

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACION DE  
FERTILIZANTE NITROGENADO: EFECTO SOBRE  
EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN EL  
CULTIVO DE SORGO GRANIFERO (*Sorghum  
bicolor*(L.) Moench)**

**Br. CLIFF ALBERTO MONTERREY CERVANTES**

**ASESOR:**

**Ing. Agr. MSc. FREDDY ALEMAN ZELEDON**

**MANAGUA, NICARAGUA 1997**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACION DE FERTILIZANTE  
NITROGENADO: EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y  
RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE SORGO GRANIFERO  
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

AUTOR:

Br. CLIFF ALBERTO MONTERREY CERVANTES.

ASESOR:

Ing. Agr. MSc. FREDDY ALEMAN Z

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como  
requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrónomo con  
orientación en Fitotécnia.

MANAGUA, NICARAGUA - 1997

## **DEDICATORIA**

A mi madre: **Hilda María Cervantes**, que con mucho amor y dedicación logró que coronara mi carrera profesional.

A mi padre: **Euclides Monterrey** por su esfuerzo y abnegación con lo cual logró que fuese lo que ahora soy.

A mi novia: **Gretchen Alina Serrano** por su apoyo y ayuda incondicional durante toda mi formación profesional.

A mis hermanos: **Alexia, Alvaro y Eryel** por su apoyo moral.

**Cliff Alberto Monterrey Cervantes**

# INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	4
2.1. Ubicación del experimento	4
2.2. Metodología experimental	6
2.3. Métodos de fitotécnia	8
2.4. Análisis de follage	9
2.5. Análisis económico	9
III. RESULTADOS Y DISCUSION	11
3.1. Efecto de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el crecimiento de la planta de sorgo	11
3.1.1. Altura de planta	11
3.1.2. Diámetro de tallo de la planta de sorgo	12
3.1.3. Números de hojas de la planta de sorgo	14
3.2. Influencia de niveles de nitrógeno y momentos de aplicación sobre los componentes del rendimiento del cultivo de sorgo	16
3.2.1. Número de plantas cosechadas por hectárea	16
3.2.2. Número de panojas cosechadas por hectárea	16
3.2.3. Longitud de panoja	17
3.2.4. Número de espiguillas por panoja	18
3.2.5. Número de granos por espiguillas	19
3.2.6. Longitud de excersión de panoja	19
3.2.7. Peso de panoja	21

CONTINUA .....

SECCION	PAGINA
3.2.8. Peso de campo y biomasa de sorgo	22
3.3. Influencia de niveles de nitrógeno y momento de aplicación sobre el rendimiento de sorgo	23
* 3.3.1. Peso de mil granos	24
* 3.3.2. Rendimiento de grano	25
3.3.3. Comparaciones entre tratamientos	26
3.3.4. Interacción entre los factores en estudio	28
3.3.5. Análisis foliar	31
3.4. Análisis económico de los tratamientos evaluados	34
3.4.1. Curva de beneficios netos	35
3.4.2. Análisis marginal	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	40
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41

## INDICE DE TABLAS

TABLA #		PAGINA
1.	Ubicación y ecología del área en que se desarrollo el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996	4
2.	Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el estudio. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	5
3.	dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en estudio. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	6
4.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de plantas por hectárea, el número de panojas por hectárea y la longitud de la panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	18
5.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de espiguillas por panoja, el número de granos por espiguilla y la altura de excersión de la panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	21
6.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre peso de campo, biomasa de sorgo y peso de panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	23
7.	Influencia de dosis y momentos de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el peso de mil granos (g) y el rendimiento de grano (kg/ha). ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.	26
8.	Comparaciones ortogonales realizadas entre los tratamientos evaluados en el experimento de dosis y momentos de aplicación de fertilizante nitrogenado. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	28
9.	Rendimiento de grano (kg/ha) de las combinaciones de los factores en estudio en el experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 96.	31
10.	Influencia de niveles de nitrógeno y momentos de aplicación sobre el contenido nutricional en tejido de la planta. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	33
11.	Análisis de beneficio costo de los tratamientos en estudio. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	35
12.	Análisis marginal del experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postreras, 1996.	37

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA #		PAGINA
1.	Precipitación promedio y temperaturas medias ocurridas durante los meses en que se desarrolló el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	4
2.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre la altura de planta (cm), en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	12
3.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el diámetro de tallo (cm), en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	14
4.	Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de hojas por planta en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	15
5.	Contenido de materia seca (por ciento) en tejidos foliares de la planta de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	32
6.	Curva de beneficios netos. Experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo industrial. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.	36

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en los predios de la Empresa Almacenadora del Agro (ALMAGRO), ubicada en el departamento de Masaya, durante la época de postrera, en el período comprendido de septiembre a diciembre de 1996. Los factores en estudio fueron: dos niveles de nitrógeno (65 y 129 kg / ha) y tres momentos de aplicación (20, 30 y 20-30 días después de la siembra). El objetivo del experimento fue determinar el efecto de ambos factores y de sus interacciones en el rendimiento de grano en el cultivo del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). El diseño empleado fue bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones y seis tratamientos. La mayoría de las variables evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, entre ellas se mencionan: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, plantas por hectárea, peso de mil granos, peso de campo, biomasa de sorgo, peso de panoja, excersión de panoja, granos por espiguilla, panojas cosechadas por hectárea y rendimiento de grano. Las variables longitud de panoja y espiguillas por panoja, sí presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Para la variable rendimiento de grano se realizaron comparaciones ortogonales para obtener mayor precisión en los resultados, determinando diferencias significativas entre los tratamientos. Los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicó 129 kg/ha de nitrógeno, independientemente del momento de aplicación. Las aplicaciones a los veinte días después de la siembra obtuvieron los mejores resultados, seguido de las aplicaciones fraccionadas y por último las realizadas a los treinta días después de la siembra.



## I. INTRODUCCION

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ha sido históricamente cultivado para la producción de grano y otros fines en casi todos los países tropicales y subtropicales del mundo. En los últimos 50 años el mejoramiento de este cultivo ha permitido su extensión a las regiones templadas del mundo. Para el año 1980 la producción de sorgo se diseminó a lo largo de la mayoría de los estados de la Unión Americana, incluyendo áreas del norte y fue introducido a zonas del sur de Canadá con rendimientos económicamente competitivos (Stoskopf, 1985).

En Nicaragua existen zonas 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 de buena aptitud, donde destacan: Granada, Rivas, León, Chinandega, Managua y Estelí, en la mayoría de ellas se obtiene mejores resultados en siembras de postrera, siendo posible utilizar un cultivo precedente (Alemán y Tercero, 1991)

El cultivo de sorgo es manejado por medianos y grandes productores, quienes siembran dicho cultivo con fines industriales. La producción de sorgo proveniente de la siembra extensiva es destinada principalmente a la alimentación avícola, teniendo muy poco uso como alimento humano. Los residuos de las cosechas se utilizan para la alimentación bovina durante la época seca, para lo cual la paja con bajo contenido de humedad es empacada de forma mecánica y almacenada en lugares ventilados para su conservación.

A pesar de su importancia, los niveles de producción de sorgo, están por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo. El rendimiento promedio a nivel mundial se estima en 1 300 kg<sup>-ha</sup> fluctuando desde los más bajos rendimientos de 600 kg<sup>-ha</sup> en partes de Africa hasta hasta los más altos que son 4 000 kg<sup>-ha</sup> en Latino America (Peacock & Wilson, 84). En Nicaragua el promedio de rendimiento durante el año 96-97 fue de 2 389.1 kg<sup>-ha</sup> †

---

† <http://www.bcn.gob.ni/infanu/informes.html>

A pesar de los múltiples problemas encontrados para la producción de sorgo, todavía es posible cosecharlo de forma rentable, por medio de la utilización de tecnologías de producción que aseguren buena productividad, ahorro de recursos, y beneficios al medio ambiente (Alemán, 1997).

El nitrógeno (N), juega un papel importante en la agricultura moderna. Este elemento 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 aminoácidos, que son el componente básico de proteínas, enzimas y vitaminas.(Demolón,1975).

Un principio básico relacionado a dosis de aplicación y métodos de fertilización nitrogenada para una óptima respuesta del cultivo, es que el nitrógeno debe estar presente en cantidades suficientes en las distintas etapas fenológicas del cultivo para satisfacer los requerimientos del crecimiento de las plantas. El tiempo de aplicación del fertilizante nitrogenado en la producción de sorgo puede afectar la eficiencia del fertilizante nitrogenado y el rendimiento.

