

~~tes.~~

~~000620-I.A.~~

015720

~~1117E.~~

IA 00316

EFFECTOS DE DOS FUENTES DE NITROGENO Y SUS MEZCLAS SOBRE LA
PRODUCCION DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), EN SUE-
LOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA.

POR

ALFREDO ENRIQUE M'CAUSLAND RAMOS

TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OP-
TAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

PRESIDENTE DE TESIS:

LEONARDO DELGADO V. I.A., M. Sc.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

SANTA MARTA

1.988

"Los jurados examinadores del trabajo de tesis, no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por el aspirante al título".

DEDICO:

A mi padre, quien me ha brindado su permanente solidaridad para contrarrestar las diferentes dificultades presentadas en la vida, y por haberme inculcado, desde niño, el amor a la fertilidad y a la belleza intrínsecas del campo.

A mi esposa y a mis hijas, que con su comprensión y cariño han sido el mayor aliciente para concluir mis estudios profesionales.

A mis hermanos y demás familiares.

A mis amigos y a todas las personas que de alguna forma me han prestado su ayuda desinteresada, para superarme cada día más.

A quienes profesan la agricultura, aman la tierra donde trabajan y luchan a diario por hacerla producir.

Alfredo.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer la colaboración desinteresada que ha recibido, tanto de profesores, familiares y amigos, así como de algunas otras personas, en el desarrollo del presente ensayo experimental.

Merecen especial reconocimiento de gratitud:

El señor LEONARDO DELGADO VENEGAS, I.A., M. Sc., presidente de Tesis, por la ayuda y las sugerencias dadas durante el desarrollo, organización y revisión del trabajo.

Los señores MANUEL GRANADOS NUÑEZ, I.A., M. Sc. y ANTONIO RODRIGUEZ ACOSTA I.A., por las justas correcciones del proyecto y la revisión final.

A los profesores de la Universidad Tecnológica del Magdalena, de quienes pude aprender los conocimientos necesarios para realizar tan noble carrera profesional, como lo es la Ingeniería Agronómica.

El director de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, señor ADALBERTO GOMEZ JOLY, I.A. y a los trabajadores que prestaron la ayuda necesaria para la realización de las labores de campo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	26
3.1. Localización, Descripción y Características Generales del Area donde se Hizo el Trabajo.	26
3.2. Materiales.	27
3.3. Métodos.	28
3.4. Parámetros.	28
3.4.1. Altura de las plantas.	28
3.4.2. Peso de la panoja por planta.	28
3.4.3. Número de granos por cada diez (10) gramos de peso.	30

	Página
3.4.4. Rendimiento en kilogramos por hectárea.	30
3.4.5. Análisis estadístico.	30
3.5. Procedimiento.	31
3.5.1. Preparación del terreno	31
3.5.2. Siembra.	31
3.5.3. Fertilización.	31
3.5.4. Distribución de los tratamientos	32
3.6. Propiedades Físicas y Químicas del Suelo.	34
3.7. Desarrollo del Trabajo.	34
4. RESULTADOS Y DISCUSION	39
4.1. Altura de las Plantas.	39
4.2. Peso de la Panoja por Planta.	43

4.3. Número de Granos por cada Diez (10) Gramos de Peso.	43
4.4. Rendimiento en Kilogramos por Hectárea.	47
5. CONCLUSIONES	58
6. RESUMEN	<u>61</u>
SUMMARY	63
7. BIBLIOGRAFIA	65
APENDICES	71

INDICE DE TABLAS

Página

- TABLA 1. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN KILOGRAMOS POR HECTAREA DE NITROGENO Y DE PRODUCTO COMERCIAL, TANTO PARA LA PRIMERA APLICACION, A LOS 15 DIAS DESPUES DE LA GERMINACION, COMO PARA LA SEGUNDA, A LOS 30 DIAS, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.). 33
- TABLA 2. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN GRAMOS POR PARCELA DE NITROGENO Y DE PRODUCTO COMERCIAL, TANTO PARA LA PRIMERA APLICACION, A LOS 15 DIAS DESPUES DE LA GERMINACION, COMO PARA LA SEGUNDA, A LOS 30 DIAS, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.). 36
- TABLA 3. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 30 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 40
- TABLA 4. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CEN-

- TIMETROS A LOS 60 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 41
- TABLA 5. ALTURA PROMEDIO DE LAS PIAN-TAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 90 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 42
- TABLA 6. PESO TOTAL, EXPRESADO EN KILOGRAMOS, DE LAS PANOJAS COSECHADAS POR PARCELIAS DE 24.5 M², PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 44
- TABLA 7. NUMERO TOTAL DE PANOJAS COSECHADAS POR PARCELIAS DE 24.5 M², PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 45
- TABLA 8. PESO PROMEDIO DE LA PANOJA POR PIAN-TA EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES. 46
- TABLA 9. NUMERO DE GRANOS POR CADA 10 GRAMOS DE PESO

DEL GRANO COSECHADO EN EL CULTIVO DE SORGO
(Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DI-
FERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS RE-
PETICIONES.

48

TABLA 10. RENDIMIENTO DEL GRANO DE SORGO (Sorghum bi-
color (L.) Moench), EXPRESADO EN KILOGRAMOS
DE GRANO COSECHADO POR PARCELA DE 24.5 M²,
PARA CADA TRATAMIENTO Y SUS RESPECTIVAS RE-
PETICIONES.

49

TABLA 11. RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO (Sorghum bi-
color (L.) Moench.), EXPRESADO EN TONEIADAS
DE GRANO COSECHADO POR HECTAREA, PARA CADA
UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS
RESPECTIVAS REPETICIONES.

50

INDICE DE FIGURAS

Página

- FIGURA 1. MAPA DE CAMPO: DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS. 29
- FIGURA 2. RENDIMIENTO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), DADO EN TONELADAS POR HECTAREA, PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS. 52
- FIGURA 3. CURVA DE PRODUCCION EN DONDE SE OBSERVA EL TRATAMIENTO QUE CAUSA EL MAYOR RENDIMIENTO DE GRANO, DADO EN TONELADAS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), HIBRIDO PIONEER 8225. 53

INDICE DE APENDICES

Página

- APENDICE 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 30 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 72
- APENDICE 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 60 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 73
- APENDICE 3. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA, PARA LA ALTURA DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), A LOS 30 DIAS DE LA GERMINACION. 74
- APENDICE 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 90 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 75

- APENDICE 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO PROMEDIO DE LA PANOJA POR PIANTA EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 76
- APENDICE 6. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LA PANOJA POR PIANTA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench). 77
- APENDICE 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE GRANOS POR CADA 10 GRAMOS DE PESO DEL GRANO COSECHADO EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 78
- APENDICE 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO, DADO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. 79
- APENDICE 9. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA, PARA EL RENDIMIENTO DADO EN KI-

LOGRAMOS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE
SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.). 80

APENDICE 10. VALORES DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES,
NECESARIOS PARA REALIZAR EL ANALISIS DE
CORRELACION PARCIAL Y MULTIPLE DE REGRE-
SION. 81

APENDICE 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION. 82

1. INTRODUCCION

En la actualidad, la humanidad se enfrenta a un inminente flagelo: El hambre. Es por esto, que el aumentar la capacidad productiva de las plantas cultivadas se constituye en apremiante necesidad, así como también en una honrosa obligación para aquellas personas y entidades que intervienen, con su conocimiento, investigación y tecnología, en la obtención de altos rendimientos en la producción de alimentos.

El empobrecimiento de los suelos se hace día a día más evidente y para su recuperación es indispensable acudir a la aplicación de enmiendas con productos químicos y fertilizantes comerciales, los cuales son cada vez más costosos, al igual que su aplicación. Por lo tanto, se hace imprescindible investigar todo lo relacionado al buen uso de los fertilizantes, teniendo en cuenta la clase de suelo y el tipo de cultivo en una zona determinada, y en esta forma poder elegir el producto que sea ideal, es decir, aquel que reúna las características necesarias para permitir el beneficio máximo al cultivo, obteniendo el mayor rendimiento posible en las cosechas, sin perjudicar al suelo ni al ecosistema que tanto debemos defender.

El Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), es uno de los cultivos que sirve fácilmente para realizar investigaciones,

debido a que es una de las plantas que mejor responde a la aplicación de fertilizantes, que logra un gran desarrollo con un corto periodo vegetativo, que resiste largos periodos de sequía y porque se adapta a una amplia gama de climas y a diferentes clases de suelos.

Tradicionalmente, el Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) se ha utilizado como un cultivo de rotación, especialmente con el cultivo del Algodón (Gossypium hirsutum L.); pero poco a poco, y debido también a las depresiones sufridas por este último, paso a ser una de las explotaciones agrícolas más importantes si se tiene en cuenta que, entre los cinco principales cereales ocupa el tercer lugar, no sólo por el área sembrada, sino por el volúmen de toneladas producidas.

Con el presente experimento se busca investigar los efectos de dos fuentes de Nitrógeno (Urea al 46% de N y Sulfato de Amonio al 21% de N) y sus mezclas sobre la producción de Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) híbrido Pioneer 8225, en suelos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, durante el segundo semestre del año de 1.963.

2. REVISION DE LITERATURA

Según Martin, citado por Torregroza (27), parece que el Sorgo es originario de Africa Oriental (tal vez Etiopía o Sudán), en donde apareciera hace más de cinco a siete mil años. En el siglo X de nuestra era se le conocía en Batswana (Becuanalandia); En Zambia al rededor del siglo XIV y en el sur de Africa en el siglo XVI. Los esclavos traídos del continente negro, durante los siglos XVII y XVIII, introdujeron el Sorgo en varias partes del hemisferio occidental.

En Colombia le correspondió iniciar el fomento del cultivo del Sorgo para granos, a la fábrica de concentrados Purina, en el año de 1.957, la cual comenzó la campaña con la siembra de híbridos R-10 y R-12 en Valledupar y en Codazzi. Ha sido extraordinario el desarrollo de este cultivo, pues de las 2.000 hectáreas sembradas en 1.962, 14 años más tarde se plantaban más de 170.000. El exorbitante crecimiento de la industria avícola nuestra ha sido el factor más básico y determinante del gran auge que ha tenido el cultivo del Sorgo en nuestro país. Este grano constituye también una alternativa en la política de rotación que debe impulsarse en las zonas algodonerías del país, ya que las condiciones ecológicas son muy similares (27).

Salazar (26), comenta que el cultivo del Sorgo se carac-

teriza, además del uso de híbridos, porque está en manos de agricultores ricos quienes simbran grandes extensiones en donde se puede utilizar maquinaria para la preparación del terreno, aplicar fertilizantes, controlar eficientemente malezas e insectos, cosechar mecánicamente y porque la producción es de carácter empresarial, destinada a la industria de alimentos y concentrados para aves, cerdos y ganado vacuno de engorde y de leche.

Gómez (13), afirma que el cultivo del Sorgo en Colombia se inició hace algunos años, con la introducción de algunos híbridos extranjeros. En la actualidad se cuenta con un buen número de híbridos y variedades que se adaptan muy bien a las zonas agrícolas del país, lo cual ayuda a incentivar este cultivo comercial, usado principalmente como materia prima en la industria de concentrados alimenticios para el consumo humano y animal.

Canchano (3), en su estudio, concluye que en una finca de explotación mixta, se puede utilizar el material verde del Sorgo como alimento para el ganado, ya sea en forma de heno de ensilado o como pasto de pastoreo, después de cosechar el grano. Agrega además, que este sistema se puede usar en regiones como la Costa Atlántica de Colombia, en donde existen fincas de uso mixto.

