

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



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIONES DE UREA 46 POR
CIENTO DE NITROGENO EN EL SISTEMA TRADICIONAL DE PRODUCCION DEL
SORGO (*Sorghum bicolor* L.). SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO DEL CULTIVO**

AUTORES:

Br. ROSSALYN ARACELY RODRÍGUEZ

Br. YELY ELIETH OROZCO B.

ASESOR:

Ing. MSc. NESTOR ALLAN ALVARADO DIAZ

MANAGUA, NICARAGUA –2001

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



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIONES DE UREA 46 POR
CIENTO DE NITROGENO EN EL SISTEMA TRADICIONAL DE PRODUCCION DEL
SORGO (*Sorghum bicolor* L.). SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO DEL CULTIVO**

AUTORES:

Br. ROSSALYN ARACELY RODRÍGUEZ

Br. YELY ELIETH OROZCO B.

ASESOR:

Ing. MSc. NESTOR ALLAN ALVARADO DÍAZ

**Presentada a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito final para
optar al grado de Ingeniero Agrónomo.**

MANAGUA, NICARAGUA –2002

DEDICATORIA

Al SER SUPREMO por darme la oportunidad de finalizar una de mis metas, guiándome siempre por el buen camino y protegerme de todos los peligros que se presentan en la vida diaria, culminando con éxito algo que era solo un sueño y que ahora gracias a él puedo verlo hecho realidad.

A mis padres **David Rodríguez y María Elena Gadea**, quienes con su cariño, amor, comprensión, y estímulos han influido en mi formación profesional y personal, depositándome toda su confianza, logrando así salir adelante y ser por y para ellos lo que hoy por hoy soy; gracias por ser los mejores padres del mundo. Los quiero mucho.

A mis hermanos **David Ulises y Elio Néstor** quienes han sido todo un ejemplo a seguir, enseñándome a luchar por conseguir lo que uno quiere y no desistir hasta lograrlo sin importar las dificultades que se nos presenten. Gracias por ser como son.

A mis sobrinos **Daviana, Néstor David y Gabriela**, gracias por existir y ser fuente de inspiración.

A mis abuelitos **Crecencio Rodríguez (q.d.e.p.), Elia González Rizo (q.d.e.p.) y Carmen Gadea (q.d.e.p.)**.

De manera muy especial a mi abuelita **María de Jesús Picado** por toda su confianza, consejos y cariño. Gracias por interceder ante el todo poderoso con tus oraciones.

Rossalyn Aracely Rodríguez

DEDICATORIA

- A **DIOS** por brindarme sabiduría y fuerzas para vencer obstáculos y temores que en mi existían, manteniendo un espíritu de lucha llegando así a cumplir con los objetivos que en mi estaban propuesto como la de ser una profesional.
- A mis padres **Mauro Orozco Bravo y Elieth Bravo Duarte** por haber depositado en mi confianza, comprensión, amor, dedicación, lo cual fue esencial para llegar a culminar mi formación tanto personal como profesional, ya que sin su apoyo moral y económico no podría finalizar mis metas, y de esta manera agradecerles de todo corazón sus consejos y los momentos de motivación que fueron alimento diario para salir adelante y no dejarme vencer. Gracias por ser los mejores padres del mundo. Son mi mayor orgullo.
- A mis hermanas **Klenia, Diana Carolina, Maureen Karina**, que me dieron fuerzas para no rendirme ante las dificultades que se presentaron, supieron darme ánimo para seguir luchando y llegar hasta el final; se los agradezco de manera especial y en mi encontrarán apoyo, cariño, comprensión para motivarlas y ayudarlas a alcanzar sus metas. Siempre contarán con una hermana y amiga.
- A mi abuelita **Luisa Rafaela Duarte Mejía (q.d.e.p.)** porque confió en mi hasta sus últimos días de su vida, me dio cariño, consejos, apoyo, participó en cada una de mis ilusiones, aunque DIOS decidió llevársela no pudiendo estar junto a mí al finalizar una parte de mis metas, pero donde quiera que estés nunca te olvidare y siempre te recordaré con mucho cariño.
- A mis abuelos **Salomé Bravo y Salvador Soto** por brindarme un hogar lleno de cariño, supieron aconsejarme y apoyarme en momentos difíciles, les agradezco sus preocupaciones, sus oraciones y su motivación para que cada día fuera mejor.
- A mis tíos **Salvador, Melvin, Waldo, Oscar, Esequiel, Aída**, y especialmente a mi tía **Griseda Soto** por su apoyo incondicional demostrándome siempre que pude contar con su ayuda y su cariño.

Yely Elieth Orozco B.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Ingeniero Agrónomo MSc. Néstor Allan Alvarado Díaz, por todo su apoyo brindado como asesor de este Trabajo de Diploma, y estar siempre dispuesto a ayudarnos para una mejor comprensión y asimilación de nuestro trabajo, además por poner a nuestra disposición su experiencia y conocimientos y por facilitarnos los medios necesarios para poder realizar nuestra tesis.

A Carolina Padilla, secretaria del Departamento de Horticultura, por apoyarnos en nuestro Trabajo de Tesis al facilitarnos la bibliografía y por atendernos siempre con amabilidad y cortesía.

A todos los profesores de la Universidad Nacional Agraria, que a lo largo de los 5 años de la carrera compartieron todos sus conocimientos con nosotros, especialmente a los docentes de la Facultad de Agronomía.

A los bibliotecarios del CENIDA por facilitarnos el material bibliográfico.

Rosalyn Aracely Rodríguez

Yely Elieth Orozco B

INDICE GENERAL

Sección	Página
INDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN	v
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	3
2.1. Descripción del lugar y experimento	3
2.1.1. Clima	3
2.1.2. Suelo	4
2.1.3. Descripción del diseño experimental	4
2.1.4. Descripción de los tratamientos	5
2.1.5. Variables evaluadas	6
2.1.6. Análisis económico	7
2.2. Manejo agronómico	8
III. RESULTADOS Y DISCUSION	9
3.1. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el crecimiento del sorgo	9
3.1.1. Altura de planta	9
3.1.2. Diámetro del tallo	11
3.1.3. Número de hojas por planta	13
3.2. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento y sus principales componentes	16
3.2.1. Longitud de panoja	16
3.2.2. Número de ramillas / panoja	18
3.2.3. Número de granos / ramilla	20
3.2.4. Peso de mil granos	22
3.2.5. Rendimiento de grano en kg/ha	23
3.3. Análisis económico a los tratamientos en estudio	25
3.3.1. Presupuesto parcial	25
3.3.2. Análisis de dominancia	26
3.3.3. Análisis Marginal	27
IV. CONCLUSIONES	29
V. RECOMENDACIONES	30
VI. LITERATURA CITADA	31

INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Página
1	Propiedades químicas del suelo. Finca la Concepción, Nagarote, León.	4
2	Factores estudiados en el ensayo del sorgo. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	4
3	Descripción de los tratamientos del cultivo del sorgo. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	5
4	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la altura de planta. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	10
5	Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de Nitrógeno sobre la altura de planta en cm. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	11
6	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el diámetro del tallo en cm. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	12
7	Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el diámetro del tallo en cm. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	13
8	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno el número de hojas por planta. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	14
9	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de hojas por planta. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	15
10	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la longitud de panoja (cm) a la cosecha. Finca La Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	17
11	Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la longitud de panoja (cm) a la cosecha. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	18