Una práctica a desarrollar para incrementar la eficiencia del fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo es la aplicación fraccionada del fertilizante. Lo anterior conduce a una mayor eficiencia del fertilizante nitrogenado, mayores rendimientos y mayor absorción de nitrógeno por unidad de nitrógeno aplicado (Lang & Mallet, 1987). Varias aplicaciones de nitrógeno durante la estación de crecimiento reducirán las pérdidas de éste elemento e incrementarán la absorción (Rhoads & Mannig, 1986).

Otros autores por el contrario mencionan que las aplicaciones fraccionadas no proporcionan ventajas sobre las aplicaciones simples . La eficiencia relativa del nitrógeno aplicado en diferentes momentos está determinada en gran medida por las características de suelo y condiciones climáticas. Las aplicaciones fraccionadas han mostrado ser benéficas en suelos de textura gruesa en donde las pérdidas por lavado son comunes.

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 pobre manejo del nitrógeno (Ruselle *et al.*, 1983).

Hasta la fecha, la información existente en Nicaragua sobre fertilización en el cultivo de sorgo es limitada y no concluyente. Las recomendaciones de fertilización en este cultivo se hacen en base a experiencia del técnico y/o productor y/o en base a los requerimientos de nutrientes del cultivo, sin tomar en cuenta el contenido y disponibilidad de nutrientes del suelo.

En la actualidad ha tomado auge el término agricultura de precisión, que consiste en la máxima aprovechabilidad de los recursos disponibles en los sistemas de producción. Lo anterior conduce a examinar de manera detallada las dosis de fertilizantes necesarias en la producción de sorgo, de igual forma el momento más apropiado durante el desarrollo de la planta para aplicar dicho fertilizante.

Estudios realizados en la zona de Masaya revelan la variabilidad en la cantidad de fertilizante nitrogenado utilizado por los productores de sorgo. Las aplicaciones varían desde dos hasta seis quintales por manzana, obviándose en la mayoría de los casos los criterios básicos para seleccionar la dosis de fertilizante. Lo anterior sugirió la necesidad de realizar el presente experimento, el cual perseguía los siguientes objetivos:

- 1- Generar información acerca de la respuesta del cultivo de sorgo granífero a la fertilización nitrogenada.
- 2- Determinar el momento óptimo de aplicación y dosis adecuadas de fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo.
- 3- Determinar el efecto de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento como tal en el cultivo de sorgo.
- 4- Determinar posibles interacciones entre los factores en estudio (momento de aplicación y dosis de fertilizante nitrogenado).
- 5- Identificar cual de los tratamientos evaluados ofrece mayor beneficio económico para el productor.

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó en época de postrera (septiembre-diciembre), 1996, en los predios de la empresa almacenadora del agro.(ALMAGRO), ubicada en el departamento de Masaya. La ubicación geográfica y condiciones climáticas durante 1996, se presenta en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1. Ubicación y ecología del área en que se desarrolló el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

Latitud norte	15° 59'
Latitud oeste	86° 06'
Altura (m.s.n.m.)	250
Temperatura media anual (°C)	26
Precipitación anual (mm)	1752
Humedad relativa (por ciento)	78

Fuente: Instituto nicaraguense de estudios territoriales (INETER, 1996)

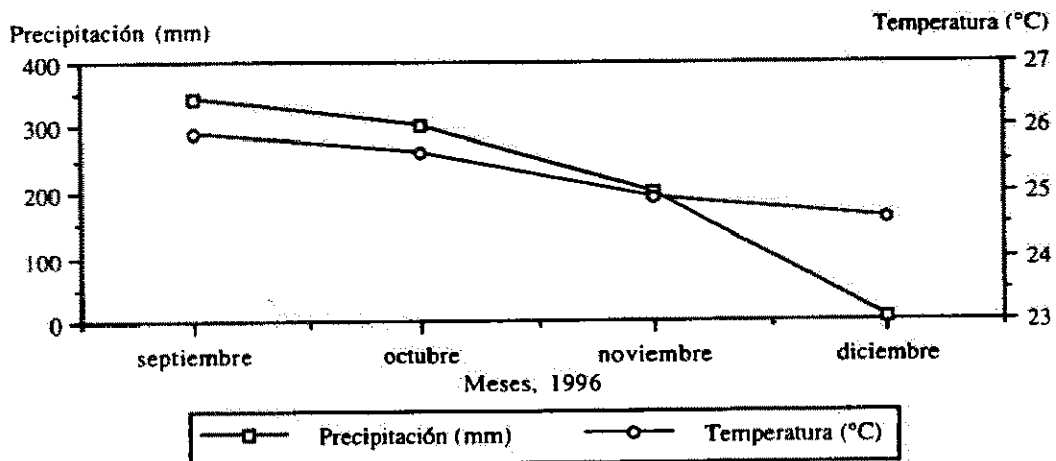


Figura 1. Precipitación promedio y temperaturas medias ocurridas durante los meses en que se desarrolló el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

**Tipo de suelo.** El suelo del área donde se desarrolló el experimento es de textura franca, con pH ligeramente ácido (6.3). Presenta contenido medio de materia orgánica (2.4 por ciento). El contenido nutricional es medio en nitrógeno, pobre en fósforo y alto contenido de potasio.

Tabla 2. Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el estudio. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

Nutrientes	Valor	Clasificación
pH (H <sub>2</sub> O)	6.3	Ligeramente ácido
Materia orgánica (%)	2.40	Medio
N (%)	0.12	Contenido medio
P (ppm)	4	Pobre
K (meq / 100 g de suelo)	1.14	alto
Fe (ppm)	32	alto
Cu (ppm)	13.8	Alto
Zn (ppm)	1.4	Muy bajo
Mn (ppm)	1.5	Alto
Arcilla (%)	27.5	
Limo (%)	30	
Arena (%)	42.5	(Suelo franco)

\*Fuente: Laboratorio de suelos, UNA.1996.

## 2.2. Metodología experimental

**Descripción del diseño y tratamientos.** Los factores de estudio fueron dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado. La descripción de los tratamientos se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en estudio.  
ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Factor A	Factor B
dosis de N (kg/ha)	Momento de aplicación (dds)
a1= 65 kg / ha (1 qq/mz)	b1 =20
a2= 129 kg / ha (2 qq/mz)	b2 = 30
	b3 = 20 y 30 (fraccionado)

dds= días después de la siembra.

**Diseño a utilizar.** El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA), en arreglo combinatorio (dosis y momento de aplicación), con cuatro réplicas.

**Dimensión y descripción de la unidad experimental.** Cada parcela experimental estuvo compuesta por 6 surcos los cuales tuvieron 6 metros de largo y separados a 0.91 m entre ellos, para un área de 32.76 m<sup>2</sup> (6 m \* 5.46 m), ocupando la parcela útil 4 surcos centrales donde se tomaron los datos a las variables a evaluar. La separación entre las parcelas experimentales fue de 1.82 m. El área de cada repetición fue de 251.16 m<sup>2</sup> (41.86 m \* 6 m). Cada repetición estuvo separada 2 m. El área total del experimento fue de 1339.52 m<sup>2</sup> (41.86 m \* 32 m).

### **Variables a evaluar**

**Durante el crecimiento del cultivo.** Conteo de planta emergidas a los 9 días después de la siembra, lo que se realizó en los 4 surcos centrales del experimento

Altura de planta (cm). Tomada desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja, en tres momentos después de la siembra (30, 45 y 75 días después de la siembra).

Diámetro del tallo (mm). Se seleccionaron diez plantas dentro de la parcela útil, a las cuales se les determinó en diámetro del tallo en la parte media de la planta, en tres momentos después de la siembra (30, 45 y 75 días después de la siembra).

Número de hojas por planta. Se tomó como hojas las que presentaron el collar foliar visible, en tres momentos después de la siembra (30, 45 y 75 días después de la siembra).

Días a floración. Tomadas a partir del día de siembra, hasta el momento en que el 50 por ciento de las plantas tengan las panojas a un 50 por ciento de floración.

Análisis foliar. Este se realizó con el fin de conocer el estado nutricional del cultivo en dependencia de los tratamientos en estudio. Se realizó cuando las plantas tuvieron completamente la espiga emergida (estado vegetativo 7), el muestreo se realizó en la segunda hoja de la parte superior de la planta, a partir del ápice.

**A la cosecha.** Longitud panoja (cm). Tomado a partir de la primera ramilla de la panoja, hasta su ápice

Excursión de panoja (cm) Tomado a partir de la hoja bandera hasta la primera espiguilla de la panoja.

Número de espiguillas y granos por espiguillas. Efectuándose en 10 panojas al azar de la parcela útil para cada tratamiento.

Número de plantas y panojas cosechadas por metro cuadrado dentro de la parcela útil.