De acuerdo a lo afirmado por Mendoza (22), ha sido bas-

tante discutido precisar un nombre específico para los Sorgos cultivados. Durante muchos años, la mayoría de ellos se clasificaron en una sólo especie: Sorghum vulgare, Pers. Sin embargo, este nombre no es la designación binomial correcta porque incluye algunos Sorgos silvestres. Por esta razón, en la actualidad el nombre legítimo para los Sorgos cultivados es el de Sorghum bicolor (L.) Moench.

El mismo autor (22), asegura que la secuencia taxonómica del Sorgo, Sorghum bicolor (L.) Moench, a partir del reino al cual pertenecen todas las plantas, es la siguiente:

Reino	:	<u>Vegetal</u>
Phylum o división:		<u>Spermatophyta</u>
Subphylum	:	<u>Angiospermae</u>
Clase	:	<u>Monocotiledoneae</u>
Orden	:	<u>Glumiflorae</u>
Familia	:	<u>Gramineae</u>
Subfamilia	:	<u>Panicoideae</u>
Tribu	:	<u>Andropogoneae</u>
Género	:	<u>Sorghum</u>
Especie	:	<u>Sorghum bicolor</u> (L.) Moench

De acuerdo a su uso los Sorgos se pueden clasificar en: Sorgos para granos, Sorgos para miel, Sorgos forrajeros, escoberos y para propósitos especiales (22).

Cárdenas (4), afirma que el cultivo del Sorgo se adapta bien en las zonas que se encuentran localizadas desde el nivel del mar hasta los mil ochocientos metros (m.s.n.m.). A mayores alturas, el periodo vegetativo aumenta, disminuyendo considerablemente su producción, debido al bajo porcentaje de polinización.

El cultivo del Sorgo puede producirse exitosamente en muchos tipos de suelos: Con riegos frecuentes, en suelos normalmente improductivos como por ejemplo los arenosos, los arcillosos pesados, se pueden producir rendimientos buenos. Este cultivo tolera condiciones considerables de alcalinidad y de salinidad del suelo (12).

Además el Sorgo es un cultivo muy elástico en cuanto a su adaptación al grado del pH del suelo. Se comporta bien a grados que oscilan desde 5,0 hasta valores de 7,5 y 8,0. Lo ideal del valor del pH es que varíe entre 6,0 y 7,0, como sucede para la mayoría de los cereales (12).

Gutierrez (16), dice que en investigaciones hechas recientemente en tres localidades del nordeste brasilero, al estudiar las distancias de siembra, se encontró que los mejores rendimientos se obtuvieron con las distancias de 0.50 metros entre surcos y una densidad de 15 plantas por metro linal, es decir, 300.000 plantas por hectárea.

Marín (21), anota que la fertilización de los cultivos es una práctica muy necesaria en Colombia, para obtener los rendimientos máximos en las cosechas. Esto se debe fundamentalmente a que los suelos del país son generalmente deficientes en uno o más de los nutrientes esenciales para el desarrollo normal de las plantas. El uso de los fertilizantes, sin embargo, requiere por parte de los agricultores y ganaderos, una buena orientación técnica.

El mismo autor dice que los requerimientos de fertilizantes varían de acuerdo a las condiciones del suelo y al tipo de planta. Por esta razón es preciso correlacionar el análisis de suelo con la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes, bajo una amplia gama de condiciones ambientales.

Agrega además, que se debe recordar que los ensayos realizados a nivel de campo generalmente incluyen datos obtenidos bajo condiciones muy heterogéneas, es decir, localidades diferentes, variedades distintas, suelos muy disímiles en fertilidad y en regiones con clima muy variable de un año a otro.

Quintero (23), cuando investigó el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento del sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), en suelos del departamento del Cesar (promedio de 3 ensayos), encontró que el rendimiento del grano no fue notorio, aunque sí se observó la influencia directa sobre el crecimiento de las plantas.

Quintero (23), refiriéndose al fenómeno anterior, dice que es probable que estos aumentos en altura, número y tamaño de las hojas ocasionen gastos energéticos que repercutan en las disminuciones de producción de grano.

Según la Federación Nacional de Algodoneros (11) y Guerrero (15), las ventajas del sulfato de amonio sobre la úrea son particularmente válidas en las siguientes circunstancias: Suelos con pH entre 5.5 y 7.5; suelos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC); en aplicaciones hechas a la superficie, y bajo condiciones de temperatura superiores a 20°C.

De acuerdo a la Federación Nacional de Algodoneros (11), las anteriores ventajas quizás sea una explicación parcial, a las tendencias claras de un mejor comportamiento del sulfato de amonio que el de la úrea en el cultivo del Algodón.

Guerrero (15), continúa diciendo que lo anterior sea tal vez otra explicación adicional del uso cada vez más frecuente del sulfato de amonio para satisfacer los requerimientos de la fertilización nitrogenada en cultivos de Algodón, Arroz, Sorgo, en los departamentos del Tolima, Huila, Valle y de la Costa Atlántica. Además sostiene que aunque la investigación a nivel nacional es muy escasa, en la literatura internacional abunda información sobre el mejor comportamiento agronómico del sulfato de amonio que el de la úrea, bien sea por causar menores pérdidas cuando se aplica superficialmente, o por el efecto del azufre (S) en suelos deficientes de este elemento.

Maya (19), después de investigar los efectos de la fertilización nitrogenada en sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), buscando su optimización económica, concluyó que los niveles de nitrógeno determinan diferencias altamente significativas en los rendimientos de grano.

Según Canchano (3), el aumento de la producción del sorgo, ha sido motivo de continuas investigaciones, buscando la máxima producción del material híbrido; de la misma manera se ha estudiado y se seguirá estudiando cuales son las labores culturales que más inciden en el aumento de la producción, y cuales son las relaciones entre uno y otro factor estudiados. Por ello se hace necesario integrar un modelo en la experimentación que estudie cuál es la manera más aconsejable y económica con la que se pueda hacer uso continuo de algunas labores de campo y trabajar al máximo el material híbrido llevado al campo.

Canchano (3), sostiene que el factor fertilizante es un parámetro de análisis complejo, ya que una falta de él redundará en una baja producción, de la misma manera que una sobredosis del mismo. El sorgo es un cultivo exigente en ciertos fertilizantes que regulan su producción pero, esto no indica que dosis altas de fertilizantes aumenten la producción, pues puede manifestarse en vicio de las plantas.

Gross (14), dice que el sorgo requiere la mayor cantidad de

nitrógeno a partir de los 15 días de germinado, de allí que se recomiende aplicar este elemento en dosis repartidas, hasta la emisión de la panoja.

Canchano (3), en su estudio, concluye que en una finca de explotación mixta, se puede utilizar el material verde del sorgo como alimento para el ganado, ya sea en forma de heno de ensilado o como pasto de pastoreo, después de cosechar el grano. Agrega además, que este sistema se puede usar en regiones como la Costa Atlántica de Colombia, en donde existen fincas de uso mixto.

Cuello y otros (7), en su trabajo observaron que el cultivo de sorgo de ICA-NATAIMA no respondió a los tratamientos de fertilizantes (10-30-10 y úrea del 46%), lo que se atribuyó a un posible lavado del fertilizante, debido al exeso de lluvia registrada en la zona donde se efectuó el experimento.

Según la A.I.D., citada por Cuello y Quiroz (8), bajo riego, o cuando las lluvias son razonablemente abundantes, se han obtenido respuestas significativas con aplicaciones hasta de 100 kg/ha de nitrógeno. En condiciones de altas precipitaciones la posibilidad de pérdida del nitrógeno, a través del suelo, se incrementa y puede ser más ventajoso aplicar la mitad del fertilizante en los primeros días después de la siembra y el resto, justo antes de la floración.

Gutierrez (16), explica que los resultados de las investigaciones hechas en el cultivo del Sorgo, indican que este cultivo tiene gran capacidad de adaptación a diversas distancias y densidades de siembra, debido principalmente a la habilidad de compensación entre sus principales componentes del rendimiento, número de plantas por área, número de granos por panoja y peso del grano.

Según Quintero (23), el Sorgo posee una amplia capacidad de adaptación a varios tipos de suelos, su extenso sistema radical le permite satisfacer, con relativa facilidad, sus necesidades de agua y nutrimentos. Sin embargo, los suelos profundos, francos y fértiles permiten la consecución de mejores cosechas.

En Colombia, la fertilidad de los suelos destinados a el cultivo del Sorgo, tomando como resultado el de una muestra representativa dada por los resultados de los análisis de suelos solicitados para este cultivo hasta 1.974, se pudo estimar como mediana, con altas probabilidades de respuesta al Nitrógeno aplicado, ya que el 74% presenta el pH entre 5.6 y 7.3, el 83% tiene menos del 5% de materia orgánica, el 56% es alto en fósforo y el 65% es alto en potasio. Un suelo se considera alto en Fósforo aprovechable cuando presenta más de 15 partes por millón de este elemento, determinado por el método de Bray II, y alto en Potasio intercambiable si presenta más de 0.15 miliequivalentes de este elemento por cada 100 gramos de

suelo seco, extraído con una solución normal y neutra de acetato de amonio (23).

De acuerdo a lo dicho por Arca (1), en el mercado existen varias fuentes nitrogenadas las cuales se presentan en formas de fertilizantes simples o compuestos, variando en su grado de solubilidad al agua, así como en la forma de interaccionar con el suelo, sobre el cual pueden intervenir tanto en su forma física como en su forma química. Existen además de fertilizantes químicos una amplia gama de materiales orgánicos empleados en la agricultura como fuentes de nutrientes.

Una de las prácticas agrícolas mediante la cual se pueden reducir los grados de interferencia de los factores del suelo en el suministro de Nitrógeno a la planta por un fertilizante nitrogenado, es la correcta selección de la fuente fertilizante, que sea de una solubilidad apropiada y con un adecuado tamaño de las partículas. (1).

Quintero (23), explica que es importante tener en cuenta que el cultivo del Sorgo extrae cantidades relativamente altas de Nitrógeno y su mayor absorción ocurre después de dos meses de sembrado, especialmente en las épocas de floración y formación del grano en las cuales se consume un poco más de la mitad de sus requerimientos totales de Nitrógeno, también es importante tener en cuenta que las condiciones ecológicas del sur del Cesar y en general de las zonas sorgueras del país no

permiten acumulaciones de materia orgánica en el suelo, sino que esta tiende a disminuir dadas las altas temperaturas que favorecen su mineralización o rápida descomposición.

Marín (21), afirma que en el caso particular de los fertilizantes nitrogenados hay que admitir que plantean al agricultor problemas más difíciles, ya que el Nitrógeno (N) mineral es muy móvil en el suelo y por lo tanto, no se puede almacenar por un periodo largo sin arriesgarse a verlo desaparecer por lixiviación, sobre todo, si se utilizan las fuentes nítricas.

La economía del Nitrógeno en el suelo está regida por múltiples acciones microbianas, sometidas a las condiciones del suelo y a los azares del clima que frecuentemente actúan en sentidos opuestos. Sin embargo, si el suelo suministra demasiado Nitrógeno o lo libera demasiado tarde podrán presentarse accidentes terribles, como el volcamiento de los cereales y el retraso de la maduración, que se atribuirán injustamente a 20 ó 30 unidades de N aportadas en exeso, en forma de abonos (21).

