



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

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**RESPUESTA DEL SORGO GRANIFERO  
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) A LA  
APLICACION DE FERTILIZANTES A BASE DE  
ELEMENTOS MAYORES (N-P-K)**

**AUTOR:**

**Br. DANILO A. MARTINEZ ARROLIGA**

**ASESOR:**

**Ing. Agr. FREDDY ALEMAN Z MSc.**

**MANAGUA, NICARAGUA-1997**

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

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**RESPUESTA DEL SORGO GRANIFERO (*Sorghum bicolor* (L.)  
Moench) A LA APLICACION DE FERTILIZANTES A BASE DE  
ELEMENTOS MAYORES (N-P-K)**

**AUTOR:**

**Br. DANILO A MARTINEZ ARROLIGA.**

**ASESOR:**

**Ing. Agr. FREDDY ALEMAN Z. MSc.**

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

**MANAGUA, NICARAGUA-1997**

## **DEDICATORIA**

**A la Trinidad: Padre, Hijo y Espíritu Santo**

**A mi madre SEBASTIANA ARROLIGA SOZA que con mucho amor, cariño, abnegación y paciencia, logro que coronara mis estudios Universitarios.**

**A mi tío MANUEL ARROLIGA SOZA por su apoyo incondicional y la valiosa cooperación brindada en todo momento de mi formación profesional.**

**A mis hermanos, muy especialmente a FERNANDO MARTINEZ que me brindó su apoyo económico y moral, BISMARCK, CARLOS, NORMA, ROSALINA y SOCORRO por su apoyo moral.**

**A mi cuñada MARIA MERCEDES CACERES por su entusiasmo y consejo para seguir adelante.**

**DANILO MARTINEZ ARROLIGA.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco sinceramente a todas aquellas personas que desinteresadamente hicieron posible este trabajo.

A mi asesor **Ing. Agr. FREDDY ALEMAN Z.MSc.** por su apoyo incondicional y valiosa conducción y revisión del presente documento.

**AI PROGRAMA CIENCIA DE LAS PLANTAS (PCP)** por su apoyo en el servicio de préstamo de equipo de computación y publicación del presente informe.

A la empresasa almacenadora del agro (**ALMAGRO**) en especial a su gerente general **Lic. Carlos Velazquez**, por el financiamiento de las actividades de campo del presente trabajo de investigación

Al **Ing. Agr. Carlos Andrade** por su colaboración en este trabajo.

Al personal de **ALMAGRO**.

A **JAQUELINE TREMINIO BORGE** por el levantamiento de texto del presente trabajo.

**DANILO MARTINEZ ARROLIGA**

## INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	5
2.1. Ubicación del experimento	5
2.2 Descripción del diseño y tratamientos	7
2.3. Métodos de fitotécnia	10
2.4. Análisis de follage	11
2.5. Análisis económico	11
III. RESULTADOS Y DISCUSION	13
3.1. Efecto de fertilizante a base de NPK sobre factores de crecimiento de la planta de sorgo	13
3.1.1. Altura de plantas del cultivo de sorgo	13
3.1.2. Diámetro de tallo en plantas del cultivo de sorgo	14
3.1.3. Numero de hojas en plantas de sorgo	16
3.2. Efecto de fertilizante a base de NPK sobre componentes del rendimiento del cultivo de sorgo	18
3.2.1. Longitud de excersión de la panoja	18
3.2.2. Longitud de panoja	18
3.2.3. Peso de panoja	19
3.2.4. Número de ramillas por panoja, longitud de la ramilla y peso de mil granos	20
3.2.5. Número de granos por ramilla	20
3.2.6. Peso de mil granos	20

**Continua .....**

<b>SECCION</b>	<b>PAGINA</b>
3.2.7. Número de plantas por hectárea	21
3.3.8. Número de panojas por hectárea	22
3.2.9. Rendimiento de grano	23
3.2.5. Comparaciones entre tratamientos	24
3.3. Análisis económico de los tratamientos evaluados	25
3.3.1. Curva de beneficios netos	27
3.3.2. Análisis marginal	28
3.4. Análisis foliar	29
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	<b>31</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>32</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA No</b>	<b>PAGINA</b>
1. Zonificación ecológica del área donde se llevó a cabo el experimento. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	6
2. Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el estudio	6
3. Tipos de fertilizantes completos y respectivas dosis de aplicación de i.a en kg./ha. utilizados en el experimento	7
4. Efecto de fertilizante N P K sobre la altura de plantas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1997	14
5. Efecto de fertilizante N P K sobre el diámetro del tallo del sorgo a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	15
6. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de hojas del sorgo a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	16
7. Efecto de fertilizante N P K sobre la altura excursión de la panoja, longitud de la panoja (dos momentos) y peso de 10 panojas. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	19
8. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de espiguillas por panoja, número de granos / espiguilla, longitud de la espiguilla y peso de mil granos. Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	21
9. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de plantas / hectárea y número de panojas / hectárea. Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	22
10. Efecto de fertilizante N P K sobre el rendimiento de grano (qq / mz). Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	23
11. Resultado de las comparaciones entre tratamientos por medio de contrastes ortogonales (nivel de aceptación = 0.05 por ciento). ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	25
12. Análisis de beneficio costo de los tratamientos evaluados en el experimento. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	26

13.	Análisis marginal de los tratamientos estudiados en el experimento (D\$ / ha)	28
14.	Influencia de fertilizante N P K y momentos de aplicación, sobre el contenido nutricional en tejido de la planta. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996	29

**INDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA No.</b>		<b>PAGINA</b>
1.	Precipitación promedio y temperaturas medias ocurridas durante los meses en que se desarrolló el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996. FUENTE: INETER	5
2.	Curva de beneficios netos. Experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante a base de N P K en el cultivo de sorgo industrial. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996	27