Tabla No.		Página
12	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de ramillas / panoja. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	19
13	Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de ramillas / panoja. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	20
14	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de granos / ramillas. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	21
15	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno Sobre el número de granos / ramillas. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	21
16	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el peso de mil granos. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	22
17	Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en kg/ha. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	24
18	Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en kg/ha. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	25
19	Presupuesto parcial de los tratamientos. Ensayo de dosis y momentos de Aplicaciones urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	26
20	Análisis de dominancia de los tratamientos. Ensayo de dosis y momentos de Aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	27
21	Análisis marginal. Ensayo de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.	28

RESUMEN

El presente trabajo se planificó con el propósito de determinar la influencia de diferentes dosis (64.41, 128.82 y 193.23 kg/ha) y momentos de aplicaciones (100 % 25 dds; 50 % 25 dds; 50 % 45 dds y 100 % 45 dds) de urea 46 por ciento del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), variedad Pinolero y análisis económico de los tratamientos en estudio, bajo las condiciones ecológicas de la finca La Concepción, Nagarote, León. El ensayo se estableció en la siembra de Postrera de 1999 (4 de Septiembre al 24 de Diciembre de 1999), utilizándose un diseño de bloques completos al azar con arreglos en parcelas divididas y estableciéndose cuatro repeticiones. Los resultados estadísticos mostraron efecto real de los niveles del Factor A (dosis de urea 46 % del nitrógeno), Factor B (momentos de aplicaciones de urea) y la interacción AxB (tratamientos) para las variables altura de planta en cm, diámetro del tallo en cm y hojas por planta a los 35 y 60 dds. De las variables evaluadas para los componentes del rendimiento, solamente el peso de mil granos resultó ser no significativas al efecto de las diferentes dosis y momento de aplicación de la urea. Los resultados del análisis económico de los tratamientos indican que cuando se pasó del tratamiento a_2b_1 (128.82 kg/ha de urea aplicado 100 por ciento a los 25 dds) al a_2b_2 (128.82 kg/ha de urea aplicado 50 por ciento a los 25 dds y 50 por ciento a los 45 dds), se obtuvo la más alta rentabilidad económica, con un rendimiento de 3 646 kg de grano por hectárea y una tasa de retorno marginal de 262.21 por ciento.

L INTRODUCCION

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

En el país existen zonas óptimas para la producción de este rubro, dentro de estas cabe destacar las zonas de: Rivas, Granada, Managua, Estelí y León, en la mayoría de ellas se obtienen mejores resultados en siembras de postrera (Alemán & Tercero, 1991).

Durante la última década la producción nacional de sorgo ha tenido una tasa acumulativa del 3.1 por ciento, debido al mayor uso de variedades mejoradas y/o híbridos y el incremento de las áreas de siembra con estos materiales. Para el ciclo agrícola 1998-1999 el área de siembra fue de 50 500 ha; sin embargo, los rendimientos actuales por unidad de área deja mucho que desear si se toma en consideración que el promedio nacional representa 2 389.10 kg/ha, cuando en realidad el potencial genético de las variedades mejoradas e híbridos oscila entre los 4 500 - 6 500 kg/ha.

Dentro de los problemas que limitan la baja de estos rendimientos en sorgo, se puede mencionar entre otros, el mal uso de la tecnología disponible, dentro de la cual se incluye como factor de primera importancia la fertilización nitrogenada, utilizando como fuente urea 46 % de nitrógeno. Así mismo, Crat (1976), plantea que para elevar los rendimientos de un cultivo se hace necesario aplicar fertilizantes nitrogenados, ya que este elemento es muy importante como complemento de la fertilidad natural del suelo, para satisfacer las necesidades del cultivo.

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).

La eficiencia en la utilización del nitrógeno, es una preocupación de los grandes y medianos productores de sorgo, ya que el N debe estar presente en cantidades suficientes en las distintas etapas fenológicas del cultivo. El tiempo de aplicación del fertilizante nitrogenado en la producción de sorgo puede afectar la eficiencia del mismo y el rendimiento del cultivo (Monterrey, 1997).

La importancia de estudiar los efectos de diferentes dosis y momentos de aplicación de urea 46 % de nitrógeno que conlleven a elevar los rendimientos del cultivo del sorgo, motivó realizar esta investigación, la cual persiguió los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo.
- Determinar la rentabilidad de los tratamientos en función de un análisis económico.

II MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del lugar y experimento

2.1.1. Clima

El presente experimento se realizó en los terrenos de la de la finca La Concepción, Nagarote, la cual se encuentra ubicada en el departamento de León, cuyas coordenadas corresponden a 12° 30' latitud norte y 86° 30' longitud oeste, a una altura de 60 msnm. La zonificación ecológica según Holdridge (1982) es del tipo de bosque seco tropical. El ensayo se realizó en la época de Postrera, del 4 de Septiembre al 24 de Diciembre de 1999. Las condiciones climatológicas ocurridas durante el período del ensayo se presentan en la Figura 1.

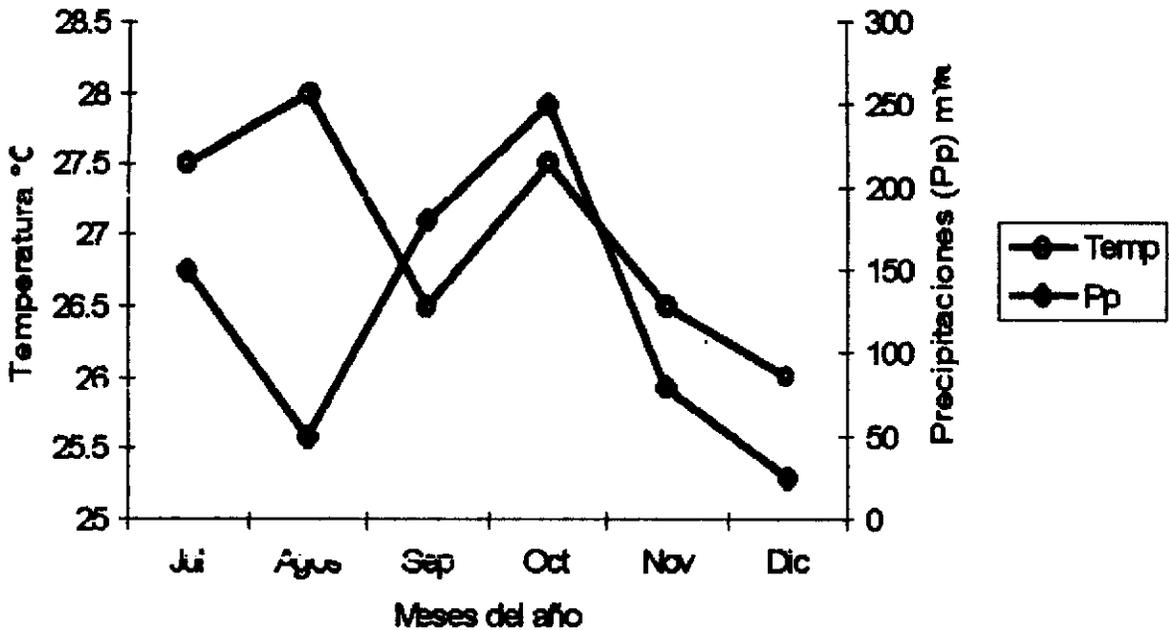


Figura 1. Climatograma de la Finca La Concepción, Nagarote, León. Época de Postrera de 1999.