El clima y el tipo de suelo tienen influencia en la época de aplicación. La cantidad y la distribución de las lluvias son muy importantes, desde el punto de vista de pérdidas por lixiviación. La temperatura también es importante ya que cuanto más elevada sea ésta, más rápida es la nitrificación de

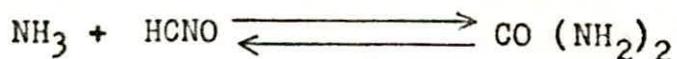
los fertilizantes amoniacales y orgánicos y por lo tanto, las pérdidas por lixiviación pueden aumentar. En términos generales, el problema principal consiste en lograr un sincronismo entre la liberación del Nitrógeno del suelo y las necesidades de la planta, sin el cual el objetivo no se alcanza más que parcialmente. Lo que más interesa es aportar una dosis de Nitrógeno suficiente en la época que más convenga y situar a el fertilizante en condiciones que aseguren su máxima eficacia (21).

Guerrero (15), dice que hoy en día no se discute el papel que juega la fertilización en la producción de alimentos y materias primas, particularmente para el caso de sistemas agrícolas eficientes y con altos niveles de productividad. Sin embargo, en la actualidad el uso de fertilizantes químicos en Colombia es no solamente incipiente y costoso sino también ineficiente. Siendo optimistas, la fertilización nitrogenada en nuestro medio difícilmente alcanza una eficiencia del 50%, lo cual significa que de las 150.000 toneladas anuales de Nitrógeno que se aplica en Colombia, se pierden 75.000.

De allí que se considere importante conocer muy bien las propiedades de los materiales fertilizantes básicos, como lógico punto de partida en la búsqueda de un uso eficaz (15).

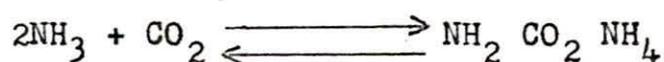
LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS: (15).

A) Urea: La úrea fue obtenida sintéticamente por primera vez en 1.828 a partir del amoniaco y del ácido cianúrico:



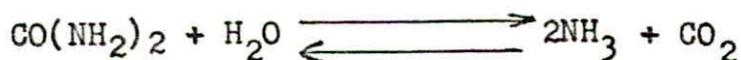
Esta preparación constituyó un hito en la ciencia, por cuanto la úrea fue el primer compuesto obtenido por síntesis a partir de materiales inorgánicos. La producción industrial de úrea se inició en 1.922 en Alemania; en 1.932 en Estados Unidos y en 1935 en Inglaterra (15).

La totalidad de la producción comercial actual de úrea se hace a partir del dióxido de carbono y amoniaco, según las reacciones: (15).



La úrea es menos higroscópica que el nitrato de amonio pero más higroscópica que el sulfato de amonio y requiere protección de la humedad atmosférica de algunos climas. Durante la síntesis de la úrea se forma biuret ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$). Usualmente el producto contiene al rededor del 1% de biuret, pero el rango oscila entre 0.8% y 2% (15).

El uso agronómico de la úrea fue inicialmente cuestionado. En Europa ha sido considerado como un fertilizante de lenta liberación, por cuanto debe sufrir dos transformaciones en el suelo antes de estar disponible para la mayoría de los cultivos. La primera de ellas es la hidrólisis: (15).



Una segunda transformación es la nitrificación por la cual el amoníaco es oxidado a nitrito y luego a nitrato mediante la acción de bacterias aeróbicas. Estas reacciones bioquímicas son muy rápidas en suelos tibios y húmedos pero, son débiles y lentas en suelos fríos, característicos de los climas templados del Norte de Europa, durante la primavera (15).

Bajo determinadas circunstancias la úrea puede ser fitotóxica y causar daños severos a los cultivos, especialmente cuando el fertilizante se aplica en contacto con las semillas. Este efecto fitotóxico puede ser causado por altas concentraciones locales de amoníaco durante la etapa de la hidrólisis o por acumulación excesiva de nitritos durante la nitrificación (15).

En la fertilización edáfica, las úreas con un contenido de biuret menor del 2% no causan efectos adversos a los cultivos, siempre y cuando no se apliquen en contacto con las semillas. Aunque sobre el efecto fitotóxico del biuret de la úrea no existe información para las condiciones de Colombia, en la literatura tropical se han registrado resultados sobre el efecto agronómico adverso de este contaminante cuando se aplica la úrea por vía foliar. Si bien en Colombia por disposición del ICONTEC no se pueden comercializar úreas con contenido de biuret superior al 1%, es probable que esta norma se modifique por cuanto en el mercado internacional las úreas con bajo nivel de biuret son más costosas y su producción tiende a desaparecer y, en consecuencia, la agricultura colom-

biana tendrá que utilizar úreas con niveles de biuret superiores al 1,0 ó 1,5% (15).

Sahrawat, citado por Guerrero (15), en una interesante investigación demostró que el contenido de biuret afecta las transformaciones de la úrea en el suelo; El incremento en el contenido del biuret resultó de una inhibición de la conversión de NH_4^+ a NO_2^- y la siguiente oxidación de NO_2^- a NO_3^- , lo cual determinó una acumulación de NH_4 y NO_2 que, en el caso de los nitritos, se consideró tóxica.

Otro de los limitantes serios de la úrea como fertilizante lo constituyen las pérdidas considerables de nitrógeno que ocurren debido a la volatilización del NH_4 cuando se hacen aplicaciones del fertilizante a la superficie y que, en últimas, pueden determinar una baja eficiencia en la fertilización nitrogenada (15).

Acquaye y Cunningham citados por Guerrero (15), demostraron que la magnitud de la volatilización dependió, además de la temperatura, de los siguientes factores:

- 1.- Con el pH, en relación directa.
- 2.- Con la capacidad de intercambio catiónico, en relación inversa.
- 3.- Con la profundidad de aplicación del fertilizante, en relación inversa.

Según Guerrero (15), la situación agravante para la úrea radica en el hecho de que debido al alto pH generado por su hidrólisis en el suelo, las pérdidas por volatilización pueden ser acentuadas aún en suelos ácidos.

Los problemas que se han encontrado al uso agronómico de la úrea son los siguientes: (15).

- 1.- La rápida hidrólisis de la úrea a carbonato de amonio mediante la actividad de la enzima ureasa genera un incremento en el pH y la liberación de amoníaco. Esto puede resultar en daños severos durante la germinación y a las plántulas, a la vez que en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización .
- 2.- Pérdida de nitrógeno por lixiviación de nitratos.
- 3.- Reducción de nitratos a óxido nitroso y a nitrógeno elemental y la consiguiente pérdida de nitrógeno hacia la atmósfera bajo condiciones de inundación. De hecho se ha demostrado que en muchos casos las pérdidas de nitrógeno, causadas por este mecanismo pueden ser más importantes que las debidas a la volatilización en suelos arroceros.

B) Sulfato de Amonio: El Sulfato de Amonio es uno de los fertilizantes nitrogenados más importantes, pero en la actualidad participa con sólo una pequeña proporción del tonelaje total de nitrógeno producido en el mundo como fertilizante, debido al fuerte incremento de uso que ha tenido la úrea, el nitrato de amonio y el amoníaco anhidro. El actual tonelaje

de producción de sulfato de amonio no ha disminuido, pero ha permanecido constante en los últimos años, en alrededor de 6 millones de toneladas, en términos de nitrógeno (15).

Las principales ventajas del sulfato de amonio son: baja higroscopicidad, buenas propiedades físicas, estabilidad química y efectividad agronómica; también es fuente de Azufre. Su reacción en el suelo es ácida, lo cual es una ventaja para utilizarlo en suelos alcalinos y para algunos cultivos, pero en otros casos puede ser una desventaja (15).

De acuerdo a la literatura obtenida por Guerrero (15), el sulfato de amonio se obtiene como subproducto de la industria del acero y de algunos procesos metalúrgicos y químicos, y también como subproducto en la producción de caprolactama. Tal es el caso del producido en el país por Monómeros Colombo-Venezolanos, el cual, además de ser utilizado como materia prima en la producción de fertilizantes compuestos, se comercializa como fertilizante simple en una cantidad aproximada de 10.000 toneladas al año, cifra que en 1.982 llegara a las 40.000 toneladas anuales.

El sulfato de amonio tiene como desventaja principal su baja concentración de nitrógeno (21%), lo cual obviamente encarece los costos de empaque, transporte, almacenamiento y la aplicación. Sin embargo, es un fertilizante que, además de tener excelentes propiedades físicas, ofrece algunas importan-

tes ventajas agronómicas que se discuten a continuación: (15).

- 1.- Mayor eficiencia fertilizante. El sulfato de amonio es una fuente que, con valores de pH inferiores a 8, sufre menos pérdidas de nitrógeno por volatilización que la úrea, debido a su reacción ácida en el suelo.
- 2.- Suministro de Azufre. El sulfato de amonio, además de nitrógeno contiene azufre que, como se sabe, es uno de los elementos esenciales en la nutrición vegetal. Esta propiedad es particularmente importante para el caso de aquellos suelos deficientes en este elemento.
- 3.- Determinante de calidad en el producto. Esta es otra de las ventajas que generalmente se señala como resultante de el uso de sulfato de amonio en algunos cultivos y que se asocia con el suministro de azufre. Quizá esto sea una explicación adicional, del uso cada vez más frecuente del sulfato de amonio para satisfacer en parte los requerimientos de fertilización nitrogenada en cultivos de arroz, algodón y sorgo, en el Tolima, Huila, Valle y Costa Atlántica.
- 4.- Mejor utilización del Fósforo. Aunque es un efecto casi desconocido en nuestro medio, ha sido estudiado con detenimiento por investigadores en Estados Unidos y Europa, y tiene que ver con algún tipo de acción química y/o bioquímica del sulfato de amonio en el suelo, que resulta en un mayor aprovechamiento por la planta del fósforo nativo del suelo.
- 5.- Acción correctiva de suelos sódicos. Es muy conocida, la

acción correctiva de los sulfatos en suelos con exceso de sodio y, por lo tanto, con valores de pH superiores a 8.5. Desde luego, que lo anterior tiene plena vigencia para el caso del sulfato de amonio en este tipo de suelos que, por lo demás, día a día ocurren con mayor frecuencia en importantes zonas agrícolas de Colombia, tales como el Valle del Cauca, Valle del Alto Magdalena, Costa Atlántica y, últimamente, también la Sabana de Bogotá.

Fassbender (10), dice que los suelos salinos se caracterizan por tener una participación de sodio en el complejo de cambio, menor del 15% y una conductibilidad en el extracto saturado mayor que 4 mmhos/cm. Un RAS menor de 13; el pH menor de 8.5 y más de 0.1% de sales solubles. Estas condiciones deprimen el desarrollo normal de la mayor parte de las especies vegetales.

De acuerdo al I.G.A.C. (17), los suelos sódicos son aquellos que tienen un porcentaje de sales menor de 0.1, conductibilidad eléctrica en el extracto de saturación (a 25°C) menor de 4 mmhos/cm; el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mayor del 15% y el RAS mayor de 13; pH mayor de 8.5, pudiendo llegar a 10, especialmente cuando se presenta carbonato de sodio.

Marín (20), asegura que uno de los problemas más comunes de la fertilidad de los suelos colombianos está estrechamente

ligado con la relación Ca/Mg en el complejo coloidal del suelo. Normalmente se espera que el suelo tenga más calcio que magnesio intercambiables, o sea que la relación Ca/ Mg sea superior a la unidad.

El calcio y el magnesio son las bases dominantes en los suelos de las regiones áridas. Sin embargo, a medida que las sales solubles de las aguas para riego se retienen en el suelo por falta de lavado, se aumenta la concentración de estas iones y se presentan ciertos cambios en las propiedades de los suelos. (20).