Peso de mil granos: Para esto se tomaron mil granos de cada tratamiento, se pesaron y se ajustó su peso al 12 por ciento de humedad.

Rendimiento de grano (kg/ha). La producción de cada tratamiento fue pesada y ajustada al 12 por ciento de humedad

Peso de campo. Las panojas cosechadas por parcela útil fueron pesadas en su totalidad para determinar el peso de campo.

Peso seco de plantas. Se seleccionaron diez plantas al azar dentro de la parcela útil y se le determinó el peso seco

**Análisis estadístico.** Los datos provenientes de los los factores de crecimiento de la planta de sorgo, los componentes del rendimiento y el rendimiento como tal fueron analizados por medio de análisis de varianza y pruebas de rangos múltiples de Tukey al 95 por ciento de confianza. Las medias de rendimiento fueron sometidos a comparaciones por medio de contrastes ortogonales

### **2.3. Métodos de fitotécnia**

La preparación de suelo se realizó de forma convencional, utilizando un pase de arado, dos pases de grada y nivelación.

La siembra se realizó con sembradora mecánica, en surcos separados a 0.91 m, depositando un promedio de 35 semillas por metro lineal, para una norma de siembra de 25.5 l/ha, para el establecimiento de 249 423 plantas por hectárea.

La fertilización consistió en la aplicación de 129 kg/ha de la fórmula 12-30-10 (15.48 kg/ha de N, 38.7 kg/ha de  $P_2O_5$  y 12.9 kg/ha de  $K_2O$ ). A los 20 y 30 días después de la siembra se aplicaron los respectivos niveles de nitrógeno en estudio.

Para el control de malas hierbas se utilizó una mezcla de pendimetalín + atrazina en dosis de 0.75 l/ha y 0.5 l/ha respectivamente, cuando el cultivo tenía de 2-3 hojas verdaderas. A los 20 días después de la siembra se realizó un control mecánico (azadón)



La cosecha se realizó de forma manual al completar el ciclo biológico del cultivo (en días)

Variedad utilizada. Se utilizó la variedad PIONEER 8300, la cual presenta un promedio de altura de 1.60 metros, panoja semi -abierta, grano semi-duro de color rojo, floración a los 56 días, excelente excersión de panoja, buena resistencia al carbón (*Sphacelotheca sorghi* (Ehrenberg) Link.) la antracnosis (*Colletotrichum graminicola* (Ces) G.W. Wils). y al mildiu (*Peronosclerospora sorghi* Weston &Uppal). Presenta un 25 por ciento de humedad a los 95 días después de la siembra.

#### **2.4. Análisis de follage**

Se tomaron muestras follage a los 75 días después de la siembra para determinar el contenido nutricional en las hojas de sorgo tratadas con fertilizante nitrogenado Para ello se selecciono la hoja inmediata inferior a la hoja bandera, tomadose muestras de 10 plantas

#### **2.5. Análisis económico**

Los datos de rendimiento fueron sometidos a análisis económico con el propósito de determinar los beneficios netos y retornos marginales de cada uno de los tratamientos. Para ello se utilizó la metodología de presupuesto parcial propuesta por CIMMYT (1988).

Para la realización del análisis económico, se aplicó la técnica del presupuesto parcial (CIMMYT, 1988) utilizando los rendimiento medios de cada uno de los tratamientos.

Los principales conceptos que se utilizan para el procedimiento son:

Costos que varían. Son los costos por unidad de área relacionados con los insumos comparados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro,

**Rendimiento.** Es el rendimiento de cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento

**Rendimiento ajustado.** Al rendimiento obtenido de cada uno de los tratamientos se le resta el 10 por ciento, ya que se considera el incremento del rendimiento de parcelas con factores controlados.

**Beneficio bruto.** El beneficio bruto se calcula multiplicando el precio de campo por el rendimiento ajustado obtenido en los ensayos.

**Beneficio neto.** El beneficio neto resulta de restar el beneficio bruto menos el total de costos variables.

**Tasa de retorno marginal.** Es el incremento en la ganancia que se obtiene al pasar de un tratamiento a otro de mayores costos variables.

**Precio de campo.** Es el precio del quintal de sorgo al momento de la cosecha.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Efecto de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el crecimiento de la planta de sorgo

##### 3.1.1. Altura de planta

Altura de planta. La altura de planta es un dato útil para su clasificación y varía de 45 cm a más de 4 m. La altura de planta, es considerado un factor de mucha importancia debido a que para la recolección mecanizada es recomendable alturas bajas que oscilan entre 140-160 cm lo que permite una cosecha acorde a la altura de corte de la combinada de granos (Pineda, 1988).

La altura de planta está relacionada con los niveles de nutrientes que se encuentren en el suelo. El nitrógeno es el elemento que mayor influencia tiene sobre el crecimiento vigoroso de la planta, e influye sobre el proceso de división celular.

La altura de plantas fue evaluada durante tres etapas del desarrollo vegetativo de la planta de sorgo. A los 30, 45 y 75 días después de la siembra.

En los tres momentos considerados en el análisis no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Respecto a la dosis de fertilizante nitrogenado utilizada, la altura de plantas fue superior en el tratamiento que recibió 129 kg/ha de urea, en los tres muestreos efectuados (Figura 2). La diferencia se acrecentó a los 45 y 75 días después de la siembra.

La tendencia que muestran los tratamientos es a un mejor desarrollo vegetativo cuando se utiliza una dosis superior de nitrógeno. No es apropiado con únicamente dos tratamientos sugerir que la altura de plantas se incrementará con dosis mayores, investigación posterior es requerida para sustentar dicha hipótesis.

El análisis de varianza y las comparaciones entre medias muestra que no existen diferencias significativas entre los momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado respecto a la altura de las plantas del cultivo de sorgo. En las tres fechas de evaluación, la menor altura la presentó el tratamiento con fertilización nitrogenada a los 30 días después de la siembra.

La máxima aprovechabilidad del fertilizante nitrogenado se da en estadíos tempranos de desarrollo de la planta. En esta condición el nitrógeno se encuentra presente durante etapas críticas del desarrollo del cultivo. Aplicaciones tardías de nitrógeno no compensan las deficiencias ocurridas en estadíos tempranos.

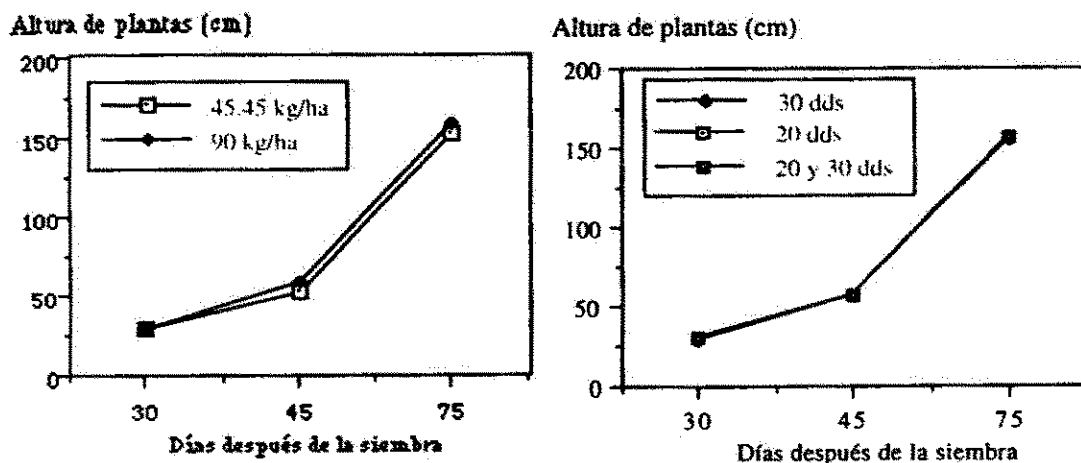


Figura 2. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre la altura de planta (cm), en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

### 3.1.2. Diámetro de tallo de la planta de sorgo

El diámetro del tallo varía desde menos de 1 cm, en ciertos derivados herbáceos, hasta 5 cm en ciertas variedades tropicales tardías. Aumenta en relación con la cantidad de nudos (7 a 24), por lo cual se explica que las variedades tardías tengan tallos más gruesos que las precoces (Wall & Ross, 1975).

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

El análisis estadístico realizado indica que la variable diámetro del tallo de plantas de sorgo no muestra diferencias entre las dosis utilizadas. Los resultados muestran que el nivel de aplicación de 129 kg/ha obtuvo el mayor diámetro de tallo en las tres fechas de evaluación. Sin embargo, la diferencia es mínima comparado con la aplicación de 65 kg/ha (Figura 3).