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en los predios de la Empresa Almacenadora del Agro (ALMAGRO) ubicada en el departamento de Masaya, en el período comprendido de septiembre a diciembre de 1996. El objetivo de la investigación fue generar información sobre la respuesta del sorgo granífero a la fertilización fosforica y potásica, y evaluar el efecto de tipos de fertilizantes a base de N.P K sobre el cultivo de sorgo granífero. El factor en estudio fue formulaciones a base de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). En total se establecieron cuatro tratamientos. Un tratamiento fue a base de N y P (27-69-00), un segundo tratamiento fue alto en N y P y bajo en K (18-46-30), un tercer tratamiento fue alto en K y bajo en N y P (13-34-45). Un cuarto tratamiento no recibió aplicación de fertilizante al momento de la siembra (testigo absoluto). El diseño empleado fue de bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos muestran que no existió efecto significativo de los tratamientos sobre las variables de crecimiento del cultivo y sobre los componentes del rendimiento. En la variable rendimiento de grano se hicieron comparaciones ortogonales para obtener mayor precisión en los resultados y sí se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en el tratamiento bajo en fósforo y en nitrógeno y alto en potasio (13-34-45), sin embargo no difiere estadísticamente de los tratamientos con aplicación de fertilizante N-P y N-P-K. El tratamiento sin fertilización presentó el menor rendimiento. Los tratamientos altos en nitrógeno y fósforo tuvieron un comportamiento muy similar a los tratamientos con cantidades medias y bajas de dichos elementos. La utilización de fertilizantes a base de N y P resultó en aumentos significativos en el beneficio económico. El cambio del fertilizante a base de N y P por fertilización baja en N y P y alta en K, resultó en aumentos significativos en el beneficio económico. El mayor contenido de nitrógeno en el tejido de las plantas se obtuvo en el tratamiento medio en nitrógeno y fósforo y bajo en potasio. La producción de materia seca fue superior en el tratamiento bajo en nitrógeno y fósforo y alto en potasio.

## I. INTRODUCCION

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es uno de los cultivos más importantes en áreas semi aridas tropicales ya que puede ser cultivado con éxito bajo condiciones secas y de altas temperaturas. El sorgo es ampliamente distribuido a lo largo y ancho del mundo, cultivándose anualmente 47.8 millones de hectáreas (FAO, 1982). Las mayores áreas de producción en la actualidad incluyen las grandes planicies de Norte America, sur de Africa, noreste de China, centro de la India y Argentina (Peacock & Wilson, 1984),

El sorgo es ampliamente cultivado en la zona del pácifico de Nicaragua, principalmente en los departamentos de Masaya, Managua y el occidente del país. Para el año 1996/1997 se sembraron en Nicaragua un total de 43 800 mz (30 845 ha), de las cuales se lograron cosechar un total de 36.200 mz (25 493 ha) obteniendo una producción de 1 623 200 quintales, para una producción promedio de 44.83 qq/mz o 2900 kg/ha.\*

El grano tiene un valor nutricional equivalente al del maíz en la alimentación del ganado vacuno y cuando se combina con maíz la mezcla resulta mejor que cualquiera de los granos solos (Pineda,1988).

El grano de sorgo tienen múltiples usos en la sociedad nicaraguense. En zonas de baja pluviosidad el sorgo constituye un sustituto del maíz en la alimentación humana. El principal uso del sorgo en la zona del pácifico es la alimentación animal (aves). Los tallos y follaje de sorgo se utilizan frecuentemente como alimento del ganado en la época seca (MAG, 1991).

A pesar de su importancia, los niveles de producción de sorgo, estan por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo. La deficiencia en la producción se debe principalmente a prácticas tecnológicas erradas que han suscitado una serie de problemas en los sistemas de producción, que reducen año a año la productividad de los suelos.

---

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

Esta situación se ha agudizado en los últimos años debido a cambios en el medio ambiente, pérdida de recursos, incremento en los costos de producción y a factores bióticos que afectan la producción de este cultivo (Alemán, 1997).

Las cantidades de fertilizantes requeridas por la planta de sorgo varían dependiendo del tipo y condiciones de suelo. Son pocos los trabajos de investigación que incluyen fertilización a base de elementos mayores (N-P-K) en el cultivo de sorgo. Diagnósticos agronómicos en dicho cultivo muestran variabilidad en las cantidades de fertilizantes a base de N-P-K que son utilizadas por los productores (ALMAGRO, 1996). Existen rangos desde 25 kilogramos de fórmula comercial, hasta aplicaciones de 150 kg de producto comercial por manzana.

Los suelos de la costa del pacífico derivados de cenizas volcánicas presentan un alto contenido de M.O, la cual tiende a acumularse, permitiendo que los fosfatos sean fijados a los coloides orgánicos. La fijación del fósforo en dichos suelos hace que la disponibilidad de este elemento para las plantas sea baja y que el fósforo aplicado como fertilizante sea rápidamente fijado a dichos suelos (Fassbender, 1987).

La deficiencia de fósforo disponible inhibe el crecimiento microbiano, dando por resultado una tasa baja de mineralización, que reduce la disponibilidad de nitrógeno.

Con la posible excepción de nitrógeno ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de la planta en el campo como el fósforo. Una carencia de este elemento es doblemente serio, puesto que evita que la planta aproveche otro nutriente. Por ejemplo, antes que el uso de fertilizantes comerciales, la mayor parte del nitrógeno del suelo depende indirectamente de la reserva de fósforo. Esto se debe a la influencia vital del último elemento sobre el crecimiento de las leguminosas. Esta necesidad de fósforo para la planta se ha tenido en cuenta en las formulaciones comerciales. (Buckman & Brady, 1985.)

La presencia en suelo de una adecuada cantidad de potasio utilizable tiene mucha relación con el tono general y el vigor de crecimiento de las plantas. Es más aumentando la

resistencia a ciertas enfermedades y fortaleciendo el sistema de enraizamiento.

El potasio tiende a frustrar los efectos nocivos de un exceso de nitrógeno. Retrasando la madurez el potasio actúa contra la influencia del excesivo sazonamiento del fósforo. De un modo general ejerce un efecto compensador sobre el nitrógeno y el fósforo, y por lo tanto es de importancia enorme en una mezcla de fertilizante. (Buckman & Brady,1985.) La disponibilidad de potasio en suelos de la zona del pácifico de Nicaragua es alta, y supera los requerimientos de la planta de sorgo.

Pineda, L.(1997).recomienda aplicar al momento de la siembra, al fondo del surco 129.37 kg/ha de la formulación de fertilizante 18 -46 -0 cuando el suelo presenta un buen nivel de potasio (según el análisis de suelo), o 10 -30 -10 cuando el nivel es bajo.

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 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 N P K necesarias en la producción de sorgo de manera rentable y sostenida.

**Las consideraciones anteriores condujeron a la realización del presente experimento, el cual persigue los siguientes objetivos:**

- 1- Generar información sobre la respuesta del sorgo granífero a la fertilización fosfórica y potásica.**
- 2- Determinar el tipo de fertilizante N-P-K que mejor responde a los requerimientos fisiológicos del cultivo de sorgo granífero.**
- 3- Evaluar el efecto de fertilización a base de N-P-K sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento como tal en el cultivo del sorgo.**
- 4- Determinar la rentabilidad económica de cada uno de los tratamientos de fertilizante N P K evaluados.**

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó durante la época de postrera (septiembre-diciembre), de 1996, en los predios de la empresa almacenadora del agro.(ALMAGRO), ubicada en el departamento de Masaya.