Lotero (18), sostiene que el nitrógeno (N) es absorbido por las plantas principalmente en forma de NO_3^- . Todo fertilizante nitrogenado, que no esté en forma de nitrato, es transformado a esta forma en el suelo, la cual es fácilmente soluble en agua. En esta transformación se requieren condiciones favorables de temperatura, humedad, aireación y ciertos nutrientes como fósforo y calcio. Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación se pueden reducir un poco en suelos de elevada capacidad de intercambio de cationes mediante el empleo de fertilizantes a base de amonio (NH_4^+). El ión NH_4^+ se absorbe con el complejo de intercambio de la misma manera que cualquier otro catión, hasta que los microorganismos del suelo lo oxidan a la forma de NO_3^- .

Cuando se aplica riego, parece más aconsejable aplicar el

fertilizante nitrogenado inmediatamente después de la aplicación del riego, para evitar las pérdidas por lixiviación. (18).

Maya (19), después de investigar los efectos de la fertilización nitrogenada en sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), buscando su optimización económica, afirma que teniendo en cuenta los factores ecológicos que afectan el desarrollo de este cultivo, la dosis de nitrógeno que se piense aplicar, se puede distribuir en dos, para diferentes épocas de aplicación.

Rhoades y Lowrey, citados por Maya (19), reportan que el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y la úrea tienen comportamiento igualmente eficaz como portadores de nitrógeno.

Eichler (9), dice que la mayoría de los suelos, y muy especialmente los suelos ricos en coloides, se llegan a poner en malas condiciones por el empleo excesivo y constante de fertilizantes que contienen sodio, ya que a causa de la propiedad que tienen, de enmasillarse, dispersan los coloides del suelo, lo cual ocasiona que el terreno se vuelva impermeable a las aguas lluvias o de riego. Un efecto contrario tiene el residuo del sulfato de amonio debido a que este disuelve las bases del suelo (Ca, Mg, K y Na), originando en los suelos húmedos, en el caso de que no se fertilice a tiempo con cal, un empobrecimiento progresivo de las bases. El efecto de los residuos del sulfato de amonio deben considerarse como positivos en zonas áridas o secas, en donde generalmente se reducen las

propiedades básicas del suelo.

Cooke (6), asegura que el sulfato de amonio y los fertilizantes compuestos o mezclas que lo contienen son responsables, principalmente, de la acidificación del suelo, además de la pérdida natural e inevitable del calcio.

Según Canchano (3), la fertilización se puede definir como la práctica agronómica profesional que mayor trascendencia tiene en la explotación agrícola.

De acuerdo a lo escrito por Ruiz (25), uno de los factores más importantes que pueden contribuir al aumento de la productividad, son los fertilizantes, a pesar de que estos sólo no nos resuelven los problemas de la producción agrícola. Hay otros factores o prácticas que pueden afectar el rendimiento de los cultivos, entre estos hay que considerar unos muy importantes como son: Variedad de la semilla, adecuada preparación del suelo y humedad suficiente.

La Federación Nacional de Algodoneros (11), basándose en resultados de investigaciones sobre fertilización, en el cultivo del Algodón (Gossypium hirsutum L.), afirman que en la mayoría de los suelos algodoneros del país, el sulfato de amonio ha mostrado un mejor efecto que las otras fuentes nitrogenadas porque su tendencia es clara en cuanto a incrementar los rendimientos. Posiblemente el aporte que hace el azufre

(22-23%) y algún efecto solubilizante de nutrientes en la rizosfera de suelos neutros a alcalinos, expliquen en parte este comportamiento. Su mayor eficiencia permite disminuir la dosis de nitrógeno en aquellos suelos que responden mejor a su aplicación, de la cual se deduce que la economía de nitrógeno, con respecto a la úrea, varía aproximadamente un 10%, para las dosis bajas, hasta un 25% para las altas.

Torregroza (28), dice que en la Costa Atlántica, el Algodón es un cultivo para sembrar en el segundo semestre agrícola, permaneciendo la tierra ociosa en el primero. Al tenerse agua oportunamente, se podrían utilizar para la agricultura la mayoría de las 200.000 a 300.000 hectáreas disponibles. Otra alternativa sería la de sembrar genotipos precoces de sorgo granífero, entre otras especies adaptadas a la ecología de dicha región agrícola. De ahí la necesidad de investigar para producir tipos mejorados de sorgo, los cuales sean económicos sembrarlos, asegurando su cosecha en unos 85 a 90 días de período vegetativo.

Resumiendo lo anterior, en ciertas zonas agrícolas, el sorgo constituye una alternativa para rotar con el algodón, el arroz, la soya y el ajonjolí y podría servir como un sustituto del algodón y el maíz.(28).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización, Descripción y Características Generales del Área en donde se Realizó el Trabajo.

La presente investigación se realizó durante el segundo semestre de 1.963, en terrenos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, situada en el municipio de Santa Marta, departamento del Magdalena, en Colombia, Sur América. Esta región se encuentra localizada entre los paralelos $74^{\circ} 07'$ y $74^{\circ} 12'$ de longitud oeste; y entre los $11^{\circ} 13'$ y $11^{\circ} 15'$ de latitud norte.

Los terrenos de la Granja presentan una topografía plana, con una extensión aproximada de 35 hectáreas; los suelos pertenecen a la serie Mamatoco, con un pH alto y un porcentaje bajo de materia orgánica, de textura arcillo-arenosa y de color gris parduzco.

La zona se encuentra en una altura media de 15 m.s.n.m. y es influenciada por los vientos alisios del hemisferio norte, que soplan durante todo el año en dirección NE.-SO. La temperatura varía entre 28°C y 36°C , con una humedad relativa entre el 74% y 76% y con una precipitación promedio de 880.9 mm.

Según la clasificación climatológica de HOIDRIGE, citada por Bermúdez (2), el clima correspondiente a esta zona es el de "Monte espinoso de la región subtropical".

3.2. Materiales.

Para realizar el presente experimento se utilizó

Terreno: Un lote en la zona descrita, con una superficie igual a 1.076 metros cuadrados.

Equipo de labranza: Tractor e implementos.

Semilla: Un kilogramo de grano de semilla certificada de Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), híbrido Pioneer 8225.

Herramientas: Palas, azadones, machetes, tijeras, etc.

Fertilizantes: 5.3260 kilogramos de úrea al 46% de nitrógeno y 11.6666 kilogramos de sulfato de amonio al 21% de nitrógeno.

Motobomba y mangueras: Sistema de riego, utilizando agua del pozo localizado en el vivero de la Granja.

Elementos y equipo de laboratorio.

Material de consulta: Libros, revistas, folletos, etc.

Elementos de oficina.

3.3. Métodos.

En el presente trabajo se sigue el método estadístico, utilizando un diseño de Bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones (Figura 1.).

3.4. Parámetros.

Se eligieron los siguientes:

3.4.1. Altura de las plantas.

Se eligieron diez (10) plantas al azar por cada tratamiento, a los 30, 60 y 90 días de la germinación, en cada una de las repeticiones y, utilizando una cinta métrica, se determinaron las alturas respectivas, comprendidas desde la base del tallo, al nivel del suelo, hasta el cuello de la hoja bandera. Finalmente se compararon las alturas obtenidas en los tratamientos respectivos, de acuerdo con el periodo correspondiente.

3.4.2. Peso de la panoja por planta.

Se determinó el peso total de las panojas recolectadas en cada uno de los tratamientos y se dividió

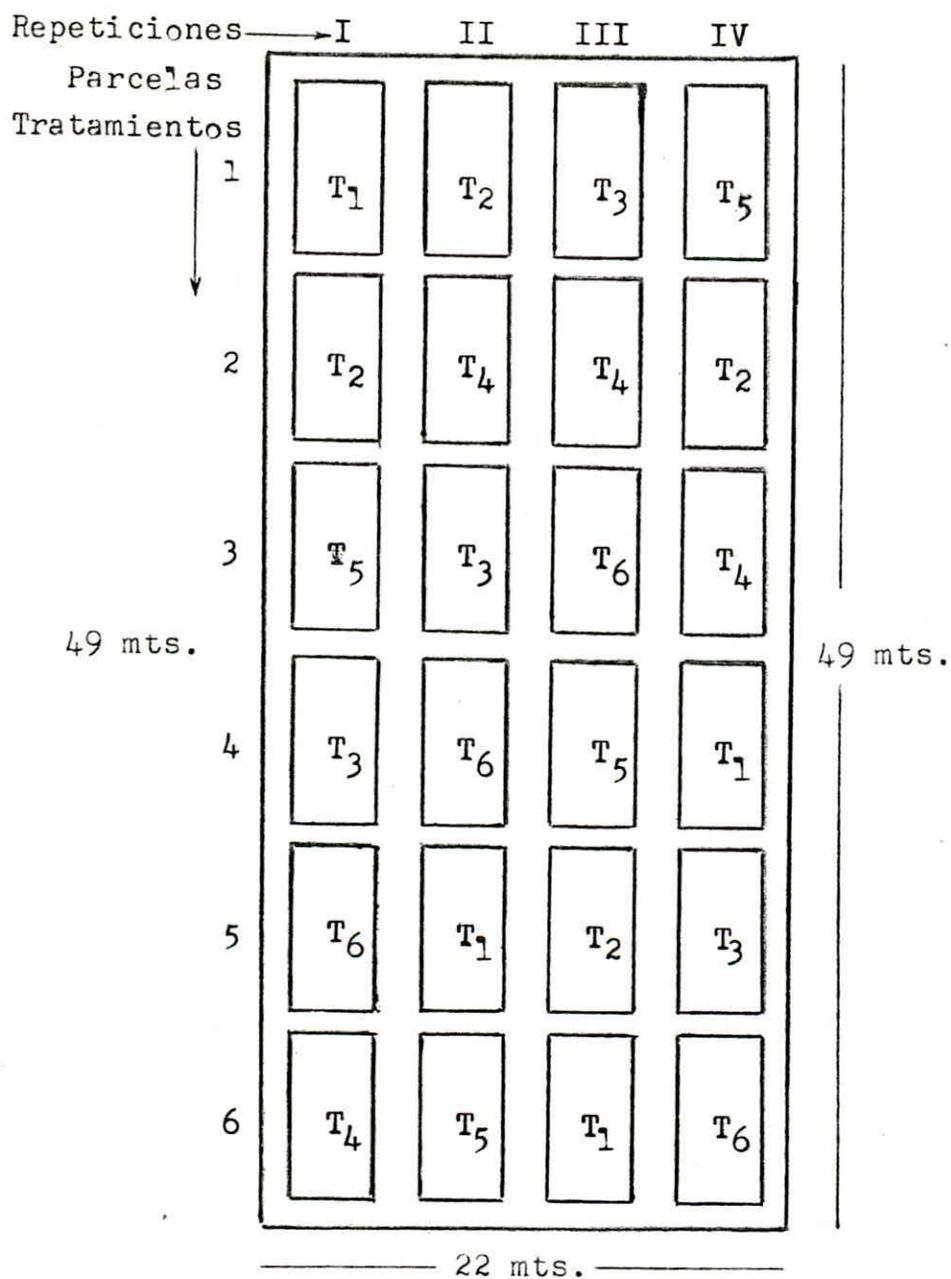


FIGURA 1. MAPA DE CAMPO: DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS.

entre el respectivo número de panojas cosechadas. Seguidamente se compararon los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos.

3.4.3. Número de granos por cada diez (10) gramos de peso. Se pesaron diez gramos del grano cosechado y se contabilizó el número de granos correspondientes a este peso. Este procedimiento se hizo para cada uno de los tratamientos citados. Posteriormente se efectuaron las comparaciones respectivas.