2.1.2. Suelo

El suelo donde se estableció el ensayo pertenece a la serie Nagarote y se caracterizan por ser profundos a moderadamente superficial, bien drenados y derivados de ceniza volcánica reciente (MAG, 1971). Las propiedades químicas del mismo se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo. Finca la Concepción, Nagarote, León.

Propiedades químicas	Valor
pH (H ₂ O)	6.8
M.O. (%)	4.40
N total (%)	0.11
P (ppm)	29
K (meq/100g)	2.23

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA.

2.1.3. Descripción del diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de parcelas divididas, arregladas en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones (Pedroza, 1993). Los factores estudiados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores estudiados en el ensayo del sorgo. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno en Kg/ha	Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno
a ₁ : 64.41 kg	b ₁ : 100 % a los 25 dds.
a ₂ : 128.82 kg	b ₂ : 50 % a los 25 dds y 50 % a los 45 dds.
a ₃ : 193.23 kg	b ₃ : 100 % a los 45 dds

Nota: dds significa días después de la siembra.

2.1.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se constituyeron combinando todos los niveles del Factor A con todos los niveles de cada uno del Factor B, tal como se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos del cultivo del sorgo. Finca la Concepción, Nagarote, León. Epoca de postrera de 1999.

Tratamientos	Descripción
a ₁ b ₁	64.41 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 25 dds
a ₁ b ₂	64.41 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 50 por ciento a los 25 dds y 50 por ciento a los 45 dds
a ₁ b ₃	64.41 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 45 dds
a ₂ b ₁	128.82 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 25 dds
a ₂ b ₂	128.82 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 50 por ciento a los 25 dds y 50 por ciento a los 45 dds
a ₂ b ₃	128.82 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 45 dds
a ₃ b ₁	193.23 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 25 dds
a ₃ b ₂	193.23 kg de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 50 por ciento a los 20 dds y 50 por ciento a los 45 dds
a ₃ b ₃	193.23 kg de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 100 por ciento a los 45 dds

Las dimensiones del ensayo fueron las siguientes:

a) Area de la parcela útil	4 m	x	1.5 m	=	6 m ²
b) Area de la sub-parcela	5 m	x	3 m	=	15 m ²
c) Area de la parcela grande	5 m	x	9 m	=	45 m ²
d) Area de una repetición	5 m	x	27 m	=	135 m ²
e) Area de 4 repeticiones	4	x	135 m ²	=	540 m ²
e) Area entre repetición	3 m	x	27 m	=	81 m ²
f) Area total del ensayo	540 m ²	+	81 m ²	=	621 m ²

Cada sub-parcela constó de seis surcos de 5 metros de largo y se tomó como parcela útil el área de los dos surcos centrales, la cual constituyó el área de cálculo donde se tomarán todas las observaciones de las variables evaluadas en 10 plantas escogidas al azar.

2.1.5. Variables evaluadas

Durante el crecimiento del cultivo, a los 20, 35, y 60 días después de la siembra se midieron las siguientes características:

- a) **Altura de planta (cm):** Se midió la altura de la planta desde el nivel de la superficie del suelo hasta el último nudo visible del tallo.
- b) **Diámetro del tallo (cm):** Se tomó en la parte media de la longitud del tallo.
- c) **Número de hojas/planta:** Se contaron las hojas funcionales de la planta.

A la cosecha.

- d) **Longitud de panoja (cm).**
- e) **Número de ramillas por panoja.**
- f) **Numero de granos por ramillas.**
- g) **Peso de mil granos:** Se tomaron 1 000 granos de cada tratamiento y se pesaron con 12 % de humedad.
- h) **Rendimiento de grano (kg/ha):** La producción de cada tratamiento fue pesada al 12 % de humedad.

Los datos obtenidos de las variables en estudios se evaluaron por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por rangos múltiples de Duncan al 95 % de confiabilidad.

2.1.6. Análisis económico

Los resultados obtenidos en el ensayo se sometieron a un análisis económico para evaluar la rentabilidad de los tratamientos, con el fin de brindar información acerca de cual de ellos es más rentable. La metodología empleada para la realización de este análisis fue a través del presupuesto parcial y el análisis marginal, según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), que a continuación se describe:

- **Presupuesto parcial:** Organiza los datos del experimento para obtener los costos y beneficios netos de cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta los siguientes componentes:
 - Rendimiento medio (kg/ha):** Se toman en cuenta todos los rendimientos medios de los tratamientos que se están evaluando.
 - Rendimientos Ajustados (kg/ha):** Se ajusta el rendimiento medio de cada uno de los tratamientos evaluados al 10 %, para reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con los tratamientos.
 - Beneficios brutos de campo (C\$/ha):** El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado.
 - Precio de campo del producto:** El precio de campo del producto se define como el valor que tiene para el agricultor una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha. Para calcularlo se toma el precio que el agricultor recibe (o podría recibir) por el producto cuando lo vende y se le restan todos los costos relacionados con la cosecha y venta que son proporcionales al rendimiento, es decir, los costos que se pueden expresar por kilogramo del producto.
 - Costos que varían (C\$/ha):** Los costos que varían son los costos (por ha) relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro.
 - Beneficios netos C\$/ha:** Los beneficios netos para cada tratamiento se calcula restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo.
- **El análisis marginal:** El análisis marginal compara los costos que varían con los beneficios netos de cada tratamiento y contempla los siguientes análisis:
 - Análisis de dominancia:** Examina los costos que varían, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de los costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado

cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo que varían más bajos.

La tasa de retorno marginal: La tasa de retorno marginal nos revela exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida y se calcula dividiendo los beneficios netos marginales entre los costos marginales expresado en por ciento.

2.2. Manejo agronómico

La preparación del suelo se realizó mecánicamente utilizándose el sistema tradicional, el cual consiste en un pase de arado de disco a 20 cm de profundidad y dos pases de grada, realizándose el último pase de grada 2 días antes de la siembra.

La siembra se realizó de forma manual el 4 de Septiembre de 1999. La variedad en estudio fue la Pinolero, utilizándose una distancia de siembra de 0.5 metros entre surco y dejando 13 plantas por metro lineal (250 000 ptas/ha). Esta variedad presenta las siguientes características agronómicas: Altura promedio 199 cm, panoja semi-abierta, grano de color blanco, floración a 63 días después de la germinación, longitud de excursión de panoja de 10 cm, tamaño de la panoja de 26 cm y con un potencial genético de rendimiento de 4 837.73 kg/ha.

La fertilización completa se realizó conforme a la fórmula y dosis utilizada tradicionalmente (10-30-10 al momento de la siembra a razón de 129 kg/ha), y la fertilización con urea 46 por ciento de nitrógeno se efectuó de acuerdo a las dosis y momentos de aplicaciones descritos en la Tabla 2.