### Zonificación ecológica

El clima de la zona de Masaya se clasifica como sub-húmedo, con época lluviosa de mayo a octubre. En la Figura 1, se muestran la precipitación ocurrida durante el año 1996 en la localidad de Masaya, según registro pluviométrico de la empresa ALMAGRO. Las características climáticas preponderantes en la zona se presentan en la Tabla 1.

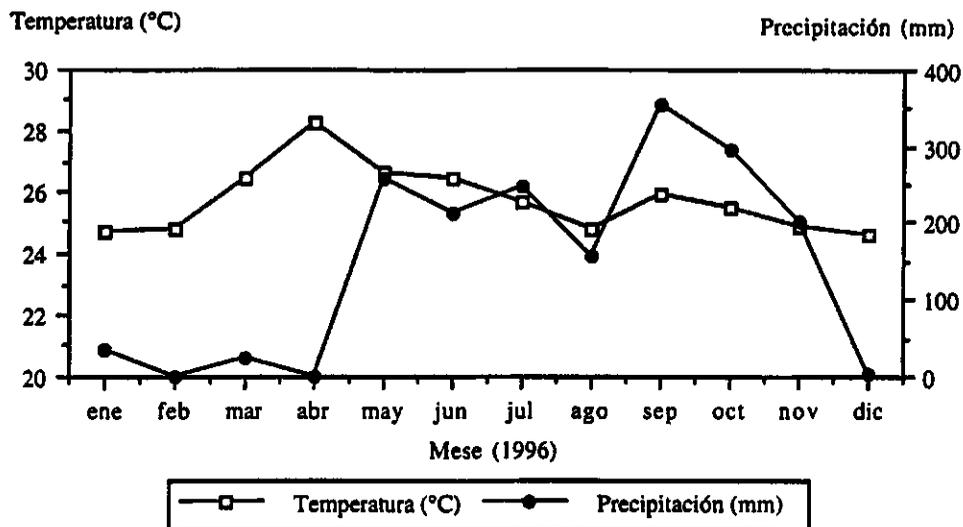


Figura 1. Precipitación promedio y temperaturas medias ocurridas durante los meses en que se desarrolló el experimento. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996. FUENTE: INETER

Tabla 1. Zonificación ecológica del área donde se llevó a cabo el experimento. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996

Factor	Masaya
Altitud	235.00 metros sobre el nivel de mar
Temperatura media	25.20 °C
Precipitación mensual media	148.60 milímetros
Humedad relativa	80.96 por ciento

Fuente: Instituto Nicaraguense de estudios territoriales (INETER).

### 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).

Tabla 2. Características químicas y físicas del suelo del área donde se realizó el estudio

Nútrientes	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. Descripción del diseño y tratamientos

El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones en arreglo unifactorial. El factor en estudio fue la aplicación de fertilizante a base de N-P-K

La descripción de los tratamientos se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos de fertilizantes completos y respectivas dosis de aplicación de i.a en kg/ha. utilizados en el experimento

Tipos fertilizantes	Dosis (kg/ha)	Dosis de aplicación (i.a kg./ha)
T1= 1.5 qq 18 - 46 - 00 27 - 69 - 00	97 kg/ha	17.46 de N <sub>2</sub> , 44.64 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T2=1 qq 18 - 46 - 00 + 0.5 qq MRT (formulación 18-46-30)	97 kg/ha	11.64 de N <sub>2</sub> , 29.75 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y 19.4 de K <sub>2</sub>
T3= 0.75 qq 18-46-00 + 0.75 qq MRT (formulación 13-34-45)	97 kg/ha	8.73 de N <sub>2</sub> , 22.32 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y 29.11 de K <sub>2</sub>
T4=sin fertilizante		

i.a= ingrediente activo.

MRT= Muriato de Potasio 60 %

**Dimensión y descripción del experimento** El área experimental estuvo constituida por 58.42 m de largo y 26 metros de ancho, para un área total del experimento de 1518.92 m<sup>2</sup>. El area de cada Bloque fue de 28.21 m de largo por 12 metros de ancho, para un área de 338.52 m<sup>2</sup>.

La unidad experimental estuvo constituida por siete surcos de 12 metros de largos, espaciados a 0.91 m. El área de la unidad experimental fue de 76.44 m<sup>2</sup>. La parcela útil ocupó los cuatro surcos centrales y se dejaron 2 metros de borde. El área de la parcela útil fue de 29.12 m<sup>2</sup> (8 m \* 3.64 m).

## **Variables a evaluar**

### **Durante el crecimiento del cultivo**

Conteos de planta emergidas. El conteo de plantas se realizó a los nueve días después de la siembra, el mismo se realizó en los cuatro surcos centrales de la unidad experimental.

Altura de planta (cm). La altura de plantas se determinó a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, la misma se realizó desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja.

Número de hojas verdes por planta. Se contó el número de hojas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. Se contabilizaron aquellas hojas que presentasen el collar foliar visible.

Análisis foliar: El análisis foliar 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 la espiga completamente emergida (estado vegetativo 5). El muestreo se realizó en la segunda hoja de la parte superior de la planta, apartir del ápice.

Diámetro del tallo (mm). El diámetro del tallo se detrmínó a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, el mismó se derminó en la parte media de la planta de sorgo.

Días a floración. La floración del cultivo se determinó a los 55 días después de la siembra teniendo el 50 por ciento de floración, y alcanzó su máxima floración a los 65 días después de la siembra.

### **A la cosecha**

Longitud panoja (cm). La longitud de la panoja se determinó a partir de la primera ramilla de la panoja, hasta su ápice.

Excursión de panoja (cm). La excursión de la panoja se determinó a partir de la hoja bandera, hasta la primera espiguilla de la panoja.

Número de panojas cosechadas (panojas / m<sup>2</sup>). Se contaron las panojas presentes en la unidad experimental.

Número de plantas cosechadas. Se contaron las plantas presentes en la unidad experimental

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 dentro de la parcela útil y se le determinó el peso seco

Número de ramillas por panojas. Se contaron las ramillas de 10 panojas dentro de la parcela útil de cada tratamiento.

Número de grano por ramilla. Se contaron los granos de cada ramilla en 10 panojas de la parcela útil.

Longitud de la ramilla. Se determinó a partir de la primera espiguilla hasta el ápice de la ramilla.

Peso de grano (g). Se contaron mil granos provenientes de la muestra de rendimiento y se pesaron.

## **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 Duncan 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 pase de grada y nivelación.