3.4.4. Rendimiento en kilogramos por hectárea.

Se pesó el grano cosechado en cada uno de los tratamientos. Luego se llevó este resultado, matemáticamente a kilogramos por hectárea (kg/Ha). Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos se compararon estadísticamente.

3.4.5. Análisis estadístico.

Se hicieron los respectivos análisis de varianza, separación de medias, prueba de rango múltiple de Duncan y las correspondientes correlaciones múltiples con los parámetros 1 y 2 y la producción.

Con los valores encontrados en cuanto a rendimiento y los parámetros de altura de las plantas y peso de la panoja por planta (Variables independientes) se hizo

un análisis de correlación parcial y múltiple y de regresión, describiéndose luego la relación mediante el cálculo de una ecuación de regresión.



3.5. Procedimiento.

3.5.1. Preparación del terreno.

Se demarcó el terreno y se tomaron las muestras de suelo, para su análisis en laboratorio. El lote se aró, se rastrilló, se desmenuzó, se limpió de residuos de cosecha y se niveló. Se dividió en un número de 24 parcelas de igual tamaño, con dimensiones de 7 metros de largo por 3.50 metros de ancho cada una. El área de cada parcela quedó con 24.50 metros cuadrados, para una área total cultivada de 588 metros cuadrados.

3.5.2. Siembra.

Se sembró una cantidad de semilla equivalente a 16 kilogramos por hectárea. Se utilizó el método de siembra en hileras, con una distancia de 50 centímetros entre surcos y una densidad de 15 plantas por metro lineal, es decir, **735** plantas por parcela, que equivalen a 300.000 plantas por hectárea.

3.5.3. Fertilización.

La dosis total de nitrógeno (N) aplicado fue de cien

kilogramos por hectárea, para cada uno de los tratamientos, distribuidos en dos aplicaciones, las cuales se hicieron a los 15 y 30 días respectivamente, en cantidades iguales, después de germinada la semilla.

3.5.4. Distribución de los tratamientos.

En términos de productos (Urea y sulfato de amonio), los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera (Ver Tabla 1.).

Tratamiento 1 (T_1): Se utilizó el 100% de la dosis de nitrógeno (N) en forma de úrea, repartida en dos aplicaciones, en iguales cantidades.

Tratamiento 2 (T_2): Se utilizó el 100% de nitrógeno en forma de sulfato de amonio, repartida en dos aplicaciones, en iguales cantidades.

Tratamiento 3 (T_3): Se utilizó el 50% de la dosis total de nitrógeno (N) en forma de sulfato de amonio, en la primera aplicación, y el 50% de la dosis restante, en forma de úrea, en la segunda aplicación.

Tratamiento 4 (T_4): Se utilizó el 50% de la dosis total de nitrógeno (N), en forma de úrea, en la primera aplicación, y el 50% de la dosis restante, en forma de sulfato de amonio, en la segunda aplicación.

TABLA 1. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN KILOGRAMOS POR HECTAREA DE NITROGENO Y DE PRODUCTO COMERCIAL, TANTO PARA LA PRIMERA APLICACION, A LOS 15 DIAS DES PUES DE LA GERMINACION, COMO PARA LA SEGUNDA, A LOS 30 DIAS, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.).

Tratamiento	N./ Ha.	Fert./ Ha.	Distribucion de los Fertilizantes			
			1a. aplicacion/Ha.		2a. aplicacion/Ha.	
			Kg. Urea	Kg. S. A*	Kg. Urea	Kg. S. A*
1	100 Kg.	217.38 Kg.	108.69		108.69	
2	100 Kg.	476.18 Kg.		238.09		238.09
3	100 Kg.	346.78 Kg.		238.09	108.69	
4	100 Kg.	346.78 Kg.	108.69			238.09
5	100 Kg.	346.78	54.34	119.00	54.34	119.00
6	Testigo absoluto		0	0	0	0

* S. A. : Sulfato de Amonio

Tratamiento 5 (T₅): Se utilizó el 100% de la dosis total de nitrógeno (N), en forma de una mezcla preparada con el 50% de la dosis total de nitrógeno en forma de úrea más el 50% de la dosis restante en forma de sulfato de amonio, repartidas en dos aplicaciones y en cantidades iguales.

Tratamiento 6 (T₆): El testigo absoluto; no se le aplicó ninguna forma de nitrógeno.

3.6. Propiedades Físicas y Químicas del Suelo.

El resultado del análisis de laboratorio fue:

Textura		Ara	
pH		7.6	(Potenciómetro)
% M.O.		0.8	(Walkley Black)
P (ppm)		28.8	(Bray II)
Ca (meq en 100 ml de suelo)		11.8	(Acetato de amonio normal y neutro)
Mg	"	2.8	"
K	"	1.55	"
Na	"	0.57	"
CIC	"	20.0	"
C.E. (mmhos/cm)		1.01	
% Na intercambiable		2.85	

3.7. Desarrollo del Trabajo.

El 10 de Octubre de 1.983 se iniciaron las labores del te-

reno en condiciones normales para los cultivos comerciales, y las cuales consistieron en una arada, dos rastrilladas, una nivelada, procediéndose luego a trazar y a distribuir las parcelas.

La semilla se sembró a chorrillo, en surcos y a dos centímetros de profundidad. Se utilizó el híbrido Pioneer 8225, a razón de 16 kilogramos de semilla por hectárea.

La germinación se inició entre los cuatro y cinco días después de sembrada la semilla. El raleo se hizo a los veinte días después de germinado el cultivo, dejando una distancia de cinco centímetros entre plantas.

Durante todo el ensayo el riego se hizo por inundación, semanalmente. Los fertilizantes utilizados en el experimento fueron Urea (46% de N) y Sulfato de Amonio (21% de N); estos fertilizantes fueron aplicados en dos épocas: El 50% a los quince días de la germinación, y el otro 50% restante, a los treinta días de la germinación. Los fertilizantes se aplicaron en bandas, a cinco centímetros del tallo y a cinco centímetros de profundidad, en canal, que se tapó posteriormente con tierra. La distribución de los tratamientos se pueden observar en la Tabla 2.

Durante el período vegetativo del cultivo se realizaron

TABLA 2. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN GRAMOS POR PARCELA DE NITROGENO Y DE PRODUCTO COMERCIAL , TANTO PARA LA PRIMERA APLICACION A LOS 15 DIAS DESPUES DE LA GERMINACION, COMO PARA LA SEGUNDA, A LOS 30 DIAS, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.).

Tratamiento	N./ Parcela	Fert./ Parcela	Distribucion de Los Fertilizantes			
			1a. aplicacion/Parcela		2a. aplicacion/ Parcela	
			g. Urea	g. S. A.*	g. Urea	g. S.A.*
1	245 g.	532.60 g.	266.30		266.30	
2	245 g.	1.166.66 g.		583.33		583.33
3	245 g.	849.63 g.		583.33	266.30	
4	245 g.	849.63 g.	266.30			583.33
5	245 g.	849.63 g.	133.15	291.68	133.15	291.68
6	Testigo absoluto		0	0	0	0

* S. A.: Sulfato de Amonio

tres limpias manuales de malezas, utilizando azadones, hasta los cuarenta días aproximadamente. Las malezas dominantes, en su órden fueron: Coquito (Cyperus rotundus L.), bledo (Amaranthus dubius L.), Cadillo (Cenchrus echinatus L.) y Verdolaga (Portulaca oleracea L.)

En cuanto a plagas, la única que se presentó, y de manera muy agresiva, fue el cogollero (Spodoptera frugiperda J.E. Smith), la cual se controló con el insecticida Cebirán 80 SP. (Triclorfón), utilizando una dosis de 100 gramos por cada cuarenta litros de agua. El daño ocasionado por las plagas no fue significativo.

No se presentaron enfermedades. El estado fitosanitario del cultivo fue bueno.

La floración se inició a los cuarenta y cinco días después de la germinación. El embuchamiento y la maduración se sucedieron sin ningún problema. Las panojas se formaron y al llegar al estado de maduración de grano, se presentaron bandadas de diferentes especies de pájaros a comerse el grano. Para evitar pérdidas en la producción, se contrataron personas que realizaran el "Pajareo" desde el inicio de la maduración del grano hasta la recolección de la cosecha.

La recolección se hizo manualmente, con cuchillos afila-

científicos.

Herbol

dos. Se cortó el raquis entre cinco y diez centímetros por debajo de la panoja. Cada una de las parcelas se cosechó y se empacó separadamente para proceder a la toma de datos de los parámetros y con estos resultados se realizaron los diferentes análisis estadísticos.

Las panojas se cosecharon el 18 de Enero de 1.984, a los 90 días de la germinación de la semilla.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de campo de esta investigación se presentan y discuten a continuación.

Tomando como base los resultados de los análisis estadísticos hechos a cada uno de los parámetros estudiados durante el ensayo, se puede afirmar para estos lo siguiente:

4.1. Altura de las Plantas (Ver Tablas 3, 4 y 5).

A los 30 y 90 días de edad del cultivo no se encontró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos (Ver Apéndices 1 y 4).

A los 60 días de edad del cultivo se halló una diferencia significativa al 5% entre los distintos tratamientos (Ver Apéndice 2).

Al hacer las comparaciones entre los diferentes tratamientos, la mayor altura correspondió al T₃, seguido por el T₁, siendo el de menor altura el T₆ (Ver Tabla 4).

Al efectuar la prueba de "Duncan" se encontró que el mejor tratamiento fue el T₃. Este (T₃), no presentó

TABLA 3. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench) MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 30 DIAS DE LA GERMINACION PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	67.9	66.2	56.9	42.3	233.30	58.3250
2	66.8	54.3	49.3	52.5	222.90	55.7250
3	56.2	48.0	42.9	52.0	119.10	49.7750
4	57.2	33.3	44.5	44.7	179.7	44.9250
5	43.6	58.8	51.6	43.9	197.9	49.4750
6	50.2	63.1	40.3	44.5	198.10	49.5250
Σ Bloque	34.19	323.7	285.5	279.9	1.231.00	
\bar{X} Bloque	56.98	53.95	47.58	46.65		51.29

57

TABLA 4. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.)
 MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 60 DIAS DE LA GERMINACION PARA LOS DIFERENTES
 TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	96.3	95.4	95.6	78.4	365.7	91.425
2	96.2	88.2	89.9	89.3	363.6	90.90
3	89.3	88.6	92.9	95.3	366.1	91.525
4	84.9	78.6	94.6	84.5	342.6	85.65
5	78.5	84.8	93.7	81.3	338.3	84.575
6	96.1	82.7	80.5	76.5	335.8	83.95
Σ Bloque	541.3	518.3	547.2	505.3	2.112.1	
\bar{X} Bloque	90.21	86.38	91.2	84.21		88.0041

TABLA 5. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 90 DIAS DE LA GERMINACION PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES..

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	96.6	95.8	95.7	92.2	380.30	95.075
2	99.5	89.8	95.4	91.4	376.10	94.025
3	97.7	89.2	94.9	96.5	378.30	94.575
4	99.0	90.8	105.0	97.5	392.30	98.075
5	86.3	93.8	100.2	89.3	369.60	92.40
6	96.9	88.0	86.7	81.7	353.30	88.325
Σ Bloque	576.0	547.4	577.9	548.6	2.249.90	
\bar{X} Bloque	96.0	91.23	96.31	91.43		93.74

diferencias significativas con los tratamientos T_1 y T_2 . Los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos; a su vez, T_4 , T_5 y T_6 no presentaron diferencias significativas entre sí (Ver Apéndice 3).