Para el control de plagas del suelo se aplicó al momento de la siembra Carbofuran (Furadán al 5 %) a razón de 16.3 kg/ha. Se realizaron controles de plagas a los 40 y 65 dds aplicando Monocrotofos CS 40 (Nuvacron) a razón de 1.5 lt/ha. El control de la maleza y la cosecha se realizó de forma manual, realizándose esta última a los 110 días después de la siembra.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el crecimiento del sorgo

3.1.1. Altura de planta

La altura de planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo, y la misma está determinada por diferentes factores, entre ellos, la humedad, temperatura y la fertilización nitrogenada, este último es señalado por López & Galeato (1982) como uno de los determinantes en el descenso de la altura del sorgo.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos para la variable altura de planta. Se puede apreciar que las distintas dosis aplicadas ejercieron efecto significativo a los 35 y 60 días después de la siembra (dds), no así, a los 20 dds que resultaron ser no significativo. Esta no significancia obtenida a los 20 dds se debe a que el crecimiento del sorgo es lento en los primeros 30 días de su desarrollo, por lo tanto, las dosis de urea aplicada no pueden mostrar su efecto. A los 35 dds la mayor altura la alcanzo la dosis 191.23 kg/ha (nivel a_3) con 52 cm y con diferencias significativas con el resto de los niveles, en segundo lugar quedó el nivel a_2 (128.82 kg/ha) con 46.9 cm de altura y la menor altura la alcanzo la dosis 64.41 kg/ha (nivel a_1) con 39.9 cm y difiriendo estadísticamente con el resto de las dosis del Factor A. Este comportamiento de la altura se mantiene a los 60 dds, en donde la dosis de 191.23 kg/ha de urea (nivel a_3) indujo a la mayor altura (141.4 cm) y con diferencias estadísticas con el resto de las dosis aplicada; en segundo lugar quedó la dosis 128.82 kg/ha de urea, quien indujo a desarrollar una altura de 132.9 cm y el tercer lugar lo alcanzó la menor dosis (64.41 kg/ha de urea) con una altura de 122.7 cm. Para el Factor B, los resultados indican que hay efecto significativo del fraccionamiento de la urea hasta los 35 y 60 dds. Si se observa la altura final (60 dds), se puede apreciar que la mayor altura de planta se desarrolló cuando se aplicó fraccionada la urea 46 por ciento de nitrógeno 50 por ciento a los 25 dds y 50 por ciento a los 45 dds con 136.7 cm y cuando se aplicó 100 por ciento a los 45 dds y 100 por ciento a los 25 dds se desarrollaron las menores alturas, con 129.9 y 130.4 cm respectivamente y sin diferencias significativas entre las mismas.

Tabla No. 4. Efecto de dosis momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la altura de planta. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	20 dds	35 dds	60 dds
a ₁ : 64.41	15.9 a	39.9 c	122.7 c
a ₂ : 128.82	16.2 a	46.9 b	132.9 b
a ₃ : 193.23	16.7 a	52.0 a	141.4 a
ANDEVA	NS	*	*
C. V (%)	11.03	10.43	13.03
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	20 dds	35 dds	60 dds
b ₁ : 100 % 25 dds	16.2 a	44.5 b	129.9 b
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	16.4 a	49.3 a	136.7 a
b ₃ : 100 % 45 dds	16.3 a	45.0 b	130.4 b
ANDEVA	NS	*	*
C. V (%)	11.98	7.94	10.54

Al analizar el efecto de la interacción de los Factores (Tabla 5), se puede apreciar que los tratamientos no difieren estadísticamente a los 20 dds, pero si a los 35 y 60 días después de la siembra (dds), y si se analiza la altura final (a los 60 dds) se puede observar que el tratamiento a₃b₂ alcanzo la mayor altura con 148.2 cm y con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. En los tratamientos donde se aplico la menor dosis de urea (a₁b₂, a₁b₃ y a₁b₁) se desarrollaron las menores alturas y sin diferencias significativas entre las mismas. Estas diferencias de alturas encontradas se deben a la respuesta que da el sorgo a las diferentes dosis y momento de aplicación de urea 46 % de nitrógeno. Este elemento, es de gran importancia en el crecimiento de la planta, ya que participa en la síntesis de proteína y esta a su vez en la división celular. Basándose en los resultados anteriores (Tabla 4 y 5) se puede suponer que una disminución del nitrógeno disponible en suelo debe provocar una disminución consecuente en la síntesis de proteína, lo cual provoca a su vez una disminución en el tamaño de las células y especialmente en el ritmo de sus divisiones, afectándose negativamente el crecimiento de la planta.

Similares resultados encontraron Blanco & Mairena (1993), Uriarte & Tapia (1996), quienes confirman estos resultados en un estudio similar, pero con diferente cultivo (ajonjolí) en donde la altura de planta se vio afectada por las diferentes dosis y momento de aplicación de urea 46 por ciento de nitrógeno.

Tabla 5. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la altura de planta en cm. Finca La Concepción, Nayarote León. Época de postrera de 1999.

20 dds		35 dds		60 dds	
Tratamiento	Altura	Tratamiento	Altura	Tratamiento	Altura
a ₃ b ₃	17.0 a	a ₃ b ₂	56.5 a	a ₃ b ₂	148.2 a
a ₃ b ₂	16.6 a	a ₃ b ₃	52.0 b	a ₃ b ₃	141.4 b
a ₃ b ₁	16.5 a	a ₃ b ₁	49.5 b	a ₃ b ₁	138.7 c
a ₂ b ₃	15.4 a	a ₂ b ₂	48.7 b	a ₂ b ₂	137.5 c
a ₂ b ₂	16.8 a	a ₂ b ₃	46.3 bc	a ₂ b ₃	131.2 d
a ₂ b ₁	16.3 a	a ₂ b ₁	45.6 bc	a ₂ b ₁	130.1 d
a ₁ b ₃	16.3 a	a ₁ b ₂	42.7 c	a ₁ b ₂	124.5 e
a ₁ b ₂	15.7 a	a ₁ b ₃	38.6 c	a ₁ b ₃	122.6 e
a ₁ b ₁	15.6 a	a ₁ b ₁	38.3 c	a ₁ b ₁	121.0 e
ANDEVA	NS	ANDEVA	*	ANDEVA	*
C.V. (%)	11.98	C.V. (%)	12.94	C.V. (%)	10.54

3.1.2. Diámetro del tallo

Phoelman (1985), afirma que el diámetro del tallo tiene gran importancia para la obtención de altos rendimientos, ya que el acame en el sorgo se produce como resultado del encorvado o la rotura de los tallos, debido a su poco vigor. El sorgo acamado constituye un medio favorable para el desarrollo de hongos y enfermedades.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de este descriptor para el efecto principal de ambos Factores en estudio, y el efecto de los tratamientos (interacción) se presentan en la Tabla 7. Según los datos obtenidos del Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias por Duncan, se encontró diferencias reales entre los niveles del Factor A (dosis de urea), Factor B (momentos de aplicaciones de urea) y los tratamientos (interacción AxB) a los 60 dds. Al analizar el efecto de las diferentes dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno en el comportamiento final del diámetro (a los 60 dds) se encontró que la dosis 193.23 kg/ha (nivel a₃) indujo al mayor diámetro (1.37 cm) y diferenciándose estadísticamente con el resto de los niveles del Factor A. Con relación al momentos de aplicaciones de la urea, se puede observar que cuando se aplicó la dosis fraccionada 50 % 25 dds; y 50 % 45 dds (nivel b₂) se desarrolló el mayor diámetro (1.23 cm) y con diferencias significativas entre los diferentes niveles del Factor B.