La siembra se realizó con sembradora mecánica, a chorrillo en surcos separados a 0.91 m, depositando un promedio de 35 semillas por metro lineal, con una norma de siembra de 11.6 kg/ha (25.5 libras por hectárea). Se esperó un establecimiento de plantas de 249 423 plantas / ha (175 650 plantas / mz.).

La fertilización se realizó según los tratamientos en estudio, al momento de la siembra, a razón de 97 kg /ha (2.13 qq/ha) para todos los tratamientos. A los 20 días después de la siembra se realizó aplicación de urea 46 por ciento, a todos los tratamientos a razón de 130 kg / ha (2.84 qq/ha) .

Se hizo un control de malas hierbas con una mezcla de prowl + dual a razón de 0.75 l/ha y 0.5 l/ha de cada producto respectivamente, cuando el cultivo presentó 2-3 hojas verdaderas (9 días después de la siembra). Se realizó un segundo control de malezas de forma mecánica (azadón) a los 25 días después de la siembra.

Se realizó control de plagas de forma preventiva, utilizando *deltametrina* (decis) a razón de 72.5 cc por hectárea.

La cosecha se realizó de forma manual, al completar el ciclo biológico del cultivo (95

días después de la siembra).

**Variedad utilizada.** Se utilizó el híbrido 8300 de PIONEER, la cual presenta grano de color rojo, alcanza una altura de 1.60 m, presenta panoja semi abierta, y alcanza humedad de 25 por ciento a los 90 - 95 días. Presenta resistencia a múltiples enfermedades

#### **2.4. Análisis de follaje**

Se tomaron muestras follaje a los 75 días después de la siembra para determinar el contenido nutricional en las hojas de sorgo tratadas con fertilizantes a base de N P K. Para ello se seleccionó la hoja inmediata inferior a la hoja bandera, tomándose 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 rendimientos 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 comprados, 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:** Se calcula restando el beneficio bruto de campo con el total de costos variables, esto se hace para cada tratamiento.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1. Efecto de fertilizante a base de NPK sobre factores de crecimiento de la planta de sorgo**

##### **3.1.1. Altura de plantas del cultivo de sorgo**

Cristiani (1987) describe que el sorgo tiene un crecimiento lento en sus primeros 25 días después de la siembra, pero después de los 30 días el crecimiento se acelera. El tamaño y porte de la planta de sorgo varía considerablemente por varios factores, entre ellos se puede mencionar: factores ambientales (humedad y temperatura) y por la disponibilidad de nutrientes (López y Galeato, 1982).

Para el caso de una cosecha mecanizada, la altura tiene mucha importancia considerándose que para esta actividad la planta debe tener 1,30 a 1,60 m. acorde a la altura de corte de la combinada de grano. (Pineda,1987).

La altura de plantas del cultivo de sorgo fue evaluada en cuatro momentos durante el desarrollo vegetativo del cultivo. En la Tabla 4 se muestra que existen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico únicamente en los primeros dos momentos de desarrollo del cultivo a los 15 y 30 días después de la siembra, sin embargo los valores obtenidos muestran que en tres fechas de muestreo el tratamiento sin fertilización a base de NPK, presentó la menor altura, evidenciando efecto de la fertilización sobre la variable en estudio.

En las evaluaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, la mayor altura de plantas se obtuvo en el tratamiento con mayor cantidad de fósforo y nitrógeno (27-69-00). Estos elementos contribuyen sustancialmente al desarrollo de la planta.

La evaluación realizada a los 30 días después de la siembra muestra diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento al que se adicionó menor

cantidad de fósforo y nitrógeno presentó la menor altura de plantas. El nitrógeno es el elemento esencial para el desarrollo de la plantas, esta limitante se corrigió en este tratamiento al adicionar la aplicación de urea a los 25 días después de la siembra. Los datos resultantes de las evaluaciones y los parámetros estadísticos se pueden observar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Efecto de fertilizante N-P-K sobre la altura de plantas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.**

Tratamientos	Altura de Planta (cm) (15 dds)	Altura de Planta (cm) (30 dds)	Altura de Planta (cm) (45 dds)	Altura de Planta (cm) (60 dds)
27-69-00	16.6 a	40.0 a	78.3 a	156.8 a
18-46-30	16.4 a	38.8 a	70.0 a	149.6 a
13-34-45	14.6 a	29.5 b	77.1 a	157.7 a
00-00-00	11.6 b	31.1 b	66.8 a	148.8 a
CV (%)	10.1	8.7	9.7	5.4
P=	0.040	0.017	0.128	0.336
Significancia	*	**	NS	NS

### 3.1.2. Diámetro de tallo en plantas del cultivo de sorgo

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

El diámetro del tallo fue evaluado durante cuatro momentos durante el desarrollo del cultivo. La evaluación realizada muestra que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Pero numéricamente el mayor diámetro se encontró

en el tratamiento con mayor cantidad de fósforo y nitrógeno (27-69-00), el cual no difiere de los tratamientos con aplicación de fertilizantes, pero sí del tratamiento sin fertilizante (Tabla 5).

La evaluación realizada a los 30 y 60 días después de la siembra, muestra mayor diámetro en el tratamiento medio en fósforo y bajo en potasio (18-46-30). Los menores diámetros los tuvieron los tratamientos 13-34-45 y el testigo a los 30 y 60 dds respectivamente. La Tabla 5 muestra las medias obtenidas en cada uno de los tratamientos y los parámetros estadísticos para decidir significancia estadística entre tratamientos.

Tabla 5. Efecto de fertilizante N P K sobre el diámetro del tallo del sorgo a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.

Tratamientos	diámetro de tallo (15 dds) (cm)	diámetro de tallo (30 dds) (cm)	diámetro de tallo (45 dds) (cm)	diámetro de tallo (60 dds) (cm)
27-69-00	0.74 a	.1.19 a	1.44 a	1.44 a
18-46-30	0.53 ab	1.43 a	1.43 a	1.45 a
13-34-45	0.65 ab	1.24 a	1.33 a	1.41 a
00-00-00	0.48 b	1.40 a	1.44 a	1.37 a
CV (%)	21.1	12.1	7.5	6.8
P=	0.066	0.149	0.636	0.402
Significancia	NS	NS	NS	NS

### **3.1.3. Numero de hojas verdes en plantas de sorgo**

El número de hojas por planta está en dependencia de la variedad, porte y condiciones agroecológicas que se cultiva.(Peña,1989).

Arzola & Machado (1981) fundamenta que el fósforo interviene sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Un alto contenido de fósforo en la planta prolonga la vida en la hoja vieja, que a su vez ha perdido fósforo para trasladarla a la nueva.