4.2. Peso de la Panoja por Planta (Ver Tablas 6, 7 y 8).

Se encontró una diferencia significativa al 5% entre los diferentes tratamientos (Ver Apéndice 5).

El tratamiento en donde se encontró el mayor peso de la panoja por planta fue el T_4 , seguido por el T_3 y el T_2 . El de menor peso fue el T_1 , que a su vez fue inferior al peso del testigo absoluto (T_6) (Ver Tabla 8).

Al efectuar la prueba de "Duncan" se encontró que el T_4 no presentó diferencias significativas con el T_2 , el T_3 y el T_5 ; a su vez, estos sí presentaron diferencias significativas con el T_1 y el T_6 . Entre los tratamientos T_1 y T_6 no se encontró diferencia significativa (Ver Apéndice 6).

4.3. Número de Granos por cada Diez (10) Gramos de Peso (Ver Tabla 9).

TABLA 6. PESO TOTAL, EXPRESADO EN KILOGRAMOS, DE LAS PANOJAS COSECHADAS POR PARCELAS DE 24,5 M2. PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	9.4460	9.8360	7.9610	9.0810	36.3240	9.0810
2	13.5670	12.8870	11.6920	12.1920	50.3380	12.5845
3	12.8250	12.1700	11.8800	12.2910	49.1660	12.2915
4	12.9920	12.0770	13.1370	10.3770	48.5830	12.1457
5	10.5680	12.5580	13.5530	8.6180	45.2970	11.3242
6	9.7830	10.1030	10.2830	10.0560	40.2250	10.0562
Σ Bloque	69.1810	69.6310	68.5060	62.6150	269.9330	
\bar{X} Bloque	11.5301	11.6051	11.4176	10.4358		11.2471

TABLA 7. NUMERO TOTAL DE PANOJAS COSECHADAS POR PARCELA DE 24,5 M2. PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	X̄ Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	483	522	460	488	1.953	488.25
2	575	432	538	509	2.054	513.50
3	490	587	400	492	1.969	492.25
4	582	501	409	371	1.863	465.75
5	491	485	564	430	1.970	492.50
6	460	560	470	496	1.986	496.50
Σ Bloque	3.081	3.087	2.841	2.786	11.795	
X̄ Bloque	513.50	514.50	473.50	464.44		491.4583

TABLA 8. PESO PROMEDIO DE LA PANOJA POR PLANTA EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.) PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES, EXPRESADO EN GRAMOS.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				\sum Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	19.55	18.84	17.30	18.60	74.29	18.5725
2	23.59	29.83	21.73	23.95	99.10	24.7750
3	26.17	20.73	29.70	24.98	101.58	25.3950
4	22.32	24.10	32.11	27.97	106.50	26.6250
5	21.52	25.89	24.03	20.04	91.48	22.8700
6	21.26	18.04	21.87	20.27	81.44	20.3600
\sum Bloque	134.41	137.43	146.74	135.81	554.39	
\bar{X} Bloque	22.40	22.90	24.45	22.63		23.09

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Ver Apéndice 7).

4.4. Rendimiento en Kilogramos por Hectárea (Ver Tablas 10 y 11).

Al hacer el análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas (Al 1%) entre los distintos tratamientos (Ver Apéndice 8).

El tratamiento que originó el mayor rendimiento fue el T_4 , seguido por los tratamientos T_2 y T_3 . El de menor rendimiento fue el T_1 , el cual fue inferior al del testigo absoluto (T_6) (Ver Tabla 11).

Al realizar la prueba de "Duncan" se encontró que el mayor rendimiento lo presentó el T_4 , el cual no presentó diferencias significativas con los tratamientos T_2 y T_3 . Todos los anteriores tratamientos presentaron diferencias significativas con los tratamientos T_5 , T_6 y T_1 , y estos a su vez, no presentaron diferencias significativas entre sí (Ver Apéndice 9).

Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento en donde se empleó la úrea en las dos aplicaciones (T_1), está incluido entre los tratamientos que originaron las mayores alturas de las plantas a los 60 días de edad del cultivo, sin embargo,

TABLA 9. NUMERO DE GRANOS POR CADA 10 GRAMOS DE PESO DEL GRANO COSECHADO EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.) PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	366	373	391	376	1.506	376.50
2	344	363	381	357	1.445	361.25
3	354	354	354	354	1.416	354.00
4	357	348	355	355	1.415	353.75
5	339	352	376	385	1.452	363.00
6	367	368	362	365	1.462	365.50
Σ Bloque	2.127	2.158	2.219	2.192	8.696	
\bar{X} Bloque	354.5	359.66	369.83	365.33		362.33

TABLA 10. RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO (SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH.) EXPRESADO EN KILOGRAMOS DE GRANO COSECHADO POR PARCELA DE 24.5 M² PARA CADA TRATAMIENTO Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				\sum Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	7.7200	7.5750	7.2200	7.4700	29.9850	7.4962
2	10.2700	10.5800	9.1400	10.0400	40.0300	10.0075
3	9.8600	8.9000	10.0300	9.4650	38.2550	9.5637
4	10.6810	10 1550	10.9160	9.0310	40.7830	10.1957
5	8.3270	9.6770	10.1770	6.6570	34.8380	8.7095
6	7.9360	8.1460	8.1860	8.0610	32.3290	8.0822
\sum Bloque	54.7940	55.033	55.6690	50.7240	216.2200	
\bar{X} Bloque	9.1323	9.1721	9.2781	8.4540		9.0091

TABLA 11. RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO (SORGHUM BICOLOR (L) MOENCH) EXPRESADO EN TONELADAS DE GRANO COSECHADO POR HECTAREA PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y SUS RESPECTIVAS REPETICIONES.

Tratamiento	Bloques o Repeticiones				Σ Tratamientos	\bar{X} Tratamientos
	I	II	III	IV		
1	3.1510	3.0918	2.9469	3.0489	12.2386	3.0596
2	4.1918	4.3183	3.7306	4.0979	16.3386	4.0846
3	4.0244	3.6326	4.0938	3.8632	15.6140	3.9035
4	4.3595	4.1453	4.4555	3.6861	16.6464	4.1616
5	3.3987	3.9497	4.1538	2.7171	14.2193	3.5548
6	3.2391	3.3248	3.3412	3.2902	13.1953	3.2988
Σ Bloque	22.3645	22.4625	22.7218	20.7034	88.2522	
\bar{X} Bloque	3.7274	3.7437	3.7869	3.4505		3.6771

este mismo tratamiento (T_7) produjo el menor rendimiento de grano, en comparación con los demás tratamientos del experimento, incluido el testigo absoluto (T_6). Quintero (23) trata de explicar este comportamiento cuando dice: "Es probable que estos aumentos en la altura, número y tamaño de las hojas, ocasionen gastos energéticos que repercuten en la disminución de grano", refiriéndose a un efecto similar, del nitrógeno sobre el rendimiento del Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), en suelos del departamento del Cesar.

Todos los tratamientos en donde intervino el sulfato de amonio, así fuera en la primera aplicación o en la segunda, o en las dos aplicaciones, alcanzaron un rendimiento superior al del tratamiento en donde se hicieron las dos aplicaciones solamente con úrea y al del tratamiento correspondiente al testigo absoluto (Ver Figuras 2 y 3).

La afirmación anterior explica que el sulfato de amonio causó un mejor efecto como fuente nitrogenada, en comparación con la úrea. Al respecto, la Federación Nacional de Algodoneros (21) es concluyente en el sentido de que "En la mayoría de los suelos algodoneros del país el sulfato de amonio ha demostrado un mejor efecto que las otras fuentes nitrogenadas, porque su tendencia es clara en cuanto a aumentar los rendimientos." Este resultado puede tener mayor validez si en la discusión se tiene en cuenta uno de los recientes es-

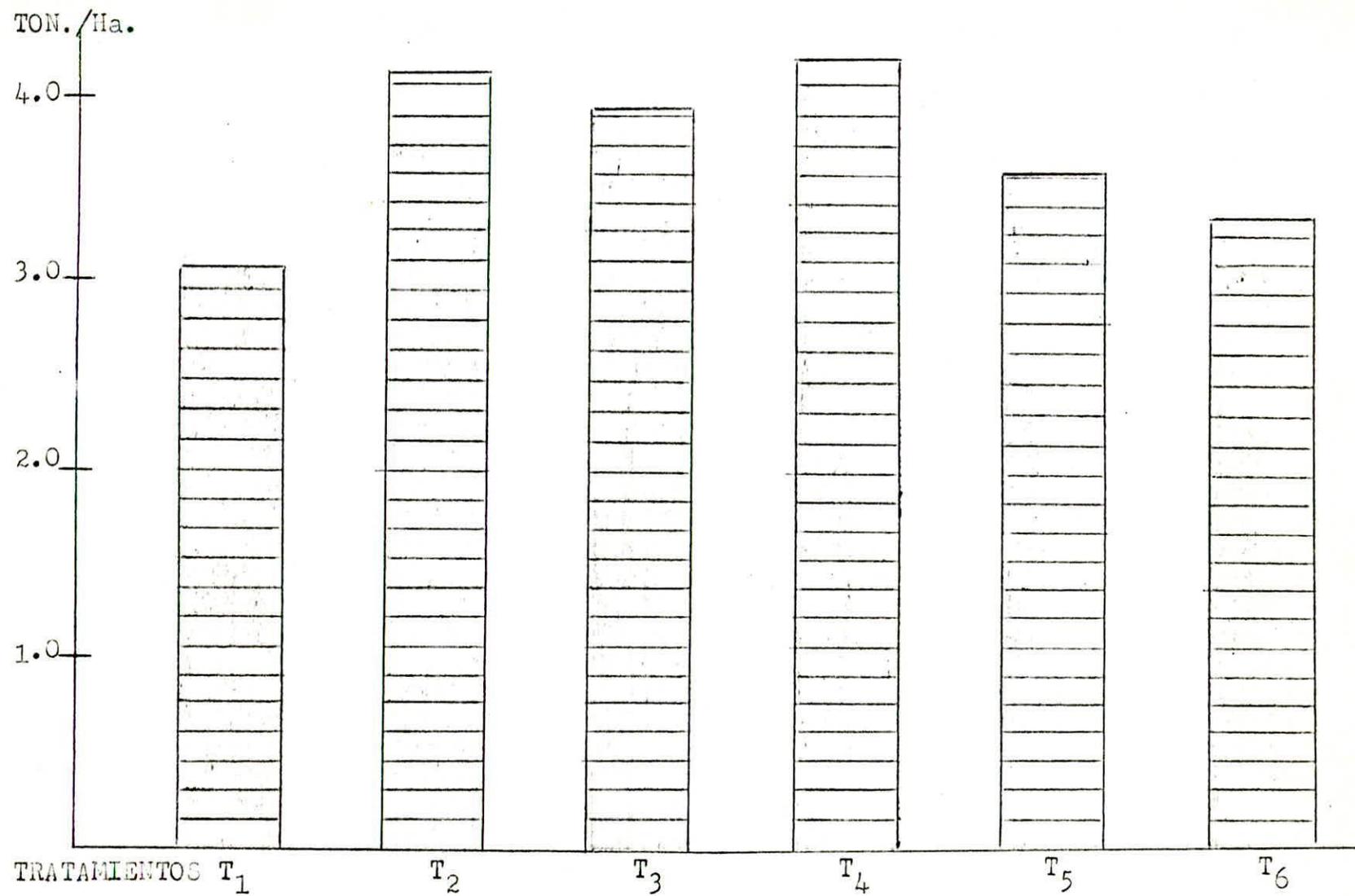


FIGURA 2. RENDIMIENTO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench), DADO EN TONELADAS POR HECTAREA , PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