La evaluación realizada al momento de aplicación muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Las evaluaciones realizadas a los 45 y 75 días después de la siembra indican que el mayor diámetro de plantas en el cultivo de sorgo lo presenta la aplicación de nitrógeno fraccionada. En segundo lugar se ubica la aplicación a los 20 días después de la siembra.

La aplicación de fertilizante nitrogenado a los 30 días después de la siembra no permite la asimilación del nitrógeno en los requerimientos de la planta, al igual que en la variable altura de planta los valores obtenidos en el diámetro de la planta fueron inferiores, lo que indica que el fertilizante nitrogenado no fue aprovechado por la planta para su normal crecimiento y desarrollo.

En las dos últimas fechas de evaluación las que en realidad muestran la verdadera tendencia de los tratamientos la aplicación de nitrógeno a los 20 días después de la siembra ocupó una posición intermedia, después de la aplicación fraccionada.

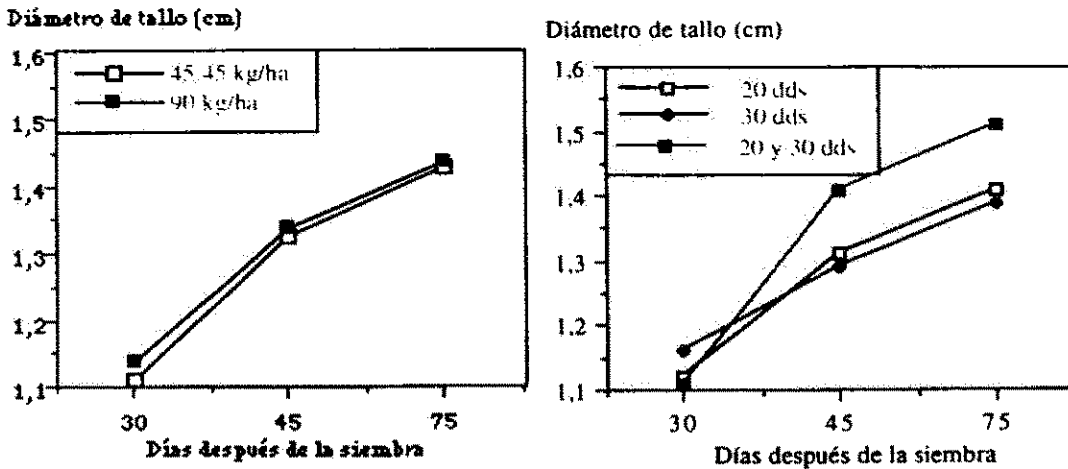


Figura 3. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el diámetro de tallo (cm), en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

### 3.1.3. Números de hojas de la planta de sorgo

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento. Las hojas maduras son de 30 a 135 cm de longitud y de 1.5 a 15 cm de ancho. La última hoja producida es la hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo (Compton, 1990).

El análisis de varianza y comparaciones de medias del factor dosis de aplicación de fertilizantes nitrogenados indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los dos momentos evaluados, en ninguna de las fechas de muestreo. Es importante puntualizar que la dosis de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado presentó el mayor valor en número de hojas en las tres fechas evaluadas (Figura 4).

Los factores evaluados hasta el momento muestran la tendencia de mayor valor en el tratamiento de 129 kg/ha, sin embargo las diferencias son mínimas y no presentan diferencias desde el punto de vista estadístico.

El mayor valor en el número de hojas permite inferir que en el tratamiento de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado existe mayor disponibilidad del nitrógeno, que se traduce en mejor respuesta del crecimiento de la planta.

El análisis de los momentos de aplicación muestran una vez más comportamientos similares entre los tratamientos evaluados. Es posible observar en los datos resultantes que existen diferencias numéricas entre los tratamientos evaluados. En los muestreos realizados a los 45 y 75 días después de la siembra el mejor comportamiento lo presenta al tratamiento con aplicación de nitrógeno a los 30 días después de la siembra, y en segundo lugar la aplicación a los 20 días después de la siembra.

El comportamiento de esta variable muestra una tendencia contraria a las obtenidas con la altura de plantas y el diámetro del tallo.

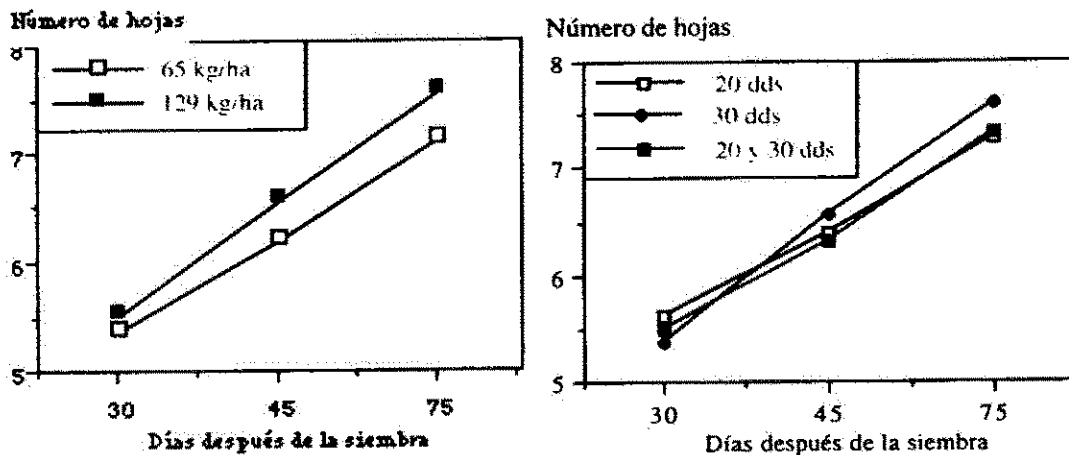


Figura 4. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de hojas por planta en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postretera, 1996.

### **3.2. Influencia de niveles de nitrógeno y momentos de aplicación sobre los componentes del rendimiento del cultivo de sorgo**

#### **3.2.1. Número de plantas cosechadas por hectárea**

El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (dosis de aplicación). Los resultados muestran que el nivel 129 kg/ha presentó el mayor número de plantas cosechadas por área, en relación a la aplicación de 65 kg/ha (Tabla 4). El comportamiento de esta variable es el esperado si se considera que el establecimiento de plantas fue igual para las dos dosis en estudio.

Los valores de plantas cosechadas obtenidos en los momentos de aplicación fueron aproximados. El análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los momentos de aplicación evaluados. No obstante en la Tabla 4 se refleja que el tratamiento aplicado a los 30 días después de la siembra obtuvo los mayores promedios de plantas, seguido de la aplicación a los 20 días. El menor número de plantas lo presenta la aplicación a los 20 y 30 días después de la siembra.

#### **3.2.2. Número de panojas cosechadas por hectárea**

Los análisis estadísticos realizados a esta variable, muestran que en los niveles de aplicación no hay diferencias significativas. En la Tabla 4, se presentan los resultados de esta variable, donde el nivel de nitrógeno 65 kg/ha, presenta ligera superioridad en el número de panojas cosechadas por área.

En los momentos de aplicación, no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. La aplicación a los 20 días después de la siembra obtuvo el mayor número de panojas. El menor número lo presenta el tratamiento con aplicación fraccionada (20 y 30 días después de la siembra) (Tabla 4). Las diferencias numéricas encontradas no definen ninguna tendencia en los tratamientos evaluados.



### 3.2.3. Longitud de panoja

La panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según distancia entre las ramillas, posición, longitud y la densidad de flores por rama (Compton 1990). Leon, 1987, plantea sobre esta variable que la longitud y el ancho de la panoja están inversamente relacionados.

La longitud de la panoja en el cultivo de sorgo es una variable que está ligada tanto a los factores genéticos como ambientales. Es de gran importancia en el rendimiento, ya que panojas de mayor tamaño tienen mayor número de espiguillas y de granos, lo que aumenta el rendimiento.

Los análisis estadísticos realizados a esta variable, muestra que en las dosis de nitrógeno no existen diferencias significativas. En la Tabla 4, se presentan los resultados de esta variable, en la cual se refleja que el tratamiento 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, obtuvo la mayor longitud de panoja.

En cuanto a los momentos de aplicación el análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Los resultados presentados en la Tabla 4, indica que existen 3 categorías estadísticas (TUKEY ALPHA=5 por ciento). La mayor longitud de panoja se obtuvo en el tratamiento que recibió aplicación fraccionada de nitrógeno (20 y 30 días después de la siembra), seguido del tratamiento 20 días y en último lugar la aplicación a los 30 días después de la siembra.