La evaluación del número de hojas en las plantas de sorgo fue realizada en cuatro momentos durante el desarrollo del cultivo. . Las evaluaciones realizadas muestran que únicamente durante el primer muestreo (15 días después de la siembra) se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento que no recibió aplicación de fertilizante difiere del resto de tratamientos (Tabla 6).

En los siguientes muestreos realizados, no se encontró diferencia entre los tratamientos evaluados sobre la variable en estudio, sin embargo en el tercero y cuarto muestreo se nota la tendencia de mayor número de hojas en el tratamiento medio en nitrógeno y fósforo (18-46-30). En el segundo muestreo (30 días después de la siembra) el mayor número de hojas se encontró en el tratamiento con bajo contenido de nitrógeno y fósforo (13-34-45)

Tabla 6. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de hojas del sorgo a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.

Tratamientos	Número de Hojas/planta (15 dds)	Número de Hojas/planta) (30 dds)	Número de Hojas/planta (45 dds)	Número de Hojas/planta (60 dds)
27-69-00	4.4 a	5.6 a	7.2 a	6.4 a
18-46-30	4.0 a	5.5 a	7.5 a	6.6 a
13-34-45	4.1 a	5.8 a	7.3 a	6.6 a
00-00-00	3.6 b	5.3 a	7.3 a	6.5 a
CV (%)	5.7	6.7	7.5	5.8
P=	0.010	0.287	0.411	0.879
Significancia	*	NS	NS	NS

## **3.2. Efecto de fertilizante a base de NPK sobre los componentes del rendimiento del cultivo de sorgo**

### **3.2.1. Longitud de excursión de la panoja**

La longitud de excursión es considerada de mucha importancia en la recolección mecanizada. Si se tiene un genotipo con poca excursión de panoja, al cosecharse se corta la hoja y el tallo de la planta, lo cual ocasiona una mayor cantidad de material extraño ocasionando una baja en la calidad del grano (Compton, 1985).

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

El análisis de varianza muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los valores numéricos indican que el tratamiento con bajos niveles de fósforo y nitrógeno y el tratamiento que no recibió fertilizante al momento de la siembra muestran los mayores valores. La variable en mención es influenciada por factores genéticos y en menor medida por factores del medio ambiente (Paul, 1985)

### **3.2.2. 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 posición puede ser erecta o curva, la longitud de la panoja es inversa al ancho de la misma (León, 1987). La panoja de tipo semicerrada y con buena longitud (28-31 cm) produce buen rendimiento del grano (Clara, 1988).

Peña silva (1989).señala que los cultivos antecesores no ejercen efecto sobre la longitud de la panoja.

El análisis de varianza no muestra diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Numéricamente el tratamiento sin aplicación de N P K presentó la menor longitud de panoja. Lo anterior evidencia respuesta del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes a base de elementos mayores al momento de la siembra (Tabla 7).

### 3.2.3. Peso de panoja

El peso de la panoja no muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El mayor valor se obtuvo en el tratamiento con valores medios de nitrógeno y fósforo (18-46-30), seguido del tratamiento con bajos niveles de nitrógeno y fósforo (13-34-45) (Tabla 7). El mayor valor de peso de panojas obtenido en el tratamiento (18-46-30) puede deberse al fenómeno de compensación, ya que este tratamiento presentó el menor número de plantas por hectárea lo cual permitió un mayor peso de panoja.

Tabla 7. Efecto de fertilizante N-P-K sobre la altura excursión de la panoja, Longitud de la panoja (dos momentos) y peso de 10 panojas. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996

Tratamientos	Altura de excursión de la panoja (cm)	Longitud de la Panoja (2) (cm)	Peso de panoja (g)
27-69-00	16.8 a	27.4 a	52.89 a
18-46-30	16.9 a	27.5 a	59.28 a
13-34-45	17.5 a	27.2 a	55.95 a
00-00-00	17.5 a	25.7 a	52.08 a
CV (%)	11.68	4.54	9.41
P=	0.276	0.423	0.332
Significancia	NS	NS	NS

### **3.2.4. Número de ramillas por panoja.**

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

El análisis a la variable número de espiguillas por panoja no muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos. El mayor valor se observa en el tratamiento con mayor cantidad de nitrógeno y fósforo (27-69-00), no muy distante de los tratamientos que recibieron fertilización a base de N P K. El tratamiento sin fertilización al momento de la siembra presenta el menor valor, evidenciando una vez más la respuesta del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes a base de elementos mayores.

### **3.2.5. Número de granos por ramillas y longitud de la ramilla.**

Estudios realizados por Ruiz,R.K.& Obregon,P.R. (1993) observaron que existía una tendencia directamente proporcional al comparar el número de granos por ramillas con el número de ramillas por panoja lo que incidía marcadamente en el rendimiento.

El número de granos por ramillas y la longitud de la ramillas presentan un comportamiento similar. El mayor valor se obtuvo en el tratamiento con bajos niveles de nitrógeno y fósforo y alto en potasio (13-34-45). Una vez más el tratamiento sin fertilizante a base de N P K resultó con el menor valor (Tabla 8).

### **3.2.6. Peso de mil granos**

Después de la polinización el peso del grano aumenta enormemente, a veces a un ritmo más rápido que la acumulación de materia seca. La cantidad máxima de agua en la semilla se presenta entre los 14 y 15 días después de la antesis. Los granos alcanzan la humedad de correlación (12 a 15 por ciento) a los 45 a 60 días después de la antesis. (Miller, 1980).

El análisis de varianza para esta variable nos arrojó datos que reflejan que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo el mayor peso del grano lo obtuvo el testigo, seguido por el tratamiento 13-34-45. El menor peso lo obtuvo la formulación 18-46-30 (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de espiguillas por panoja, número de granos / espiguilla, longitud de la espiguilla y peso de mil granos. Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.

Tratamientos	Número de espiguillas / panoja	Número de granos / espiguilla	Longitud de la espiguilla (cm)	Peso de mil granos (g)
27-69-00	51.9 a	53.4 a	5.2 a	23.2 a
18-46-30	50.8 a	54.5 a	5.3 a	22.6 a
13-34-45	50.0 a	56.7 a	5.4 a	23.3 a
00-00-00	48.6 a	47.0 a	4.6 a	23.5 a
CV (%)	4.36	8.7	8.92	6.6
P=	0.24	0.07	0.14	0.735
Significancia	NS	NS	NS	NS

### 3.2.7. Número de plantas por hectárea.

Existen híbridos de sorgo para ser sembrados en altas densidades que redundan en los mejores rendimientos, debido a que en poco tiempo cierra surco sombreando la maleza y la controla. (Salazar, 1974.).

las variedades y los híbridos de sorgo difieren en su capacidad para tolerar altas densidades de siembra, distintos niveles de fertilización y de riego. Como estos materiales responden de distintas maneras a las específicas condiciones ambientales y a la

tecnología de producción, su rendimiento también será variable. (Miller & Bornes, 1980).