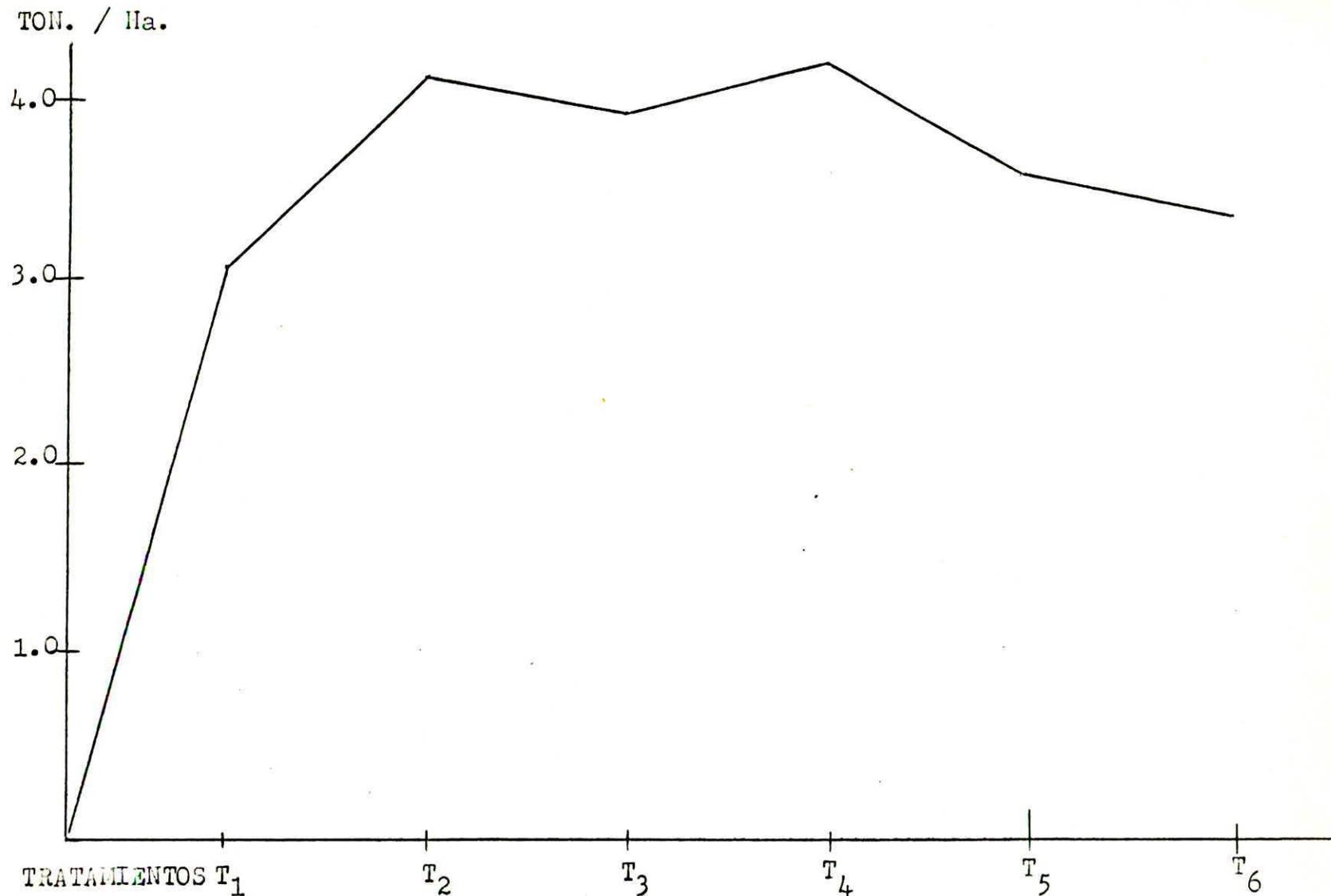


FIGURA 3. CURVA DE PRODUCCION EN DONDE SE OBSERVA EL TRATAMIENTO QUE CAUSA EL MAYOR RENDIMIENTO DE GRANO, DADO EN TONELADAS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.) HIBRIDO PIONEER 8225.

estudios de la caracterización de los suelos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, realizado por Bermúdez (2), donde se recomienda cultivar en esta clase de suelos solamente Tomate (Lycopersicum esculentum (Mill.)), Algodón (Gossypium hirsutum L.) y Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.).

Guerrero (15), dice al respecto, que aunque la investigación realizada a nivel nacional es muy escasa, en la literatura internacional abunda la información sobre un mejor comportamiento agronómico del sulfato de amonio, en comparación con el de la úrea.

En referencia a este interesante fenómeno, Stelle y Saunders, citados por Guerrero (15), demostraron que en el pasto Ray - Grass (Dactylis glomerata L.), fertilizado con sulfato de amonio, a medida de que la planta incrementaba la utilización de nitrógeno, también absorbía más fósforo, efecto este, que no se presentó cuando la fertilización nitrogenada se hizo a base de úrea.

También Lotero (18), reporta en su estudio sobre el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno, en cuanto al rendimiento (dado en toneladas por hectárea) de forraje seco por corte, producción y porcentaje de proteína cruda del pasto Pangola (Digitaria decumbens Stend.), que encontró mayores

promedios utilizando el sulfato de amonio, en comparación con los promedios alcanzados por la úrea.

Al analizar los resultados de la presente investigación se puede observar que el tratamiento en el cual se halló el más bajo rendimiento fue aquel en donde se utilizó solamente úrea para las dos aplicaciones (T₁) (Ver Tablas 10 y 11), esto quiere decir, que el cultivo en cuanto al rendimiento de grano, no respondió positivamente a la aplicación de este tratamiento .

Respecto al fenómeno anterior, Cuello y otros (7) cuando investigaron los efectos de la fertilidad y otras características del cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), en terrenos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena no encontraron diferencias significativas entre las dosis que oscilaron entre 150 y 300 kilogramos por hectárea de úrea a 46% de nitrógeno. Este resultado lo atribuyeron, en esa ocasión, a la posibilidad de que las dosis del fertilizante fueran muy bajas y adujeron que los suelos de la Granja de la Universidad se caracterizaban por presentar bajo contenido de materia orgánica y en consecuencia una escasa microflora.

Lotero (18) y Quintero (23) concluyen que el sulfato de amonio demuestra un mejor efecto que el de la úrea, en cuanto

a rendimiento, pero que desde el punto de vista económico el fertilizante que más se justifica es la úrea. Esta última afirmación es antagónica a los resultados obtenidos en la presente investigación, porque en este caso, cuando se utilizó únicamente la úrea para las dos aplicaciones (T_1), la producción alcanzada de grano cosechado fue inferior a la de los demás tratamientos que intervinieron en el experimento (T_2 , T_3 , T_4 , T_5 y T_6), incluyendo al testigo absoluto (T_6). En los tratamientos en donde intervino el sulfato de amonio sí se alcanzaron significativos rendimientos, todos superiores al del testigo absoluto (T_6) (Ver las Tablas 10 y 11 y las Figuras 2 y 3).

Guerrero (15) y la Federación Nacional de Algodoneros (11) mencionan que cada vez es más frecuente el uso del sulfato de amonio para satisfacer los requerimientos de fertilización nitrogenada en los cultivos de Algodón (Gossypium hirsutum L.), Arroz (Oryza sativa L.) y Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), en los departamentos del Tolima, Huila, Valle y de la Costa Atlántica.

Al calcular el coeficiente de correlación parcial y múltiple, se encontró que entre la producción y la altura de las plantas, a la edad de los 60 días, existe un efecto igual al 8.8%, mientras que entre la producción y el peso de la panoja por planta se pudo observar un efecto igual al 97.5% (Ver Apéndice 10).

El análisis de varianza para la regresión demostró que la desviación de la regresión múltiple es altamente significativa (Ver Apéndice 11).

El valor estimado del rendimiento promedio de grano cosechado fue igual a 3.677.23 kilogramos por hectárea.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y teniendo en cuenta los materiales y métodos utilizados y las condiciones climatológicas del lugar en donde se realizó la presente investigación, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- 5.1. El Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), híbrido Pioneer 8225, se adaptó favorablemente a las condiciones agronómicas dadas, al tipo de suelo de la Universidad Tecnológica del Magdalena y además, respondió a la fertilización nitrogenada, con dosis de 100 kilogramos por hectárea, - utilizando dos fuentes diferentes (úrea al 46% N y Sulfato de amonio al 21% N), fraccionadas en dos aplicaciones hechas a los 15 y a los 30 días de la germinación.
- 5.2. Las fuentes fertilizantes se comportaron como factor determinante para la altura de las plantas a los 60 días, para el peso de la panoja por planta y para el rendimiento (peso del grano cosechado).
- 5.3. El mejor efecto sobre la producción de grano lo causó la aplicación del cuarto tratamiento (T_4), en el cual se utilizaron 108.69 kilogramos por hectárea de úrea al 46% de nitrógeno (50 kilogramos de nitrógeno por hectárea), en la primera aplicación a los 15 días de la germinación.

y 238.09 kilogramos por hectárea de sulfato de amonio al 21% de nitrógeno (50 kilogramo de nitrógeno por hectárea) en la segunda aplicación a los 30 días de la germinación.

En este tratamiento (T_4) el rendimiento de grano cosechado fue equivalente a 4.161.63 kilogramos por hectárea.

5.4. La mínima producción de grano cosechado fue la del primer tratamiento (T_1), en el cual se utilizaron 217.38 kilogramos por hectárea de úrea al 46% de nitrógeno (100 - kilogramos de nitrógeno por hectárea), divididos en dos partes iguales, que se aplicaron a los 15 y 30 días de la germinación respectivamente. En este tratamiento el rendimiento alcanzado fue equivalente a 3.059.70 kilogramos de grano cosechado por hectárea.

5.5. El rendimiento promedio del grano cosechado en todos los tratamientos que intervinieron en el experimento, fue - equivalente a 3.677.23 kilogramos por hectárea.

5.6. El testigo absoluto (T_6) produjo un rendimiento equivalente a 3.298.80 kilogramos de grano cosechado por hectárea, peso que fue superado por los demás tratamientos, exepctuando al tratamiento uno (T_1) que presentó un rendimiento inferior.

- 5.7. La fertilización con 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, fraccionada en cantidades iguales a los 15 y los 30 días de la germinación, alcanzó respuestas positivas cuando en ella intervino alguno de los tratamientos en los que se utilizó el sulfato de amonio al 21% de nitrógeno, así fuera en la primera aplicación, en la segunda o en las dos aplicaciones, lo que permite concluir que el sulfato de amonio se presentó como un factor determinante que influyó favorablemente en la producción de grano en el cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench).
- 5.8. Se observó alta correlación (97%) entre la producción - (rendimiento de grano cosechado) y el peso de la panoja por planta, mientras que la correlación existente entre la producción y la altura de las plantas fue de un porcentaje muy bajo (8.8%).

6. RESUMEN

La presente investigación fue realizada durante el segundo semestre de 1.983, en terrenos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, situada en el municipio de Santa Marta, departamento del Magdalena, en Colombia, Sur América. Estos terrenos presentan una topografía plana, a una altura media de 15 m.s.n.m., con una temperatura que varía entre 28°C y 36°C, humedad relativa entre el 74% y 76% y una precipitación promedio anual de 880.9 mm. El clima correspondiente a esta zona es el de "Monte espinoso de la región subtropical" y es influenciada por los vientos Alisios del hemisferio norte, que soplan durante todo el año en dirección NE.-SO.

