991. Inventario de información generada en agronomía en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. Priag. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 72 p
- Álvarez & Talavera, 1990. Efecto de 4 densidades poblacionales y 4 niveles de nitrógeno en el rendimiento de sorgo. Variedad pinolero. 12 p.
- Alvarez, M. A. 1991. Efecto de 4 densidades poblacionales y 4 niveles de nitrógeno en el rendimiento de sorgo. Tesis de grado. U.N.A. Managua. Nicaragua. 17 p.
- Bock, B. R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping systems. Madison, Wisconsin. 294 p
- Bucardo, M & Mejía, M. 1999. Evaluación de diferentes fechas de incorporación de frijol mungo (*Vigna radiata*) en asocio con maíz (*Zea mays* L) 51 p
- Buckman, H. O, & Brady, N. C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos: Texto de edafología para enseñanza. Montener y Simón. Barcelona (España). 590 p.
- Compton, L. P. 1990. Agronomía del sorgo. ICRSAT. Patancheru (India). 301 p.
- Cuadra, R. M. 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento, poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz, variedad NB-6. Managua. Nicaragua.
- Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducida por Humberto Jiménez Saa 1<sup>ra</sup> ed. IICA. San José, Costa Rica. 216 p

- Evans RD (1980) Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological Applications* 11: 1301-1310.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1982, production year book. 1981. FAO, Rome. P107- p108
- Fuentes, J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Mundi-Prensa, Madrid, España. P121-p122 .
- House, L. 1982. El sorgo. Guía para su mejoramiento. Editorial la Gaceta. México. 425 p
- INTA. 1999. Catalogo de variedades mejoradas de granos básicos. Managua Nicaragua. P 11.
- INTA. 1995. Guías tecnológicas para el cultivo de los granos básicos. Guía tecnológica No. 5. Cultivo del sorgo. Managua, Nicaragua. P. 13
- Kanampiu, F. K., W. Raun and G.V. Jonson. 1997. Effect of. Nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties. *J plant nutr* 404 p.
- Lang y Mallet. 1986. The effects of tillage system and rate and time of nitrogen application on maize performance on a sandy Avalon soil. *S. Afr. Journal plant. Soil.*
- León, L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica. 159 p.
- Monegat, C. 1991. Plantas de coberturas del suelo. Honduras. 336 p.
- Moll, R. H.; Kamprath, E.J & Jackson, W.A.1982. Análisis and interpretation of factor which contribuye to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy J.* 564 p

- Pineda, L.L. 1997. La producción de sorgo granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano, instructivo técnico. INTA-CENIA. Managua, Nicaragua. 36 p
- Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa. México. 453 p
- Reyes González, V.A; Romero Vargas, A.C. 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) en el municipio de Tisma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 72 p
- Russelle, M.P. ; Hauck, D. y Olson, R.A. 1983. Nitrogen accumulation rates of irrigated maize. Agronomy journal. Vol. 75
- Somarriba, C. 1998. Granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Escuela de producción vegetal. Managua, Nicaragua. 61 p
- Soza de pro Ester. 1981. Manual de procedimientos analíticos para alimento de consumo animal. Editorial V. A. Ch. 172 p.
- Suárez Martínez, M.M; Zeledón Altamirano, J.L. 2003. Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo uranífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) en el municipio de San Ramon, Matagalpa. Managua, Nicaragua. 40p
- Urquiaga, S & Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre. Génesis. Río de Janeiro. Brasil.
- Villalobos R. E. 2001. Fisiología de los cultivos tropicales. Editorial de la Universidad de San José. Costa Rica. 203 p.

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. 1310-1313. p.

# ***ANEXOS***

---

## **Anexo 1 : Plano de campo del experimento.**

### **Bloque I**

TRATAMIENTO 1 1qq Completo, 1qq Urea	TRATAMIENTO 3 Asocio Sorgo+Mungo.	TRATAMIENTO 2 Fertilizantes fraccionados.
---	--------------------------------------	--

### **Bloque II**

TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 1
---------------	---------------	---------------

### **Bloque III**

TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 3
---------------	---------------	---------------

### **Bloque IV**

TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 2
---------------	---------------	---------------

## Anexo 2. Presupuesto de los tratamientos

Componentes del presupuesto	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	9059.6	5359.8	7358.0
Rendimiento Ajustado	8154	4823.8	6622.2
Costos fijos (C\$)	1818	1818	1438
Costos variables (C\$)	720	1040	560
Costo total (C\$)	2538	2858	1998
Ingreso bruto (C\$)	18 658	11 038	15 153
Ingreso neto (C\$)	16 120	8 180	13 155
Beneficio/costo	7.35	3.86	7.58

## Anexo 3. Costos fijos de los tratamientos 1 y 2

Concepto	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad/ha	Total
Chapia	Servicio	240	1	240
Arado	Servicio	450	1	450
Fertilizante 12-30-10	qq (45 kg)	250	80.8 kg	450
Semilla de sorgo CNIA-INTA	qq (45 kg)	550	25 lbs (11.25 kg)	138
Urea 46%	qq (45 kg)	300	80.8 kg	540
<b>Total</b>				<b>1818</b>

### Anexo 4. Costos fijos del tratamiento 3

Concepto	Unidad de medida	Costo unitario (C\$)	Cantidad/ha	Total (C\$)
Chapia	Servicio	240	1	240
Arado	Servicio	450	1	450
Fertilizante 12-30-10	qq (45 kg)	250	80.8	450
Semilla de sorgo CNIA-INTA	qq (45 kg)	550	25 lb (11.25 kg)	138
Semilla de mungo	qq (45 kg)	400	45 kg	400
<b>Total</b>				<b>1438</b>

### Anexo 5. Costos variables por tratamiento.

Concepto	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
M.O aplicar Urea 46 % N. C\$	160	320	-
M.O aplicar 12-30-10 C\$	160	320	-
M.O de incorporación de mungo. C\$	-	-	160
M.O cosechar. C\$	160	160	160
M.O aporrear y limpieza grano. C\$	240	240	240
<b>Total. C\$</b>	<b>720</b>	<b>1040</b>	<b>560</b>