El número de plantas por hectárea no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (Tabla 9). La respuesta de dicha variable es la esperada si se considera que el establecimiento de plantas fue el mismo para cada uno de los tratamientos evaluados. Es importante recalcar que el tratamiento medio en nitrógeno y fósforo y bajo en potasio (18-46-30) presentó menor cantidad de plantas por hectárea.

### 2.3.8. Número de panojas por hectárea

El número de panojas por hectárea fue similar en los cuatro tratamientos evaluados, ligera superioridad se observó en el tratamiento con cantidades medias de nitrógeno y fósforo y bajo en potasio (18-46-30) (Tabla 9). Hay que expresar que este tratamiento presentó el menor número de plantas por hectárea, pero presentó mayor número de panoja por hectárea.

Tabla 9. Efecto de fertilizante N P K sobre el número de plantas / hectárea y número de panojas / hectárea. Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996.

Tratamientos	Número de Plantas /ha	Número de Panojas / ha
27-69-00	211 882 a	175 996 a
18-46-30	192 121 a	178 400 a
13-34-45	203 297 a	170 330 a
00-00-00	207 933 a	170 845 a
CV (%)	9.86	9.70
P=	0.87	0.95
Significancia	NS	NS

### 3.2.9. Rendimiento de grano

El rendimiento de grano es la conjugación de un gran número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción por hectárea (Paul, 1985). La absorción de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta de sorgo y para su rendimiento final.

Los resultados obtenidos en el presente experimento muestran que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los mayores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento bajo en fósforo y en nitrógeno y alto en potasio (13-34-45). El tratamiento sin fertilización al momento de la siembra presentó el menor rendimiento y difiere desde el punto de vista estadístico de los restantes tratamientos (Tabla 10).

Tabla 10. Efecto de fertilizante N P K sobre el rendimiento de grano (kg/ha). Datos evaluados al momento de la cosecha. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)
27-69-00	6527.7 a
18-46-30	6863.9 a
13-34-45	6909.4 a
00-00-00	5330.8 b
CV (%)	12.56
P=	0.4453
Significancia	NS

### **3.2.5. Comparaciones entre tratamientos**

Las comparaciones entre los tratamientos evaluados o grupos de tratamientos contra tratamientos individuales muestran un comportamiento similar al indicado por las comparaciones múltiples. Existen diferencias al comparar los tratamientos con aplicación de fertilizante y el tratamiento que no recibió fertilización al momento de la siembra (Tabla 11).

Las comparaciones individuales entre los tratamientos que recibieron aplicación de fertilizante fueron no significativas (Tabla 11). Es importante resaltar que la comparación entre el tratamiento alto en fósforo y nitrógeno y los tratamientos que recibieron fertilización a base de potasio es significativa. El valor de  $p=0.0421$ , se encuentra en el límite de aceptación de la hipótesis alternativa. Sin embargo el resultado de un experimento no es suficiente para poder girar recomendaciones concretas acerca del uso de fertilizantes N P K, ya que no existen otras variables que corroboren lo encontrado en el rendimiento.

Los resultados obtenidos muestran que existe respuesta del cultivo de sorgo a las aplicaciones de fertilizantes a base de N P K al momento de la siembra. Es evidente que los contenidos nutricionales del suelo no son suficientes para propiciar un normal crecimiento y rendimiento de la planta de sorgo.

En lo que respecta a las cantidades de nitrógeno y fósforo aplicadas al momento de la siembra, se logró observar que los tratamientos altos en nitrógeno y fósforo tuvieron un comportamiento muy similar a los tratamientos con cantidades medias y bajas de dichos elementos. Lo anterior supone que en suelos con reservas de nutrientes es posible fertilizar el cultivo de sorgo con formulaciones a base de N P K, inferiores a la formulación 27-69-00.

La adición de potasio no resultó en aumentos significativos de rendimiento. El valor de este elemento en el área experimental (1.14 meq / 100 g de suelo) es considerado alto. El pH del suelo (6.3) es ligeramente ácido, y el suelo es franco arenoso, condiciones en las

cuales el potasio es asimilable por las planta de sorgo.

Tabla 11. Resultado de las comparaciones entre tratamientos por medio de contrastes ortogonales (nivel de aceptación = 0.05 por ciento) . ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996

Contraste	GL	Contraste SC	Valor F	Pr > F
(27-69-00) contra (18-46-30 Y 13-34-45)	1	82.48	5.17	0.0421
(27-69-00, 18-46-30 Y 13-34-45) contra (00-00-00)	1	1479.08	92.73	0.0001
(18-46-30) contra (13-34-45)	1	1.21	0.08	0.7869

### 3.3. 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 inicia con la determinación del los beneficios netos de cada uno de los tratamientos, se continua con el análisis de dominancia y finaliza con el análisis marginal. El análisis se utiliza únicamente los costos que varían de un tratamiento a otro, los costos que no varían entre los tratamientos no afectan el cálculo de la tasa de retorno marginal (CIMMYT, 1988).

En la práctica las labores de cosecha, fertilizante y transporte de productos cosechados son costos que varían de un tratamiento a otro, ya que son proporcionales al rendimiento. En la medida que un tratamiento rinde más, mayor es el costo de recolección y transporte. Es recomendable por lo tanto estimar el costo de cada uno de los tratamientos e incluirlos en el análisis.

Los resultados se observan en la Tabla 12, donde se observa que el tratamiento que presentó el más alto beneficio neto fue con la aplicación baja en nitrógeno y fósforo y alta en potasio (13-34-45). En segundo lugar se ubicó con cantidades medias de fósforo y nitrógeno y bajo en potasio (18-46-30). El tratamiento con fertilización que presentó el menor beneficio neto fue el tratamiento alto en nitrógeno y fósforo y sin el elemento potasio (27-69-00) (Tabla 12).

**Tabla 12. análisis de beneficio costo de los tratamientos evaluados en el experimento. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996**

Tratamientos	27-69-00	18-46-30	13-34-45	00-00-00
Rendimientos (qq/mz)	100.9	106.1	106.8	82.4
Ajuste 10 por ciento	10.1	10.6	10.7	8.2
Rendimiento ajustado	90.8	95.5	96.1	74.2
Beneficio bruto (C\$)	817.2	859.5	864.9	667.8
<b>Costos variables</b>				
Costo de transporte (D\$)	98.1	103.1	103.8	80.1
Costo de cosecha (D\$)	148.0	155.6	156.7	120.9
Fertilizantes (D\$)	26.7	23.4	21.78	0.0
Total costos variables (D\$)	272.8	282.12	282.28	201.0
Beneficio neto (D\$)	544.4	577.38	582.62	466.8

Precio del quintal de sorgo = 9 dólares

### 3.3.1. 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 gráfica muestra que no existe ningún tratamiento dominado por que a medida que se incrementaron los costos se obtuvieron mayores beneficios netos.