El tratamiento con aplicación a los 30 días después de la siembra difiere del tratamiento con aplicación fraccionada, sin embargo se comporta de igual forma desde el punto de vista estadístico con el tratamiento aplicado a los 20 días después de la siembra.

Tabla 4. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de plantas por hectárea, el número de panojas por hectárea y la longitud de la panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

Tratamientos	plantas/ hectárea	panojas/ hectárea	longitud panoja
<b>Niveles de nitrógeno</b>			
65 kg/ha	242 331 a	229 968 a	25.73 a
129 kg/ha	256 687 a	227 621 a	26.04 a
	NS	NS	NS
<b>Momentos de aplicación</b>			
20 dds	246 480 a	238 152 a	25.61 ab
30 dds	247 854 a	225 017 a	25.21 b
20 y 30 dds	245 192 a	223 214 a	26.83 a
ANDEVA	NS	NS	*
CV (%)	8.52	5.83	4.00

Separación de medias TUKEY 5 % de significancia. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente

### 3.2.4. Número de espiguillas por panoja

El número de espiguillas por panoja es una característica que forma parte de la fase reproductiva del cultivo de sorgo, y es utilizado en estudios con fines de descripción varietal (García, 1985).

El análisis de varianza realizado a esta variable indica que no existen diferencias significativas entre las dosis de aplicación de nitrógeno. Los resultados obtenidos

muestran que el tratamiento con aplicación de 129 kg/ha presentó mayor número de espiguillas en relación a la aplicación de 65 kg/ha de nitrógeno (Tabla 5).

En relación con los momentos de aplicación, el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. En la Tabla 4, se presentan dichos resultados, donde se reflejan dos categorías estadísticas. El mejor tratamiento fue la aplicación de nitrógeno en dos momentos (20 y 30 días después de la siembra). El tratamiento de menor número de espiguillas fue la aplicación realizada a los 30 días después de la siembra.

### **3.2.5. Número de granos por espiguillas**

En relación a la dosis de aplicación de nitrógeno, los análisis estadísticos muestran que no hay diferencia significativas entre los tratamientos en estudio. Los resultados de la evaluación de esta variable se muestran en la Tabla 5, donde el tratamiento con aplicación de 129 kg/ha obtuvo los mejores resultados, en relación a la dosis de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado.

Los análisis estadísticos del factor momentos de aplicación, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de esta variable. El momento de aplicación 20 y 30 días después de la siembra resultó con el mayor promedio, seguido del tratamiento con fertilización nitrogenada aplicada a los 30 días después de la siembra.

### **3.2.6. Longitud de excursión de panoja**

La excursión es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo que está entre la panoja y el tallo. La excursión se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja. Una buena excursión de panoja permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera, lo que reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula. La excesiva longitud de la excursión de la panoja posibilita el quiebre del pedúnculo y por lo tanto la pérdida de grano (Alvarez & Talavera, 1990).

La excersión está controlada genéticamente, pero factores ambientales adversos como la deficiencia de agua pueden ejercer efectos pronunciados (Compton, 1990).

El análisis estadístico no presenta diferencia significativa en ninguno de los factores estudiados ni en las interacciones (Tabla 5), esto debido probablemente a que esta característica está influenciada por factores genéticos; no obstante puede estar influenciado por el medio ambiente aunque no significativamente (Alvarez & Talavera, 1990)

Los momentos de aplicación presentaron valores aproximados en la longitud de excersión de la panoja. En la Tabla 5, se puede observar que la aplicación de nitrógeno a los 30 días después de la siembra mostró ligera superioridad en relación a los restantes tratamientos. El menor promedio fue para el momento de aplicación 20 y 30 días después de la siembra.

Tabla 5. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el número de espiguillas por panoja, el número de granos por espiguilla y la altura de excursión de la panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Tratamientos	espiguillas/ panoja	granos/ espiguilla	excursión de panoja
<b>Niveles de aplicación</b>			
65 kg/ha	43.60 a	44.43 a	18.45 a
129 kg/ha	44.47 a	46.92 a	17.83 a
	NS	NS	NS
<b>Momentos de aplicación</b>			
20 dds	42.85 b	42.03 a	18.57 a
30 dds	42.50 b	45.86 a	18.76 a
20 y 30 dds	46.76 a	49.14 a	17.11 a
ANDEVA	**	NS	NS
CV (%)	5.64	15.86	11.50

Separación de medias TUKEY 5 % de significancia. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

### 3.2.7. Peso de panoja

después de los 45 a 50 días, el inicio floral ha desarrollado una panícula completa de racimos y de esta manera se ha determinado el tamaño potencial de la panoja. (compton, 1990). después de la polinización crece aceleradamente el peso del grano y muchas veces la tasa de crecimiento del peso de este es mayor que la del resto de materia seca.

En los resultados obtenidos no se encontró significancia entre los niveles estudiados, sin embargo el segundo nivel de aplicación (129 kg/ha) presentó el mayor peso de panoja (Tabla 6).

En los momentos de aplicación se encontró diferencias significativas entre el tercero y los demás momentos. La aplicación fraccionada (20 y 30 dds) presentó el mayor peso de panoja (Tabla 6).

Se hace necesario señalar que el mayor peso de panoja en este estudio está directamente relacionado con el número de espiguillas por panojas y granos por espiguillas y que a su vez la cantidad de ambos depende del suministro de nitrógeno con el que cuenta la planta durante su crecimiento y desarrollo.

Al estudiar la interacción entre los factores, el análisis indicó que cuando se aplica 129 kg / ha a los 20 y 30 dds se obtiene el mayor peso de panoja, sin embargo la interacción es no significativa.

### **3.2.8. Peso de campo y biomasa de sorgo**

Para las variables peso de campo y biomasa de sorgo, no se encontró diferencias significativas en ninguno de los factores en estudio, ni en las interacciones (Tabla 6).

Tabla 6. Influencia de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre peso de campo, biomasa de sorgo y peso de panoja. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Tratamientos	Peso de campo (kg/ parcela útil)	Biomasa de sorgo (kg/10 plantas)	Peso de panoja (g / 10 panojas)
<b>Niveles de aplicación</b>			
65 kg/ha	9.6 a	0.55 a	395.13 a
129 kg/ha	10.3 a	0.54 a	425.84 a
	NS	NS	NS
<b>Momentos de aplicación</b>			
20 dds	10.0 a	0.53 a	382.68 b
30 dds	9.8 a	0.52 a	389.94 b
20 y 30 dds	9.9 a	0.57 a	458.84 a
ANDEVA	NS	NS	NS

Separación de medias TUKEY 5 % de significancia. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

### **3.3. Influencia de niveles de nitrógeno y momento de aplicación sobre el rendimiento de sorgo**

#### **3.3.1. Peso de mil granos**

La variable peso de grano es poco influenciada por el medio ambiente, ya que está ligada a caracteres estrictamente de cada variedad. Esta variable demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano, en la etapa reproductiva (Zapata & Orozco, 1991). después de la polinización el peso del grano aumenta enormemente, a veces a un ritmo más rápido que la acumulación de materia seca. Esto se traduce en menor peso del tallo ya que los materiales nutritivos almacenados pasan de este a la semilla en desarrollo (Miller, 1980).

(Millar, 1975) resume que el nitrógeno es un elemento constituyente de cualquier célula viva y abundante especialmente en hojas y semillas. El nitrógeno produce efectos favorables en las plantas; así por ejemplo: en los cereales aumenta la corpulencia de los granos y su porcentaje en proteínas. (Buckman y Brady, 1985).

La variable peso de mil granos no muestra diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los resultados mostrados en la Tabla 7, indican que las dosis de nitrógeno utilizadas no difireren entre sí. El mayor peso de grano se obtuvo en el tratamiento de 129 kg/ha.

El análisis realizado a los momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado muestran que la aplicación realizada a los 20 y 30 días después de la siembra presentó el mejor comportamiento en relación a la variable mencionada.

- El comportamiento de esta variable muestra una tendencia similar a las variables descritas con anterioridad, donde el mejor comportamiento lo presenta la aplicación fraccionada de nitrógeno, seguida de la aplicación a los 20 días después de la siembra y en último lugar la aplicación a los 30 días después de la siembra.



### 3.3.2. Rendimiento de grano

El rendimiento de grano es el resultado de un sin número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción por hectárea (Compton 1985). La ingesta de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta y para su rendimiento final. En general la fertilidad natural del suelo no es suficiente para mantener la producción máxima de un cultivo (Miller, 1980).

La variable rendimiento de grano no muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio. Sin embargo es posible observar diferencias numéricas entre los tratamiento evaluados.

El factor dosis de fertilizante nitrogenado presenta buenos rendimientos de grano. El mayor rendimiento se obtuvo en la dosis de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, superior en 6.02 por ciento a la dosis de 65 kg/ha (Tabla 7).