Tabla 6. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el diámetro del tallo en cm. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	20 dds	35 dds	60 dds
a ₁ : 64.41	0.52 a	0.72 a	0.93 b
a ₂ : 128.82	0.54 a	0.74 a	1.13 ab
a ₃ : 193.23	0.58 a	0.78 a	1.37 a
ANDEVA	NS	NS	*
C. V (%)	13.80	10.67	14.54
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	20 dds	35 dds	60 dds
b ₁ : 100 % 25 dds	0.55 a	0.75 a	1.10 b
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	0.55 a	0.75 a	1.23 a
b ₃ : 100 % 45 dds	0.54 a	0.74 a	1.10 b
ANDEVA	NS	NS	*
C. V (%)	12.29	13.97	8.07

Al analizar la Tabla 7, se puede observar que el efecto de interacción de ambos factores ejerció su efecto sobre el diámetro del tallo hasta los 60 dds, resultando el tratamientos a₃b₂ el que

alcanzó el mayor diámetro y con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Así mismo, se observa que el menor diámetro del tallo se obtuvo en los tratamientos donde se aplicó la menor dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno. Es importante comentar, que la no significancia encontrada en el efecto de los factores en estudio y su interacción sobre el diámetro del tallo a los 20 y 35 dds, se debe a que el cultivo tiene un desarrollo muy lento en los primeros 30 días de su desarrollo, pero después de los 30 dds el crecimiento se acelera, por lo tanto, la planta en esta etapa de desarrollo necesita el elemento nitrógeno. Resultados similares para esta variable encontró Aguilar (1988), en un estudio de fertilización nitrogenada en el cultivo del sorgo.

Tabla 7. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el diámetro del tallo en cm. Finca La Concepción, Nayarote León. Época de postrera de 1999.

60 dds	
Tratamiento	Diámetro
a ₃ b ₂	1.5 a
a ₃ b ₁	1.3 ab
a ₃ b ₃	1.3 ab
a ₂ b ₂	1.2 ab
a ₂ b ₁	1.1 b
a ₂ b ₃	1.1 b
a ₁ b ₂	1.0 b
a ₁ b ₁	0.9 b
a ₁ b ₃	0.9 b
ANDEVA	*
C.V. (%)	8.07

3.1.3. Número de hojas por planta

Los principales órganos para la realización de la fotosíntesis en la planta son las hojas, y la concentración de nutrientes en las mismas influyen en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Barahona & Gago, 1996). Al respecto, Goldsworthy & Fischer (1984) señala que las

hojas de las plantas son afectadas por los contenidos de nutrientes del suelo, siendo el elemento nitrógeno el que mas las afecta.

Los resultados indican (Tabla 8) que se encontraron diferencias estadísticas para los Factores en estudio a los 35 y 60 dds, períodos durante el cual se dio la mayor producción de hojas funcionales.. A los 35 y 60 dds, la mayor producción de hojas se dio con la aplicación de la dosis de 193.23 kg/ha (nivel a_3) de urea 46 por ciento de nitrógeno (13 y 16 hojas/planta respectivamente) y al aplicar fraccionada la dosis de urea 50 % 25 dds y 50 % 45 dds (nivel b_2) se desarrollaron mas hojas/planta (11 y 14 hojas/planta respectivamente).

Tabla No. 8. Efecto de dosis y fraccionamientos de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de hojas por planta. Finca La Concepción, Nagarote León. Epoca de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	20 dds	35 dds	60 dds
a_1 : 64.41	4 a	7 c	9 c
a_2 : 128.82	4 a	8 b	13 b
a_3 : 193.23	4 a	13 a	16 a
ANDEVA	NS	*	*
C. V (%)	6.87	9.57	8.48
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	20 dds	35 dds	60 dds
b_1 : 100 % 25 dds	4 a	9 b	12 b
b_2 : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	4 a	11 a	14 a
b_3 : 100 % 45 dds	4 a	8 b	11 b
ANDEVA	NS	*	*
C. V (%)	6.17	9.14	11.6

dds: días despues de la siembra

Si se analiza el efecto de la interacción de los factores (Tabla 9), se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos a los 35 y 60 dds, observándose que con la aplicación del tratamientos a_3b_2 se dio la mayor producción de hojas (15 y 18 hojas/planta respectivamente), y diferenciándose estadísticamente con el resto de los tratamientos.

Estas diferencias encontradas tanto en los niveles de los Factores en estudio (Tabla 8) como en los tratamientos (Tabla 9) se deben a la absorción diferenciada que realizó el cultivo, del elemento nitrógeno aplicado en el suelo, ya que el mismo participa en la síntesis de proteína, (la cual es indispensable para el crecimiento de la planta) y una deficiencia del mismo, afecta el crecimiento, conllevando con esto a una reducción de la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas por planta. Por lo tanto, el nitrógeno debe de estar disponible en el suelo en la cantidad necesaria y en el momento que la planta lo necesita para que no afecte negativamente el crecimiento del cultivo del sorgo, tal como se ha demostrado en el análisis de las variables de altura, diámetro y número de hojas por planta.

Estos resultados corroboran a los de Martínez (1997), en un estudio de fertilización de elementos mayores (N-P-K) en sorgo, en donde el elemento nitrógeno afectó significativamente la producción de hojas por planta.

Tabla 9. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de hojas por planta. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

35 dds		60 dds	
Tratamiento	Hojas / planta	Tratamiento	Hojas / planta
a ₃ b ₂	15 a	a ₃ b ₂	18 a
a ₃ b ₁	12 ab	a ₃ b ₁	16 ab
a ₃ b ₃	12 ab	a ₂ b ₂	15 ab
a ₂ b ₂	10 b	a ₃ b ₃	15 ab
a ₁ b ₂	8 b	a ₂ b ₁	12 b
a ₂ b ₁	8 b	a ₂ b ₃	11 bc
a ₂ b ₃	7 b	a ₁ b ₂	10 c
a ₁ b ₁	6 b	a ₁ b ₁	9 c
a ₁ b ₃	6 b	a ₁ b ₃	8 c
ANDEVA	*	ANDEVA	*
C.V. (%)	6.17	C.V. (%)	9.14

3.2. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento y sus principales componentes

3.2.1. Longitud de panoja

La panoja es una continuación del eje vegetativo, esta puede ser compacta o suelta según la distancia entre ramilla, posición, longitud o densidad de las flores por rama. La longitud de panoja es un componente fundamental del rendimiento de grano, y la longitud de la misma está en dependencia de factores ambientales y nutricionales en que se desarrolle el cultivo (Miller1980).

En la Tabla 10 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a esta variable para los factores en estudio. Para el Factor A (dosis de urea en kg/ha), se pueden apreciar que cuando se aplicó 193.23 kg/ha (nivel a_3) se obtuvo la mayor longitud de panoja (26.2 cm) y diferenciándose estadísticamente del resto de las dosis y la menor longitud de panoja (21.9 cm) se obtuvo al aplicar 64.41 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno (nivel a_1). En el caso de los momentos de aplicaciones de la urea (Factor B), la mayor longitud de panoja (24.9 cm) se obtuvo cuando se aplicó fraccionada 50 por ciento a los 25 dds y 50 % a los 45 dds (nivel b_2) y difiriendo estadísticamente con el resto de los niveles del Factor B. Cuando se aplicó toda la dosis a los 25 (nivel b_1) y 45 (nivel b_3) dds la longitud de panoja disminuyó (23.3 y 23.5 cm respectivamente).

Al estudiar el comportamiento del efecto de los tratamientos, se puede observar en la Tabla 11 que los mismos ejercieron diferencias significativas con relación a esta variable. La mayor longitud de panoja se dio con el tratamiento a_3b_2 (193.23 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno aplicado 50 por ciento a los 25 dds y el otro 50 por ciento a los 45 dds) con 28.1 cm y difiriendo estadísticamente con el resto de las combinaciones, y la menor longitud de panoja se dio en aquellos tratamientos donde se aplicó la menor dosis de urea (a_1b_2 , a_1b_1 y a_1b_3) y sin diferencias significativas entre los mismos.