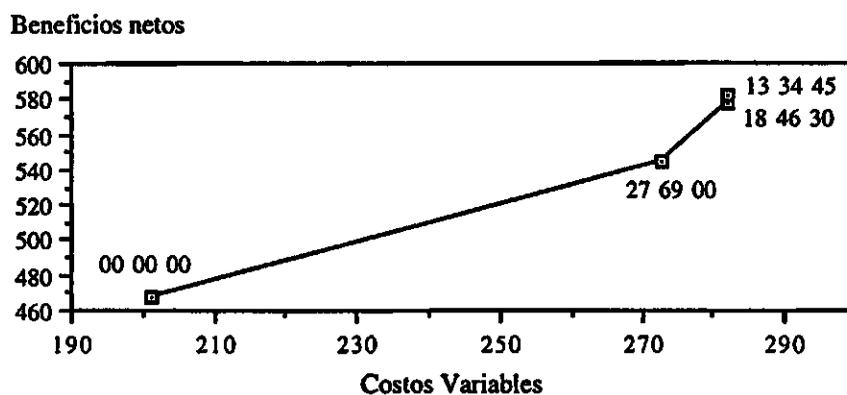


Figura 2. Curva de beneficios netos. Experimento de dosis y momento de aplicación de fertilizante a base de N P K en el cultivo de sorgo industrial. ALMAGRO, Masaya. Postrera, 1996.

### 3.3.2. Análisis marginal

En los datos evaluados en el experimento se observa que la tasa de retorno marginal de pasar del tratamiento 00-00-00 al tratamiento 27-69-00 es de 108.1. A partir de ese momento la inversión de 9.3 dólares significa aumento significativos por cada dólar invertido, ya que la TRM de cambiar de 27-69-00 a 18-46-30 es de 354.8.

La TRM de pasar del tratamiento 18-46-30 a 13-34-45 es de 2 600 por ciento. En otras palabras el invertir 0.2 dólares adicional reporta 25 dólares por cada dólar invertido, lo cual constituye el tratamiento que permite la mayor tasa de retorno marginal (Tabla 13).

Tabla 13. análisis marginal de los tratamientos estudiados en el experimento (D\$ / ha).

Tratamiento	Costos variables (D\$)	Beneficios netos (D\$)	Costos variables marginales (D\$)	Beneficios netos Marginales (D\$)	Tasa de retorno marginal (%)
00-00-00	201	466.8			
27-69-00	272.8	544.4	71.8	77.6	108.1
18-46-30	282.1	577.4	9.3	33	354.8
13-34-45	282.3	582.6	0.2	5.2	2600.0

El análisis marginal es un método o procedimiento por medio del cual se calcula la tasa de retorno marginal entre los tratamientos no dominados (comenzando con el tratamiento de menor costo y procediendo paso a paso al que le sigue en la escala ascendente).

El análisis marginal a los tratamientos no dominados se le estima la tasa de retorno marginal, la cual nos indica lo que se puede esperar para ganar en promedio, cuando se invierte, al decidir cambiar un tratamiento por otro.

Para obtener una tasa de retorno marginal (TRM), se ordenan los tratamientos no dominados de mayor a menor beneficio neto con su respectivos costos variables. El beneficio neto marginal se obtiene al restar el menor beneficio neto a su inmediato superior, ejemplo:  $544.4 - 466.8 = 77.6$ , lo mismo para el incremento en los costos variables marginal, ejemplo:  $272.8 - 201 = 71.8$ .

La tasa de retorno marginal (TRM) resulta de dividir el incremento marginal de los beneficios netos entre el incremento marginal de los costos variables multiplicando en cociente por cien, ejemplo:  $77.6 / 71.8 = 1.0807 * 100 = 108.1$ .

El producto pasa de un tratamiento (mayor beneficio y menor costo) a otro (menor beneficio y mayor costo), la cantidad de dinero que tiene que invertir y el beneficio que resulta de eso.

### 3.4. 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 las formulaciones aplicadas fueron asimiladas por la planta ya que si después de la aplicación de fertilizantes no se obtienen respuesta del cultivo, es necesario conocer si el nutriente fue absorbido pero fue inefectivo en promover el crecimiento de 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.

El mayor contenido de nitrógeno se obtuvo en el tratamiento medio en nitrógeno y fósforo y bajo en potasio (18-46-30), en segundo lugar se ubicó el tratamiento alto en nitrógeno y fósforo (27-69-00). Los menores valores se obtuvieron en el tratamiento bajo en nitrógeno y fósforo y alto en potasio (13-34-45) (Tabla 14).

La producción de materia seca fue superior en el tratamiento bajo en nitrógeno y fósforo y alto en potasio (13-34-45). El menor valor se obtuvo en el tratamiento alto en nitrógeno y fósforo (27-69-00) (Tabla 14).

Tabla 14. Influencia de fertilizante N P K y momentos de aplicación, sobre el contenido nutricional en tejido de la planta. ALMAGRO, Masaya, Postrera, 1996. (Laboratorio UNA)

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	GB (%)	FB (%)	CEN (%)	ELN (%)	CHO (%)
27-69-00	26.22	20.37	4.83	29.60	10.49	34.71	64.31
18-46-30	27.57	20.50	5.25	29.68	10.61	33.96	63.64
13-34-45	29.17	19.61	5.33	29.76	9.94	35.36	65.12
00-00-00	26.71	19.94	5.18	30.90	9.58	34.40	65.30

MS = Materia Seca

FB = Fibra Bruta

ELN= Extracto libre de Nitrógeno

CHO= Carbo Hidrado Total

PB = Proteína Bruta

CEN= Ceniza

GB = Grasa Bruta

#### IV. CONCLUSIONES

-Ninguna de las variables evaluadas durante el crecimiento del cultivo presentaron diferencias significativa ante las formulaciones de fertilizantes aplicadas. Existió diferencia significativa únicamente en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo.

-Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en el tratamiento bajo en fósforo y en nitrógeno y alto en potasio (13-34-45), sin embargo no difiere estadísticamente de los tratamientos con aplicación de fertilizante 27 - 69 - 00 y 18 - 46 - 30. El tratamiento sin fertilización presentó el menor rendimiento.