En cuanto a los momentos de aplicación, los resultados estadísticos indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En la Tabla 7, se muestra que la aplicación de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra, obtuvo los mayores rendimientos. Esto se debió a que para esta fecha la planta entra al período de crecimiento acelerado que es cuando acumula materia seca a una tasa de acumulación que se mantiene constante hasta la época de madurez. (Burkard, 1987).

En segundo lugar se ubicó el tratamiento con aplicación a los 20 y 30 días después de la siembra. El menor rendimiento fue obtenido por que recibió aplicación de nitrógeno a los 30 días después de la siembra (Tabla 7).

Tabla 7. Influencia de dosis y momentos de aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el peso de mil granos (g) y el rendimiento de grano (kg/ha). ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.

Tratamientos	Peso de mil granos (g)	Rendimiento de grano (kg/ha)
<b>dosis de aplicación</b>		
65 kg / ha	22.43 a	6462.3 a
129 kg / ha	22.88 a	6876.8 a
Significancia	NS	NS
<b>Momentos de aplicación</b>		
20 dds	22.44 a	6998.0 a
30 dds	21.87 a	6352.7 a
20 y 30 dds	23.64 a	6657.6 a
Significancia	NS	NS
CV (%)	6.22	10.23

Separación de medias TUKEY 5 % de significancia. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente

### 3.3.3. Comparaciones entre tratamientos

Las comparaciones entre las medias de los tratamientos por medio de contrastes ortogonales muestra las siguientes tendencias. No existen diferencias estadísticas cuando se compara la aplicación de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado con la aplicación de 129 kg/ha (Tabla 8).

La aplicación de fertilizante a los 20 días y las aplicaciones fraccionadas no muestran diferencias significativas entre sí, de igual forma que las aplicaciones de 65 kg/ha a los 20 días y 65 kg/ha a los 30 días después de la siembra (Tabla 8).

De todas las comparaciones efectuadas, las que muestran diferencias significativas entre los tratamientos fueron las siguientes:

Existen diferencias significativas entre la aplicación realizada a los 20 días y la aplicación realizada a los 30 días después de la siembra. Atendiendo a las medias de los tratamientos es preferible la aplicación de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra (Tabla 8)

De igual forma muestran diferencias significativas las comparaciones realizadas entre la aplicación de 129 kg/ha a los 20 días y 129 kg/ha a los 30 días después de la siembra.(Tabla 8). Para poder girar recomendaciones hay que evaluar los costos de los tratamientos y los beneficios de cada uno de ellos.

Tabla 8. Comparaciones ortogonales realizadas entre los tratamientos evaluados en el experimento de dosis y momentos de aplicación de fertilizante nitrogenado. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Contrast	DF	Contrast SS	F Value	Pr > F
(65 kg/ha) vs (129 kg/ha)	1	173.23	2.22	0.1535
(20 dds) vs (30 dds)	1	401.10	5.14	0.0359
(20 dds) vs (20 y 30 dds)	1	111.56	1.43	0.2473
(129 kg/ha 20 dds) vs (129 kg/ha 30 dds)	1	414.86	5.32	0.0332
(65 kg/ha 20 dds) vs (65 kg/ha 30 dds)	1	63.28	0.81	0.3797

### 3.3.4. Interacción entre los factores en estudio

Analizando los rendimientos obtenidos por las combinaciones de los factores en estudio, se encuentra que el mayor rendimiento de grano se obtuvo en la dosis de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, aplicado a los 20 días después de la siembra (Tabla 9). El segundo lugar en rendimiento fue para la combinación de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado aplicado de forma fraccionada a los 20 y 30 días después de la siembra.

El menor rendimiento fue obtenido por la aplicación de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado, aplicado a los 30 días después de la siembra.

Considerando los resultados obtenidos se puede expresar que existió respuesta positiva del cultivo de sorgo a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. La respuesta se incrementó a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno. Los tratamientos que recibieron mayor cantidad de nitrógeno influyeron positivamente sobre el rendimiento y sus principales componentes.

El contenido de nitrógeno en el área del experimento se considera medio (0.12 por ciento). De ahí la respuesta positiva del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados.

No existió diferencias entre las aplicaciones de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra y las aplicaciones fraccionadas. Un principio básico relacionado a las dosis de aplicación, para una óptima respuesta del cultivo a las aplicaciones de nitrógeno es que éste debe estar presente en suficientes cantidades en las etapas críticas del desarrollo de la planta de sorgo, para satisfacer sus necesidades. En el presente trabajo fue suficiente la aplicación temprana. Lo anterior puede tener su explicación en que la aplicación realizada los 30 días después de la siembra existió una lluvia fuerte que pudo afectar la disponibilidad de dicho nutriente en fechas posteriores.

Otra explicación puede ser que la aplicación temprana fue suficiente para satisfacer la demanda del cultivo en fechas posteriores, ya que no existieron condiciones de suelo y medio ambiente que afectaran la presencia del fertilizante nitrogenado en el suelo.

Algunos autores mencionan que del fertilizante aplicado, únicamente un 40 por ciento es aprovechado por la planta, el resto se pierde por diversas formas tales como lixiviación, volatilización, desnitrificación, etc. sin embargo las condiciones propicias para dichos fenómenos no fueron favorables para su efecto.

El momento en que el fertilizante nitrogenado es aplicado en el cultivo de sorgo puede afectar la eficiencia del fertilizante y por consiguiente afectar el rendimiento del cultivo. Algunos autores indican que la absorción temprana de nitrógeno es importante ya que la recuperación de los niveles de absorción de nitrógeno en estados posteriores no compensan las deficiencias en estados tempranos en términos de rendimientos de grano. Lo anterior es particularmente cierto en condiciones de baja aprovechabilidad del nitrógeno, situaciones donde existen las condiciones adecuadas para la pérdida del nutriente en diversa formas como lixiviación, desnitrificación etc.

En las condiciones del experimento es posible observar que una sola aplicación es suficiente para permitir el buen aprovechamiento del nitrógeno.

Por otra parte las aplicaciones tardías de nitrógeno disminuyen la recuperación del nitrógeno. La aplicación fraccionada del nitrógeno puede ser de importancia en condiciones donde el nitrógeno se pierde por diversas vías.

La lluvia durante el desarrollo del experimento fue bien distribuida, evitando de esa manera la pérdida de nitrógeno en corrientes superficiales y a través de la infiltración del nitrógeno en el perfil del suelo.

La escala mencionada por Ortíz (1977), señala que la cantidad de materia orgánica contenida en el suelo donde se realizó el experimento está catalogada como media y por lo tanto existía un contenido medio de nitrógeno total. Según Fassbender (1987), del nitrógeno total del suelo sólo el 1.2% está disponible para el desarrollo de las plantas.

El contenido de materia orgánica es de 2.4 por ciento lo que indica que el nitrógeno no es retenido fuertemente a los coloides del suelo.

Las aplicaciones de nitrógeno fraccionado son más adecuadas en suelos de textura arenosa, donde el nitrógeno se pierde fácilmente, ya sea por lixiviación o evaporación.

En el presente experimento las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno no parecen ser favorables para el aprovechamiento del nitrógeno. El tipo de suelo del área experimental es de textura franca, en el cual las pérdidas de nitrógeno de aplicación temprana durante el desarrollo del cultivo no sufre pérdidas significativas.

Para los productores de sorgo, la eficiencia en el uso del nitrógeno debe ser una meta a cumplir. El alto costo del fertilizante obliga a los productores a maximizar su uso, de tal forma que el mismo sea aprovechado por la planta y a la vez se produzcan las menores pérdidas de dicho elemento en los suelos dedicados para dicho cultivo.

La respuesta del cultivo a las aplicaciones de nitrógeno es una indicación de la necesidad del buen uso del fertilizante nitrogenado. La planta demuestra ser eficiente en el aprovechamiento del fertilizante nitrogenado, falta la correcta dosificación de parte del productor, la selección del momento de cuando aplicarlo y conjugar una serie de factores ambientales y de suelo para poder definir la fertilización a utilizar.

La aplicación del fertilizante debe realizarse en estadíos tempranos de la planta (20 días después de la siembra). La anterior recomendación es basada en consideraciones económicas, ya que el costo de aplicar el fertilizante de forma fraccionada implica mayor costo y los beneficios son inferiores a la aplicación temprana.