Estos resultados encontrados para los factores en estudio y los tratamientos, nos indica la importancia que ejerce la fertilización nitrogenada en cuanto a la dosis y el momento óptimo de aplicación para esta variable, ya que si la planta dispone de la cantidad necesaria de nitrógeno en el

momento que ello lo necesita, hará un uso eficiente del fertilizante, conllevando con esto a una mayor longitud de panoja.

Similares resultados encontró Monterrey (1997) en un estudio de diferentes dosis y momento de aplicación de nitrógeno en sorgo, en donde las diferentes dosis estudiadas y los diferentes momentos de aplicación del nitrógeno afectaron la longitud de panoja.

Tabla 10. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la longitud de panoja (cm) a la cosecha. Finca La Concepción, Nayarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	Longitud de panoja (cm)
a ₁ : 64.41	21.9 c
a ₂ : 128.82	23.4 b
a ₃ : 193.23	26.2 a
ANDEVA	*
C. V (%)	12.97
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	Longitud de panoja (cm)
b ₁ : 100 % 25 dds	23.3 b
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	24.9 a
b ₃ : 100 % 45 dds	23.5 b
ANDEVA	*
C. V (%)	11.32

Tabla 11. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre la longitud de panoja (cm) a la cosecha. Finca La Concepción, Nayarote León. Época de postrera de 1999.

Tratamientos	Longitud de panoja (cm)
a ₃ b ₂	28.1 a
a ₃ b ₁	25.5 ab
a ₃ b ₃	25.1 ab
a ₂ b ₂	24.4 ab
a ₂ b ₃	23.5 ab
a ₂ b ₁	22.4 ab
a ₁ b ₂	22.1 b
a ₁ b ₁	21.9 b
a ₁ b ₃	21.8 b
ANDEVA	*
C.V. (%)	11.32

3.2.2. Número de ramillas / panoja

El número de ramillas por panoja es una característica que forma parte de la fase reproductora del cultivo del sorgo, y tiene una relación directamente proporcional con el rendimiento de grano; la misma, puede verse afectada con el manejo que se le da al cultivo, siendo la fertilización nitrogenada un factor determinante para este componente del rendimiento (Ortiz & Varela, 1990).

Se puede apreciar en las Tablas 12 y 13 que los factores en estudio y su interacción presentan diferencias estadísticas significativas, lo que nos induce a inferir que las diferentes dosis, momentos de aplicaciones y la combinación de ambos modificaron este carácter. Así, cuando se aplicó 193.23 kg/ha de urea (dosis a₃) el número de ramillas / panoja se incrementó a 55 y con diferencias estadística con el resto de los niveles del Factor A. En cuanto a los momentos de aplicaciones, cuando la urea se aplicó fraccionada 50 por ciento a los 25 dds y 50 por

ciento a los 45 dds, se obtuvo el mayor valor (50 ramillas / panoja), y al estudiar el efecto de la combinación de los niveles de los factores en estudio, los tratamientos a_3b_2 , alcanzó el mayor número de ramillas / panoja (58) y con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Similares resultados encontró Martínez (1997) para el elemento nitrógeno, en un estudio de fertilización N-P-K en el cultivo del sorgo, en donde la variable número de ramillas / panoja se incremento a las mayores dosis y fraccionado en dos momentos.

Tabla 12. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el numero de ramillas / panoja. Finca La Concepción, Nagarote León. Epoca de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	Numero de ramillas / panoja
a_1 : 64.41	38 c
a_2 : 128.82	49 b
a_3 : 193.23	55 a
ANDEVA	*
C. V (%)	7.89
Factor B: Fraccionamientos de la urea 46 por ciento de nitrógeno	
b_1 : 100 % 25 dds	46 b
b_2 : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	50 a
b_3 : 100 % 45 dds	46 b
ANDEVA	*
C. V (%)	11.32

Tabla 13. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de ramillas / panoja. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Tratamientos	Numero de ramillas / panoja
a ₃ b ₂	58 a
a ₃ b ₁	53 b
a ₃ b ₃	53 b
a ₂ b ₂	52 b
a ₂ b ₁	48 bc
a ₂ b ₃	47 bc
a ₁ b ₂	40 c
a ₁ b ₁	38 c
a ₁ b ₃	37 c
ANDEVA	*
C.V. (%)	8.50

3.2.3. Numero de granos / ramilla

El número de granos / ramilla es un componente del rendimiento que puede verse afectado ante una deficiencia de nitrógeno en la planta. Una buena nutrición de este elemento influirá en el número de granos / ramilla (García, 1997).

En la Tabla 14 se presentan los resultados estadísticos para esta variable, y se puede observar que para el Factor A (Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno en kg/ha) que la dosis 193.23 kg/ha (nivel a₃) proporcionó el mayor número de granos / ramilla (51) y con diferencias significativas entre el resto de los niveles. Para los momentos de aplicaciones (Factor B) el nivel b₂ indujo al mayor número de granos / ramilla (49). Al analizar el efecto de la interacción de ambos factores (Tratamientos), se puede observar en la Tabla 15 que la combinaciones y a₃b₂ presenta el mayor valor (55 granos / ramilla) y diferenciándose estadísticamente con el resto de los tratamientos.

Estos resultados son corroborados por Aguilar & Dávila (1993) en donde encontraron diferencias significativas para esta variable, en un estudio similar a éste en el cultivo del sorgo.

Tabla 14. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de granos / ramillas. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	Numero de granos / ramilla
a ₁ : 64.41	41 b
a ₂ : 128.82	45 ab
a ₃ : 193.23	51 a
ANDEVA	*
C. V (%)	9.45
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	Numero de granos / ramilla
b ₁ : 100 % 25 dds	45 ab
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	49 a
b ₃ : 100 % 45 dds	44 b
ANDEVA	*
C. V (%)	9.30

Tabla 15. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el número de granos / ramillas. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera 1999.

Tratamientos	Número de granos / ramillas
a ₃ b ₂	55 a
a ₃ b ₁	50 ab
a ₃ b ₃	49 ab
a ₂ b ₂	48 ab
a ₂ b ₁	45 b
a ₁ b ₂	43 b
a ₂ b ₃	43 b
a ₁ b ₃	41 b
a ₁ b ₁	40 b
ANDEVA	*
C.V. (%)	9.30

3.2.4. Peso de mil granos

Esta variable demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductora; su movilización contribuye al rendimiento en una producción que difiere con las variedades, el medio ambiente y manejo que se le da al cultivo (López, 1991)

Al analizar los resultados estadísticos del peso de 1000 semillas (Tabla 16) no se encontraron diferencias significativas para los factores en estudio y su interacción, apreciándose que el valor numérico de las medias se desplazó entre 20 y 20.7 (gramos / 1000 semillas) para el Factor A y 18.6 y 21.7 (gramos / 1000 semillas) para el Factor B.