-Existe respuesta del cultivo de sorgo a las aplicaciones de fertilizantes a base de N P K al momento de la siembra.

-Los tratamientos altos en nitrógeno y fósforo tuvieron un comportamiento muy similar a los tratamientos con cantidades medias y bajas de dichos elementos.

-La adición de potasio no resultó en aumentos significativos de rendimiento.

-El tratamiento con fertilización que presentó el menor beneficio neto fue el tratamiento alto en nitrógeno y fósforo y sin el elemento potasio.

-El hecho de fertilizar con fertilizantes a base de N y P resultó en aumentos significativos en el beneficio económico. El cambio del fertilizante a base de N y P por fertilización baja en N y P y alta en potasio resultó en aumentos significativos en el beneficio económico.

-El mayor contenido de nitrógeno en el tejido de las plantas se obtuvo en el tratamiento medio en nitrógeno y fósforo y bajo en potasio. La producción de materia seca fue superior en el tratamiento bajo en nitrógeno y fósforo y alto en potasio.

## **V. RECOMENDACIONES**

**-Seguir evaluando las mismas formulaciones en diferentes tipo de suelo donde no haya intervención de materia orgánica.**

**-Realizar análisis de suelo previo a la aplicación de las formulaciones estudiadas para garantizar la eficacia de la misma.**

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, F. 1997. Manejo de malezas en el trópico. Primera edición. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 227 p.
- ALMAGRO. 1996. Diagnóstico de la producción de sorgo en la zona del pacífico. Documento de trabajo. Masaya, Nicaragua. 15 p.
- Arzola, P.Fundora, O.H. & Machado, J.A. 1981. Suelos Plantas y Abonados. Pueblo y Educación. La Habana Cuba. 461pp.
- Alvarez & Talavera, 1990. Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento de sorgo. Variedad Pinolero -1. 12pp.
- Buckman & Brady, 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Hispano América. México. 589pp.
- Compton L. P. 1985. La investigación en sistema de producción con sorgo en Honduras. Aspectos Agronómicos. INISOKM, CIMMYT, México, D. F. 35 p.
- CIMMIT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Programa de economía. México D.F., México. 79 p.
- Clara V. R. 1988. Problemática sobre la producción y uso de semilla mejorada de sorgo en meso América. Trabajo presentado en la IV región anual de la comisión Latino Americana de Investigadores del sorgo (clais) del 6 al 9 de Diciembre de 1988, San Salvador. 9 p.
- Cristiani A. J. 1987. Instructivo del cultivo del Sorgo. Guatemala. 26 p.
- FAO. (Food and agriculture organization of the United Nations). 1982. Production year Book. 1981. FAO, Rome. pp. 107-108.
- Fassbender, H. W. 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de America Latina. IICA. San Jose, Costa Rica.
- García G. C. 1985. Descripción varietal del Sorgo. 9 p.
- León. L. 1987. Fundamento botánico de los cultivos tropicales. Instituto interamericano de ciencias Agrícola de la OEA, San José, Costa Rica.
- López A. Galeato. 1982. Efecto de competencia de maleza en distintos estados de crecimiento del Sorgo. Publicación técnica número 25. Inta, Argentina.
- MAG. 1991. Guía técnica para la producción de sorgo. Mangua, Nicaragua. 32 p.
- Miller. FR, DK Barnes y 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.
- Paul C. L. 1985. La producción de sorgo y mijo. ICRISAT. CIMMYT. México.
- Peacock J. M. & G. L. Wilson. 1984. Sorghum. En. The Physiology of Tropical Field Crops. Edited by P. R. Goldsworth & N. M. Fisher. John Wiley & Sons Ltd. A Wiley interscience publication. pp. 249 - 279.

- Poehlman J M,1965. Mejoramiento genético de las cosechas,Limusa. México.453 pp.
- Pineda, L. L. 1987. El sorgo granífero.CNACOR /DGTA /MAG.Managua.46 pp.
- Pineda, L. L. 1988. Manejo de la densidad y la relación óptima de siembra en el cultivo de sorgo en II Congreso Nacional de Granos Básicos.Las Nubes, El Crucero Managua Nicaragua. 20 pp.
- Pineda, L.L. 1997.INTA. La producción de sorgo granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano.CNIA. Managua, Nicaragua. 60 pp.
- Peña,S.E.C.1989.Influencia de rotación y control de maleza sobre la cenosis de la maleza,el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo.Tesis. Managua, Nicaragua.48 pp.
- Ruiz, R. K. & Obregón, P. R. 1993. Influencia de rotación de cultivo y métodos de control en maleza sobre la cenosis de la maleza y el crecimiento,desarrollo y rendimiento de los cultivos de sorgo,maíz y pepino.Tesis.Managua.73 pp.
- Salazar, A. 1974. El cultivo de sorgo para grano.Nicaragua.Cultivo alimenticio.ENAG.Managua,Nicaragua.11 pp.

## ANEXOS.

**Anexo 1. Precio unitario de los costos variables del análisis económico.**

Actividades	Tratamiento	qq/mz	C.U	C.T
C.Transporte	27 - 69 - 00	90.8	1.0803	98.1
	18 - 46 - 30	95.5	1.0803	103.1
	13 - 34 - 45	96.1	1.0803	103.8
	00 - 00 - 00	74.2	1.0803	81.1
C.de Cosecha	27 - 69 - 00	90.8	1.629	148
	18 - 46 - 30	95.5	1.629	155.6
	13 - 34 - 45	96.1	1.626	156.7
	00 - 00 - 00	74.2	1.626	120.9
C. de fertilizante	27 - 69 - 00	1.5	17.800	26.7
	18 - 46 - 30	1.5	17.8 + 5.62	23.4
	13 - 34 - 45	1.5	13.35 + 8.45	21.7

Precio del quintal de 18 - 46 - 00 = 17.8 dólares

Precio de quintal de muriato de potasio = 11.25 dólares

## Anexo 2. Descripción del ingrediente activo en kg/ha

$$\text{T1} \quad \frac{17.46 * 100}{18} = 97 \text{ kg}$$

$$\frac{44.64 * 100}{46} = 97 \text{ kg}$$

$$\text{T2} \quad \frac{11.64 * 100}{18} = 64.66 \text{ kg}$$

$$\frac{29.75 * 100}{46} = 64.66 \text{ kg}$$

$$\frac{19.40 * 100}{60} = 32.34$$

$$\text{T3} \quad \frac{8.73 * 100}{18} = 48.5$$

$$\frac{22.32 * 100}{46} = 48.5$$

$$\frac{29.11 * 100}{60} = 48.5$$