Tabla 9. Rendimiento de grano (kg/ha) de las combinaciones de los factores en estudio en el experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 96

	65 kg/ha	129 kg/ha
Aplicación a los 20 dds	6766.6	7230.1
Aplicación a los 30 dds	6301.1	6403.6
Aplicación a los 20 y 30 dds	6318.5	6996.7

### 3.3.5. Análisis foliar

El análisis foliar se realiza con múltiples objetivos. En el presente experimento el análisis foliar fue realizado con el propósito de indicar si el nitrógeno aplicado fue asimilado por la planta.

El análisis de tejido de las plantas es basado en el principio de que la concentración de un nutriente dentro de la planta es un valor integral de todos los factores que han interactuado para afectarlo.

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

El contenido de materia seca en los tejidos de la planta de sorgo presentó un promedio de 26.11 por ciento. El mayor valor lo obtuvo la aplicación de 65 kg/ha de fertilizante a los 30 días después de la siembra. Los tratamientos que más deficiencia de nitrógeno tuvieron fueron los que presentaron mayor porcentaje de materia seca (Figura 5).

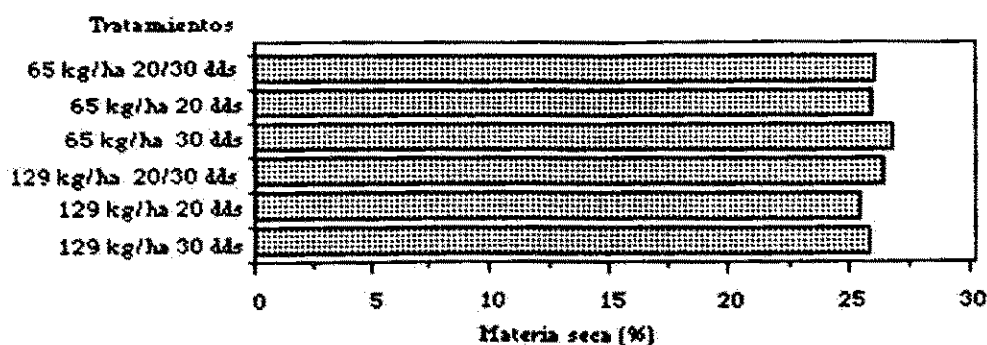


Figura 5. Contenido de materia seca (por ciento) en tejidos foliares de la planta de sorgo. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

**Proteína bruta.** La respuesta de las plantas en la concentración de proteína bruta (N) fue superior en los tratamientos que recibieron aplicación de fertilizante. El menor porcentaje lo presenta la aplicación de 65 kg / ha de fertilizante a los 30 dds. Lo anterior evidencia la eficiencia del N de parte de la planta. Una vez más se comprueba que la aplicación de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 30 días después de la siembra no se traduce en efectos significativos en el normal desarrollo de la planta de sorgo (Tabla 10).

**Porcentaje de nitrógeno total.** El porcentaje de nitrógeno total fue superior en los tratamientos que recibieron aplicación de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado aplicado a los 20 y 30 días después de la siembra y a los 20 días después de la siembra. El menor contenido de nitrógeno se detectó en el tratamiento con aplicación de 65 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 30 días después de la siembra.

Los resultados muestran que el mayor aprovechamiento del nitrógeno se dió en los tratamientos con aplicación temprana, independientemente de la dosis utilizada. Aplicaciones de fertilizante nitrogenado a los 30 días después de la siembra presentan contenido de nitrógeno medio en comparación a aplicaciones tempranas (20 dds) (Tabla 10).



**Fibra bruta.** El mayor porcentaje de fibra bruta lo presenta el tratamiento con aplicación fraccionada de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, seguido de la aplicación de 129 kg/ha a los 30 días después de la siembra.

**Extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles).** El mayor porcentaje de extracto libre de nitrógeno se obtuvo en el tratamiento con aplicación de 129 kg/ha a los 30 días después de la siembra. El menor valor se obtuvo en el tratamiento con aplicación de 65 kg/ha de fertilizante a los 20 días después de la siembra (Tabla 10).

Tabla 10. Influencia de niveles de nitrógeno y momentos de aplicación sobre el contenido nutricional en tejido de la planta. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Tratamientos	MS	PB	NIT	FB	GB	CEN	ELN
129 kg/ha a los 30 dds	25.67	19.04	3.10	4.16	31.54	9.17	36.09
129 kg/ha a los 20 dds	25.28	20.17	3.22	3.57	31.47	10.03	34.76
129 kg/ha a los 20 y 30 dds	26.29	19.94	3.19	4.56	30.57	9.87	35.06
65 kg/ha a los 30 dds	26.67	18.77	3.00	3.65	23.99	9.63	35.89
65 kg/ha a los 20 dds	25.84	20.55	3.28	4.10	32.83	9.56	32.96
65 kg/ha a los 20 y 30 dds	25.91	20.79	3.32	3.62	32.80	9.70	35.19

MS: Materia seca

PB: Proteína bruta

NIT: Nitrógeno total

FB: Fibra bruta

GB: Grasa bruta

CEN: dólares Cenizas

ELN: Extracto libre de nitrógeno

### **3.4. Análisis económico de los tratamientos evaluados**

Los tratamientos evaluados fueron sometidos a análisis económico siguiendo la metodología de presupuesto parcial propuesta por CIMMYT (1988). El análisis inició con la determinación de los beneficios netos de cada uno de los tratamientos, posteriormente se realizó el análisis de dominancia y luego el análisis marginal.

Los resultados se observan en la Tabla 11, donde se puede observar que el tratamiento que presentó el más alto beneficio neto fue la aplicación de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra. En segundo lugar se ubicó el tratamiento de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado en aplicaciones fraccionadas (20 y 30 dds). El tratamiento de menor beneficio neto fue el tratamiento que recibió 129 kg/ha de fertilizante aplicado a los 30 días después de la siembra.

En vista que los rendimientos de las aplicaciones de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenados a los 20 días después de la siembra es similar a las aplicaciones de 129 kg/ha en dos momentos, la mejor forma de decidir el tratamiento más adecuado es realizar el análisis económico, el cual indica que la mayor tasa de retorno marginal se obtiene con la aplicación de 129 kg/ha a los 20 dds.

La decisión del tratamiento a recomendar no se hace en base al tratamiento de mayor beneficio neto, ni al de mayor tasa de retorno marginal sino en base al tratamiento de menor incremento en los costos y permita mejor tasa de retorno marginal.

La eficiencia relativa del nitrógeno aplicado en diferentes momentos está determinada en gran medida por las características de suelo y las condiciones climáticas. El tipo de suelo en el área experimental es propicia para el buen aprovechamiento del nitrógeno.

Tabla 11. Análisis de beneficio costo de los tratamientos en estudio. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996

Tratamientos	65*	129*	65	129	65	129
	<u>20 dds</u>		<u>30 dds</u>		<u>20 y 30 dds</u>	
Rendimientos (qq/mz)	105.0	112.2	97.7	99.3	98.0	108.5
Ajuste 10 por ciento	10.5	11.2	9.8	9.9	9.8	10.9
Rendimiento ajustado	94.5	100.9	88.0	89.4	88.2	97.7
Beneficio bruto (\$)	850.2	908.4	791.7	804.6	793.9	879.1
<b>Costos variables</b>						
Costo de transporte (\$)	102.0	109.0	95.0	96.5	95.3	105.5
Costo de cosecha (\$)	154.0	164.5	143.4	145.7	143.8	159.2
Mano de obra (\$)	2.7	2.7	2.7	2.7	5.4	5.4
Fertilizantes (\$)	15.2	30.4	15.2	30.4	15.2	30.4
Total costos variables (\$)	273.9	306.6	256.3	275.3	259.7	300.5
Beneficio neto (\$)	576.3	601.8	535.4	529.3	534.2	578.6

\* kg/ha

### 3.4.1. Curva de beneficios netos

La curva de beneficios netos se utiliza para conocer la relación entre los costos que varían y los beneficios netos.

La curva de beneficios netos muestra que los tratamientos que recibieron recibió 65 kg/ha de fertilizante aplicado en dos momentos durante el ciclo de la planta (20 y 30 dds) y 129 kg/ha aplicados a los 30 días son dominados (Figura 6). Las alternativas no dominadas son las que están unidas por la curva.