Tabla 16. Efecto de niveles y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el peso de 1000 granos. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	Peso de 1000 granos en gramos.
a ₁ : 64.41	20.7 a
a ₂ : 128.82	20.4 a
a ₃ : 193.23	20.0 a
ANDEVA	NS
C. V (%)	6.41
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	Peso de 1000 granos en gramos.
b ₁ : 100 % 25 dds	18.6 a
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	21.7a
b ₃ : 100 % 45 dds	19.3 a
ANDEVA	NS
C. V (%)	6.13
Interacción AxB	NS

3.2.5. Rendimiento de grano en kg/ha

El rendimiento de grano es el principal objetivo a alcanzar en el cultivo del sorgo, y es el resultado de unas series de factores que en su mayoría pueden modificarse en forma artificial (Tapia, 1980)

Según el análisis de varianza realizado a esta variable (Tabla 17), demuestra que existe efecto real de los niveles aplicados del factor A (dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno), factor B (momentos de aplicaciones de la urea) y la interacción (dosis con momentos de aplicaciones). Si se analiza el efecto de las dosis de la urea del factor A, según la prueba de separación de medias de Duncan al 95 por ciento de confiabilidad, nos muestra que la dosis de 193.23 kg/ha de urea 46 por ciento de nitrógeno (nivel a_3) fue la que indujo a obtener un mayor rendimiento (3 871 kg de grano/ha); en segundo lugar se puede apreciar la dosis de 128.82 kg/ha con un rendimiento de 3 218 kg de grano/ha, y en último lugar quedó la dosis de 64.41 kg/ha (nivel a_1) con 2 650 kg de grano/ha. Para el efecto de los niveles del factor B (momentos de aplicaciones) las diferencias encontradas entre las medias del rendimiento fueron significativas y la prueba de Duncan al 95 % las ubica en tres categorías estadísticamente diferenciadas. El mayor rendimiento se alcanzó con el nivel b_2 obteniéndose una producción de grano de 3 584 kg de grano/ha y con diferencias significativas con el resto de los niveles.

Al analizar el rendimiento de grano en la interacción de ambos factores (Tabla 18), la prueba de separación de medias de Duncan al 95 por ciento, nos ordena a los tratamientos en tres categorías estadísticas bien definidas: En primer lugar quedó el tratamiento a_3b_2 , quien alcanzó el mayor rendimiento con 4 413 kg/ha y con diferencias significativas con el resto de los tratamientos; en segundo lugar quedaron los tratamientos a_2b_2 , a_3b_1 y a_3b_3 con rendimientos promedios de 3 646 y 3 600 kg/ha respectivamente y en tercer lugar quedaron las combinaciones a_2b_3 (3 008 kg/ha), a_2b_1 (3 000 kg/ha), a_1b_2 (2 693 kg/ha), a_1b_1 (2 629 kg/ha) y a_1b_3 (2 629 kg/ha). Estas diferencias encontradas de rendimiento de grano entre los diferentes tratamientos estudiados se deben principalmente al efecto que ejerció el nitrógeno (y su momento de aplicación) sobre los componentes del crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo. Probablemente el papel más importante que jugó el nitrógeno en el crecimiento y desarrollo del cultivo fue en la síntesis de proteína, la cual es indispensable para el crecimiento y desarrollo

de la planta. Una disminución del nitrógeno en el suelo, provoca una disminución consecuente de la síntesis de proteína; esto trae como consecuencia una disminución del tamaño de la célula y especialmente en el ritmo de su división, afectando negativamente el proceso del crecimiento del cultivo del sorgo, tal como se ha demostrado en esta investigación.

Estos resultados concuerdan con los de Monterrey (1997) en un estudio de dosis y momento de aplicación del nitrógeno en el cultivo del sorgo. Así mismo, similares resultados obtuvieron Moreira & Romero (1999) en un estudio similar, pero con un cultivo diferente (ajonjolí).

Tabla 17. Efecto de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en kg/ha. Finca La Concepción, Nayarote León. Época de postrera de 1999.

Factor A: Dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento de grano en kg/ha
a ₁ : 64.41	2 650 c
a ₂ : 128.82	3 218 b
a ₃ : 193.23	3 871 a
ANDEVA	*
C. V (%)	9.39
Factor B: Momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno	Rendimiento de grano en kg/ha
b ₁ : 100 % 25 dds	3 076 ab
b ₂ : 50 % 25 dds; 50 % 45 dds	3 584 a
b ₃ : 100 % 45 dds	3 079 b
ANDEVA	*
C. V (%)	5.82

Tabla 18. Efecto de interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno sobre el rendimiento de grano en kg/ha. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Tratamientos	Rendimiento de grano en kg/ha
a ₃ b ₂	4 413 a
a ₂ b ₂	3 646 b
a ₃ b ₁	3 600 b
a ₃ b ₃	3 600 b
a ₂ b ₃	3 008 c
a ₂ b ₁	3 000 c
a ₁ b ₂	2 693 c
a ₁ b ₁	2 629 c
a ₁ b ₃	2 629 c
ANDEVA	
C.V. (%)	5.82

3.3. Análisis económico a los tratamientos en estudio

Con el propósito de determinar el tratamiento más rentable, se llevó cabo el análisis económico de los mismos, tomando en cuenta el presupuesto parcial, el análisis de dominancia y el análisis marginal, tal como lo propone la metodología del CIMMYT (1988).

3.3.1. Presupuesto parcial

Para la realización de este presupuesto, se tomaron en cuenta los precios vigentes durante el desarrollo del estudio y el precio del sorgo al momento de la cosecha fue de C\$ 80.00 córdobas por saco de 45.45 kg de peso.

En la Tabla 19 se presenta el presupuesto parcial de los nueve tratamientos en estudio. Se puede observar que la primera línea del presupuesto presenta los rendimientos medios obtenidos de cada tratamiento. Estos rendimientos se ajustaron a un 10 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento, tal como se puede observar el rendimiento ajustado en la línea cuatro. La última línea del presupuesto presentan los beneficios netos de cada tratamiento y se puede apreciar que el tratamiento a_3b_2 obtuvo el mayor beneficio neto (C\$ 4 067.4 córdobas/ha), pero a su vez el mayor costo variable (1 579.1 córdobas/ha). En los tratamientos donde se aplicó la menor dosis de urea (a_1b_1 , a_1b_2 y a_1b_3), se obtuvieron los costos y beneficios netos más bajos.)

Tabla 19. Presupuesto parcial de los tratamientos. Ensayo de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Componentes del presupuesto parcial	Tratamientos								
	a_1b_1	a_1b_2	a_1b_3	a_2b_1	a_2b_2	a_2b_3	a_3b_1	a_3b_2	a_3b_3
Rendimiento kg/ha	2 629.0	2 693.0	2 629.0	3000.0	3 646.0	3 008.0	3 600.0	4 413.0	3 600.0
Ajuste (10 %)	262.9	269.3	262.9	300.0	364.6	300.8	360.0	441.3	360.0
Rendimiento ajustado	2 366.1	2 423.7	2 366.1	2 700.0	3 281.4	2 707.2	3 240.0	3 971.7	3 240.0
Beneficio Bruto campo *	3 363.8	3 445.7	3 363.8	3 838.5	4 665.1	3 848.8	4 606.2	5 646.5	4 606.2
Costo de Transporte *	458.2	469.3	458.2	522.8	635.4	524.2	627.4	769.1	627.4
Costo de cosecha *	165.3	169.3	165.3	188.6	229.2	189.1	226.4	277.5	226.4
Costo de mano de obra *	75.0	150.0	75.0	75.0	150.0	75.0	75.0	150.0	75.0
Costo del Nitrógeno *	127.5	127.5	127.5	255.0	255.0	255.0	382.5	382.5	382.5
Total de costos variable *	826.0	916.2	826.0	1 041.5	1 269.7	1 043.4	1 311.3	1 579.1	1 311.3
Beneficios netos *	2 537.9	2 529.6	2 537.9	2 797.1	3 395.4	2 805.4	3 295.0	4 067.4	3 295.0

* C\$/ha

3.3.2. Análisis de Dominancia

Con el fin de eliminar a aquellos tratamientos que tengan beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajo (tratamiento dominado), se realizó el análisis de dominancia a los tratamientos en estudio, observándose en la Tabla 20 que los tratamientos a_1b_2 ,

a_1b_3 , a_2b_3 , a_3b_1 y a_3b_3 , quedaron dominados.