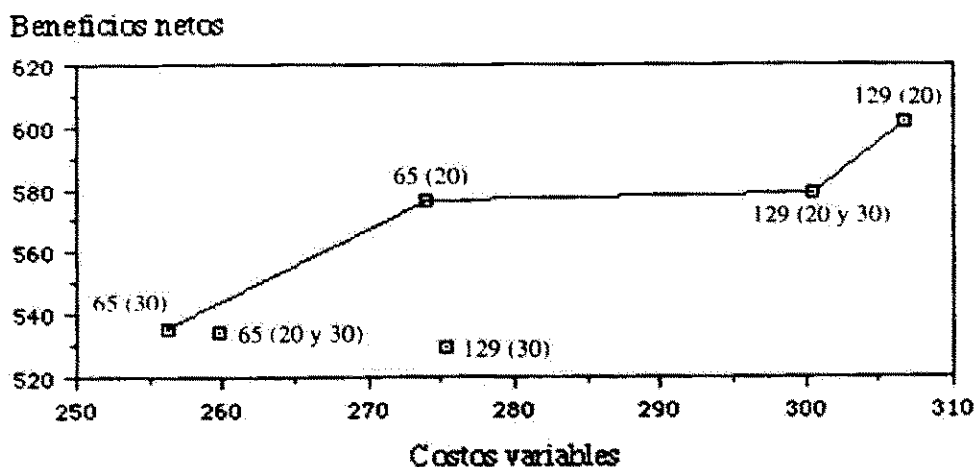


Figura 6. Curva de beneficios netos. Experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo industrial. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

### 3.4.2. Análisis marginal

El objetivo del análisis marginal es revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. En los datos evaluados en el experimento se observa que la tasa de retorno marginal de pasar del tratamiento de 65 kg/ha aplicado a los 30 días a pasar a 65 kg/ha aplicados a los 20 días es de 230.1. A partir de ese momento la inversión de US 26.6 no significa aumento significativo por cada dólar invertido, ya que la TRM de cambiar al tratamiento de 65 kg/ha aplicados a los 20 días a 129 kg/ha aplicado a los 20 y 30 días después de la siembra es 8.64, inferior a la del tratamiento anterior.

La TRM de pasar del tratamiento de 129 kg/ha aplicado a los 20 y 30 dds al tratamiento de 129 kg/ha aplicado a los 20 días después de la siembra es de 380 por ciento. En otras palabras el invertir 6.1 dólares adicionales reporta 2.8 dólares por cada dólar invertido, lo cual constituye el tratamiento que permite la mayor tasa de retorno marginal (Tabla 12).

Tabla 12. análisis marginal del experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en el cultivo de sorgo. ALMAGRO, Masaya. (Postrera, 1996).

Tratamiento	Costos variables (\$)	Beneficios netos (\$)	Costos variables marginales (\$)	Beneficios netos marginales (\$)	Tasa retorno marginal (\$)
65 kg / ha a los 30 dds	256.3	535.4			
65 kg / ha a los 20 dds	273.9	576.3	17.6	40.9	230.1
129 kg / ha a los 20 y 30 dds	300.5	578.6	26.6	2.3	8.64
129 kg / ha a los 20 dds	306.6	601.8	6.1	23.2	380.0

## V. CONCLUSIONES

-Existió respuesta positiva del cultivo de sorgo a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado. La respuesta se incrementó a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno.

-Las aplicaciones de 129 kg/ha de nitrógeno obtuvieron los mejores rendimientos, independientemente del momento de aplicación.

-Analizando los rendimientos por las combinaciones de los factores en estudio, el mayor rendimiento de grano se obtuvo en la dosis de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, aplicado a los 20 días después de la siembra

-Los factores evaluados no tuvieron efecto sobre las variables de crecimiento del sorgo, como altura de plantas, diámetro de tallo y número de hojas. Los mejores promedios en dichas variables se obtuvieron en las aplicaciones de 129 kg/ha, sin embargo la diferencia es mínima comparado con la aplicación de 65 kg/ha.

-Las variables longitud de panoja, y espiguillas por panoja presentaron diferencias estadísticas significativas para los momentos de aplicación. La aplicación fraccionada influyó positivamente en la longitud de panoja y en el número de espiguillas por panoja. Los niveles de nitrógeno evaluados no influyeron significativamente en ninguna de las variables antes mencionadas.

-El tratamiento de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado, obtuvo la mayor longitud de panoja. En cuanto a los momentos, la mayor longitud de panoja se obtuvo en el tratamiento que recibió aplicación fraccionada de nitrógeno.

El rendimiento de grano no muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio. En el factor dosis el mayor rendimiento se obtuvo con 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado. En cuanto a momentos, la aplicación de fertilizante nitrogenado a los 20 días

después de la siembra obtuvo los mayores rendimientos.

-Existen diferencias significativas entre la aplicación realizada a los 20 días y la aplicación realizada a los 30 días después de la siembra. Atendiendo a las medias de los tratamientos es preferible la aplicación de fertilizante nitrogenado a los 20 días. De igual forma las comparaciones entre la aplicación de 129kg/ha a los 20 días y 129kg/ha a los 30 días después de la siembra

-No existieron diferencias entre las aplicaciones de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra y las aplicaciones fraccionadas. En el presente experimento las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno no parecen ser favorables para el aprovechamiento del nitrógeno.

-El tratamiento de más alto beneficio neto fue la aplicación de 129 kg/ha de fertilizante nitrogenado a los 20 días después de la siembra. En segundo lugar se ubicó el tratamiento de 129 kg/ha en aplicaciones fraccionadas. El tratamiento de menor beneficio neto fue 65 kg/ha aplicado a los 30 días después de la siembra.

-El análisis económico indica que la mayor tasa de retorno marginal se obtiene con la aplicación de 129 kg/ha a los 20 días. Este tratamiento permite menor incremento en los costos y permite mejor tasa de retorno marginal.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

-La aplicación del fertilizante debe realizarse en estadíos tempranos de la planta (20 días después de la siembra). La anterior recomendación es basada en consideraciones económicas, ya que el costo de aplicar el fertilizante de forma fraccionada implica mayor costo y los beneficios son similares a la aplicación temprana.

-Repetir el mismo experimento incluyendo la variable densidad de plantas con el objetivo de medir con exactitud la respuesta de este cultivo a la fertilización nitrogenada.

-No usar más de 129 kg/ha de nitrógeno en suelos de fertilidad de media a alta.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, F. 1997. Manejo de malezas en el trópico. Primera edición. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 227 pp.
- Alemán, F. & Tercero, I. 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relaciones clima-suelo-planta-hombre) en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 72 pp.
- Alvarez, M & Talavera T. 1991. Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento del sorgo. Segundo seminario del programa ciencia de las plantas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias
- Burk Cristiani. 1987. Instructivo del cultivo de sorgo. 46 p.
- Buckman & Brady. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Mexico. 590 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Programa de Economía. México D.F., México. 79 pp.
- Compton, L. Paul. 1990. Agronomía del sorgo. Centa. 301 p.
- Compton, L. Paul. 1985. La producción de sorgo y mijo. ICRISAT. CIMMYT. México.
- Demolón, A. 1975. Crecimiento de los vegetales cultivados. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. Pp 220 -243
- Fassbender, H. W. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José Costa Rica. 266 p.
- García, G. C. 1985. Descripción varietal del sorgo. 9 p.
- Lang, P. M. & J. B. Mallet, 1987. The effects of tillage system and rate and time of nitrogen application on maize performance on a sandy avolon soil. S. Afr. J Plant Soil. 4 (3). Pp 127-130.
- Leon, L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la O.E.A. Costa Rica.
- Miller, F. D. & Barnes, H. J. 1980. Crecimiento y desarrollo de sorgo en producción y protección vegetal. Introducción al control integrado de plagas de sorgo. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
- Millar, C. E & Turk, L. M. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. CECOSA. Mexico.
- Ortiz, V. B. 1977. fertilidad de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Mexico. 209 p.
- Peacock, J. M. & G. L. Wilson. 1984. Sorghum. En the Physiology of tropical field crops. Edited by P.r. goldworth y N. M. fisher. John Wiley y sons Ltd. A Wiley interscience publication. Pp. 249-279
- Pineda, J. M. 1988. Resumen de la situación de la producción del sorgo granífero en Nicaragua. 10 p
- Poehlman, J. K. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa. Mexico. 453 p.

- Rhoads F. M & A. Mannings. 1986. Response of irrigated maize to nitrogen management. Soiland crop science society of florida. Proceeding. 45: Pp 50-53.
- Ruseelle. M. P; R. D. Hauck y R. A. Olson. 1983. Nitrogen acumulation rates of irrigated maize. Agronomy journal. Vol. 75. July-August.
- Stoskopf. N. C. 1985. Cerial Grain Crops. Reston Publishing Company, Inc. A prentice-Hall Company. Reston Virginia. Pp 369-385.
- Soza de pro Esther. 1981. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Editorial V.A. ch. 172 p.
- Wall, J. & Ross William. 1975. Producción y usos del sorgo. Hemisferio sur. 399 p.
- Zapata, M & Orozco, H. 1991. Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. escuela de producción Vegetal. Managua, Nicaragua. 72 p.