Tabla 20. Análisis de dominancia de los tratamientos. Ensayo de dosis y momentos de aplicaciones urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postrera de 1999.

Tratamientos	Costos Variables (C\$/ha)	Beneficios netos(C\$/ha)	Tratamiento dominado (D)
a_1b_1	826.0	2 537.9	
a_1b_2	916.2	2 529.6	D
a_1b_3	826.0	2 537.9	D
a_2b_1	1 041.5	2 797.1	
a_2b_2	1 269.7	3 395.4	
a_2b_3	1 043.4	2 805.4	D
a_3b_1	1 311.3	3 295.0	D
a_3b_2	1 579.1	4 067.4	
a_3b_3	1 311.3	3 295.0	D

3.3.3. Análisis Marginal

En el análisis marginal de los tratamientos, se calculó la tasa de retorno marginal entre los tratamientos no dominados y se comparó esa tasa de retorno con la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor (CIMMYT, 1988). Para este estudio, la tasa de retorno mínima aceptable fue del 150 por ciento.

En la Tabla 21 se presentan los resultados del análisis marginal de los tratamientos que muestran el beneficio que se obtiene cuando se pasa de un tratamiento a otro. Se puede apreciar que la mayor tasa de retorno marginal se obtuvo al pasar del tratamiento a_2b_1 al a_2b_2 , con una tasa de retorno marginal del 262.21 %, (muy por encima de la tasa de retorno mínima aceptable para este estudio). . Esto significa que por cada córdoba invertido en la aplicación del tratamiento a_2b_2 , se obtiene 2.6221 córdobas de ganancia, además del córdoba invertido.

Tabla 21. Análisis Marginal. Ensayo de dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno. Finca La Concepción, Nagarote León. Época de postera de 1999.

Tratamientos	Costos que varían (C\$/ha)	Costos marginales (C\$/ha)	Beneficios netos (C\$/ha)	Beneficios netos marginales (C\$/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
a ₁ b ₁	826.0		2 537.9		
a ₂ b ₁	1 041.5	215.49	2 797.1	259.21	120.29
a ₂ b ₂	1 269.7	228.2	3 395.4	598.36	262.21
a ₃ b ₂	1 579.1	309.4	4 067.4	671.98	217.19

IV. CONCLUSIONES

- La variable altura de planta, presentó efecto significativo para el Factor A (dosis de urea 46 por ciento de nitrógeno), Factor B (momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno) y la interacción de ambos factores a los 35 y 60 dds.
- El diámetro del tallo mostró efecto real de los niveles del Factor A, Factor B y la interacción dosis y momentos de aplicaciones de urea 46 por ciento de nitrógeno a los 60 dds.
- Las dosis del Factor A, los niveles del Factor B y la interacción AxB (tratamientos) mostraron efecto significativo para la variable número de hojas/planta a los 35 y 60 dds
- De los componentes del rendimiento de grano, solamente el peso de mil granos resulto no significativo para los factores en estudio y su interacción.
- Para el rendimiento de grano, la dosis 193.23 kg/ha de urea (nivel a_3) del Factor A, el nivel b_2 (momentos de aplicaciones del nitrógeno: 50 por ciento a los 25 dds y 50 % a los 45 dds) del Factor B y la interacción a_3b_2 indujeron a obtener los mayores rendimiento de grano.
- El análisis económico de los tratamientos indica que cuando se pasó del tratamiento a_2b_1 al a_2b_2 se obtuvo el tratamiento más rentable económicamente, con una tasa de retorno marginal del 262.21 por ciento.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Repetir este ensayo en la misma y otras localidades del país para confirmar o negar los resultados obtenidos.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, S., P., & Dávila, M., L. 1993. Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L). Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua. 55 p.
- Aguilar, C., A., 1988. Efecto de tres densidades de nitrógeno y cuatro dosis de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench). Trabajo de Diploma. ISCA. Managua, Nicaragua. 46 p.
- Alemán, F., & Tercero, L., 1991. Inventario de la información generada en agronomía (relación clima-suelo-planta-hombre) en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua. PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 72 p.
- Barahona, O., W., & Gago, H., F., 1996. Evaluación de diferentes prácticas culturales en Soya (*Glicine max* L. Merr) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y su efecto sobre la cenosis de las malezas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 69 p.
- Blanco, W., & Mairena, M., 1993. Estudio del efecto de diferentes niveles y fraccionamiento del nitrógeno sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) var. Turen y comparación de costos de tratamientos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 50 p.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D. F. 79 p.
- CRAT, 1976. Centro Regional de Ayuda Técnica. Guía para cultivos en los trópicos y sub-trópicos. 1ra. Edición en Español. 128 p.

- Demolón, L., P., 1975. La investigación en sistemas de protección con sorgo en Honduras. Aspectos agronómicos. INTSAR, México, D.F. 270 p.
- García, S., H. 1997. Evaluación de diferentes prácticas culturales sostenibles y su impacto sobre la cenosis de las malezas, granos básicos y leguminosas. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua. 85 p.
- Goldsworthy, P., R., & Fischer, N., M., 1984. The Physiology of Tropical Field Crops. John y Sons LTD. 213-243 pp.
- Holdridge, L., 1982. Ecología basada en zonas de vidas, II CA. San Jose, Costa Rica. 216 p.
- López, J., A., & Galeato, A. 1982. Efecto de competencia en distintos estados de crecimiento del sorgo. Publicaciones técnicas No. 25 INTA. Argentina 20 p.
- López, B., L., 1991. Cultivos Herbáceos. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 391 p.
- MAG., 1971. Manual practico para interpretación de suelos. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Managua, Nicaragua. 39 p.
- Martínez, A., D., 1997. Respuesta del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) a la aplicación de fertilizantes a base de elementos mayores (N-P-K). Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 35 p.
- Miller, F., R. 1980. Crecimiento y desarrollo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). In: Estudios FAO. Producción y protección vegetal. 135 p.
- Monterrey, C., C., 1997. Dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado: efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua. 45 pp.

- Moreira, E., G., V., & Romero, G., G., 1999. Determinación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L), variedad Cuyumaqui. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 55 pp.
- Ortiz, J., & Varela, C., 1990. Influencia de dos herbicidas en el control de malezas en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de Ingeniero Agrónomo. ISCA. Managua, Nicaragua. 62 pp.
- Pedroza, P., H., 1993. Fundamentos de Experimentación Agrícola. Editorial Arte. Managua, Nicaragua. 264 pp.
- Phoelman, C. 1985. Mejoramiento genético de la cosecha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Universidad de Missouri. Editorial Limusa. México, D. F. 302 pp. .
- Pineda, L., L. 1997. La producción de sorgo granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo Técnico, INTA-CNIA, Managua, Nicaragua. 55 pp.
- Tapia, B., H., 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencias técnica en granos básicos. División de semillas. INRA-PROAGRO. Managua, Nicaragua. 196 pp.
- Uriarte, E., A., & Tapia, O., H. 1997. Estudio del efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L) variedad Mexicana. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 50 pp.