El objetivo fundamental de la presente investigación fue determinar el efecto de dos fuentes de nitrógeno y sus mezclas sobre la producción de Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.), comparando los rendimientos de grano.

Para el trabajo de campo se utilizó un lote de terreno en la zona descrita, con una superficie de 1.078 m² el cual se dividió en 24 parcelas iguales, cada una con una dimensión de 7 m de largo por 3.50 m de ancho. Se siguió el método estadístico empleando un diseño de bloques completamente al azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones, se hizo análisis de varianza y prueba de "Duncan", lo mismo que las correlaciones entre los parámetros de altura de las plantas, peso de la panoja por

planta con la producción (rendimiento en kg/ha.). El análisis de suelos fue el siguiente: Textura Ar.A., pH 7.6, M.O. Q8% P 28.8 ppm (Bray II), Ca 11.8 meq/100 ml, Mg 2.8 meq/100 ml, K 1.55 meq/100 ml, Na 0.57 meq/100 ml, CIC 20.0 meq/100 ml, C.E. 1.01 mmhos/cm, Na intercambiable 2.85%. El terreno se preparó con arado y rastrillo, se niveló y se diseñó el sistema de riego por embalse. Las fuentes fertilizantes utilizadas fueron úrea al 46% de nitrógeno y sulfato de amonio al 21% de nitrógeno, los cuales se aplicaron para una dosis total de 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea en cada uno de los tratamientos, distribuidos en dos aplicaciones iguales a los 15 y 30 días de la germinación. La semilla utilizada fue la del Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) híbrido 8225. Se empleó el método de siembra en hileras, con una distancia de 50 centímetros entre surco y una densidad de 15 plantas por metro lineal. Durante el desarrollo del cultivo no se presentaron enfermedades, y en cuanto a plagas, la única que se presentó fue el cogollero (Spodoptera frugiperda) que se controló con Cebirán 80 (Triclorfón), evitando así daños significativos.

Los resultados indican que el híbrido utilizado se adaptó favorablemente a las condiciones dadas durante el desarrollo del experimento, que respondió a la fertilización con 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, fraccionada en cantidades iguales a los 15 y 30 días de la germinación, y que en todos los tratamientos en los cuales intervino el sulfato de amonio (21% de nitrógeno) se obtuvieron favorables rendimientos de grano.

SUMMARY

This investigation, has been realized on 1.983 second semester, at Technological University's Experimental Farm, located in Santa Marta City, Colombia, South América. Those are flat grown at medium 15 meter height over the sea level, the temperature varies dailey between 28°C and 36°C; relativ humidity varies between 74 % and 76 % and rain fall annual average is 880.9 mm. The characteristical climate of this zone is the so called: "Subtropical region's spiny hills" and is influenced by north hemisphere's Alisias Winds, blowing the wole year along, in North East - South West direction (NE. SW.).

Foundamental objective of this survey was to found the effect of two different sources of Nitrogen upon Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) and comparison of grain yields.

For field working we used a lot with 1.078 m² of total area equally divided into 24 parcels, each one 7 m leugth and 3,5 m wide. Statistical method was used drawing blocks at raudom, whit 6 treatments and 4 repetitions; variation analysis and Duncan's proof has been alone and plants height parameter too, the panicle'sweight by plant and production (yield by hectare). The soil analysis was as following: Sandy loam texture, pH 7,6; organic materia 0.8%, Phosphorus (P): 288p.p.m. (Bray II), Calcium (Ca): 11,8 meq./100 ml; Magnesium (Mg): 2,8 meq./100 ml; Potasium (K): 1,55 meq./100 ml; Sodium (Na): 0,57 meq./100 ml; CIC: 20 meq/100 ml; C.E.: 1,01 mmhos/cm;

Sodium (Na) exchangeable: 2,85%. The land was ploughed, raked and leveled; irrigation system was drawn by damming the fertilizers sources used were the following: Urea 46% of nitrogen (N) and Ammonium Sulfate 21% of nitrogen, applied in total 100 Kgs./Ha. doses for each treatment, distributed in 2 (two) equal applications at 15th and 30th day of the germination. As a seed, we used Sorghum bicolor (L.) Moench; hybrid 8225. Seeding method on files was used at 50 centimeters distance interlines and with 15 plants per lineal meter. During growing of the plantation no disease presented and referent to plagues, the only one that appeared was the one which attacked the heart of the plant (Spodoptera frugiperda) and was under control by "Cebiran 80" (Triclorfon), significant damages were avoided.

Results indicate that hybrid we used had good adaptation to all conditions of experimentation in growing time and gave significant answer to fertilization with 100 Kgs./Ha. formula fractionated equally for 15 and 30 germination days and all the Ammonium Sulfate treatment (21% of nitrogen) exhibit favorable grain growing.

7. BIBLIOGRAFIA

- 1).- ARCA, MANUEL y otros. Situación del cultivo del sorgo en Centro América. En: Cuarta conferencia de maíz en la Zona Andina. Palmira, Colombia. Nov. 2-5, 1.971. pp. 270-292.
- 2).- BERMUDEZ, HUGO y otros. Caracterización de los suelos salinos de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, Facultad de Ingeniería Agronómica, Santa Marta, Colombia, 1.983.
- 3).- CANCHANO N., ELIECER. Estudio de la producción de sorgo (Sorghum vulgares Pers.) E-57A empleando la soca y la resoca con fertilización nitrogenada. En: Revista Agronómica. Universidad Tecnológica del Magdalena. Santa Marta, Colombia, 2 (1): 30-41, 1.979.
- 4).- CARDENAS MAYORGA, ALBERTO. Curso de maíz. Programa de maíz. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá Colombia. 1.972. 299 p.
- 5).- CEPEDA O., RICARDO. El sorgo en la alimentación humana. En: El Cultivo del sorgo. Instituto Colombiano - Agropecuario ICA, Programa de maíz y sorgo. Compendio No. 26. Bogotá, Colombia. Septiembre de 1.978 pp. 162-216.

- 6).- COOKE, G. W. Fertilizantes y sus usos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 1.978. pp. 144-145.
- 7).- CUELLO D., CARLOS y otros. Efectos de población, fertilidad y características biométricas en Sorgo (Sorghum vulgare Pers.) ICA_NATAIMA. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica del Magdalena, Facultad de Ingeniería Agronómica, Santa Marta, Colombia. 1.973.
- 8).- CUELLO, O. y QUIROZ, R. Fertilización nitrogenada no fraccionada en Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de grano. Tesis de grado. Universidad Tecnológica del Magdalena, Facultad de Ingeniería Agronómica, Santa Marta, Colombia. 1.983.
- 9).- EICHLER, H. El Sulfato y el Nitrato Amónico en su propiedad como sustancia nutritiva para las plantas. Rhur - Sticsoft. Bochum, Alemania. 1.968. pp. 13.
- 10).- FASSBENDER, H. W. Química de Suelos, con énfasis en Suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1.975. 398 p.
- 11).- FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS. Bases Técnicas para el cultivo del Algodón en Colombia. Bogotá, Colombia, Federealgodón, Departamento Técnico, 1.978. 452p.

- 12).- FONDO PARA EL DESARROLLO SOCIAL DEL ATLANTICO. El Cultivo del Sorgo. Serie de productos agrícolas No. 3. Cámara de comercio de Barranquilla. Barranquilla, Colombia. 1.974. 39 p.
- 13).- GOMEZ LOPEZ, H. Curso del Cultivo del Sorgo. Conferencia mimeografiada. Universidad Tecnológica del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 1.976. 66 p.
- 14).- GROSS, ANDRE. Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. 1.971. 524 p.
- 15).- GUERRERO RIASCOS, RICARDO. Los fertilizantes Químicos. Propiedades y Comportamiento Agronómico. En: Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Suelos. Compilación del curso No. 45, Tibaitatá, Colombia, 1.982. pp. 268 - 332.
- 16).- GUTIERREZ F., JOSE ARIEL. Algunas condiciones sobre distancias y densidades de siembra en Sorgo de grano (Sorghum bicolor (L.) Moench). En: El Cultivo del Sorgo. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Maíz y Sorgo. Compendio No. 26. Tibaitatá, Colombia. 1.978. pp. 63 - 71.

- 17).- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Propiedades Físicas de los suelos. I.G.A.C. Volumen XII No. 7. Bogotá, Colombia. 1.976. 622 p.
- 18).- LOTERO C., JAIME. Fertilización en Pastos y Forrajes. En: Suelos y fertilización de cultivos. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Compendio No. 38, Medellín, Colombia. 1.980. pp. 359 - 385.
- 19).- MAYA CORONADO, C. Efectos de la Fertilización Nitrogenada en Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), buscando su optimización económica. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Tecnológica del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 1.983.
- 20).- MARIN MORALES, G. Aplicación eficiente de los Fertilizantes. En: Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Suelos. Compilación del curso No. 45, Tibaitatá, Colombia, 1.982. pp. 194 - 225.
- 21).- _____ El Análisis del Suelo para diagnosticar su Fertilidad. En: Suelos y Fertilización de Cultivos. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Compendio No. 38. Medellín, Colombia. 1.980. pp. 467-510.
- 22).- MENDOZA OLIVELLA, ANGEL. Clasificación de los Sorgos Cul-

- tivados. En: El Cultivo del Sorgo. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Maíz y Sorgo. Compendio No. 26. Tibaitatá, Colombia. 1.978. pp. 24 - 39.
- 23).- QUINTERO DURAN, RAFAEL. Fertilización en Sorgo. En: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Maíz y Sorgo. Compendio No. 26. Tibaitatá, Colombia. 1.978. pp. 40 - 62.
- 24).- RAMIREZ VELASQUEZ, ALONSO. Suelos salinos y sódicos y calidad de aguas para riego. En: Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Suelos. Compilación del curso No. 45, Tibaitatá, Colombia, 1.982. pp. 140 - 160.
- 25).- RUIZ CAMACHO, RUBEN. Manual de Fertilizantes. Temas de Orientación Agropecuaria TOA. No. 61. 3a edición. Julio de 1.978. 60 p.
- 26).- SALAZAR B., ANGEL. Situación del Cultivo del Sorgo en Centro América. Cuarta Conferencia sobre Maíz en la Zona Andina. ICA - CIAT. Palmira, Colombia. Noviembre 2-5 de 1.971. pp. 241.
- 27).- TORREGROZA CASTRO, MANUEL. Mejoramiento genético para producir variedades e híbridos de Sorgo para granos. En: El Cultivo del Sorgo. Instituto Colombiano

Agropecuário ICA. Programa de Maíz y Sorgo. Compendio No. 26. Tibaitatá, Colombia. 1978. pp. 217 - 229.

28).- TORREGROZA CASTRO, MANUEL. Estado actual del cultivo del Sorgo en Colombia. (Anexo). En: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de Maíz y Sorgo. Compendio No. 26. Tibaitatá, Colombia. 1.978. pp. 443 - 489.

APENDICES

APENDICE J. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 30 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuentes de variación	G L	SC	C M	F. Observada	F. Requerida	
					5%	1%
BLOQUES	4	448.5930	149.5310	2.30 NS	3.06	4.89
TRATAMIENTOS	5	473.5550	94.7110	1.45 NS	2.90	4.56
ERROR	15	975.1520	65.0101			
TOTAL	23	1.897.30				

NS = No significativo

APENDICE 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 60 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuentes de variación	G L	S C	C M	F. Observada	F. Requerida	
					5%	1%
BLOQUES	4	192.48	48.12	3.75*	3.06	4.89
TRATAMIENTOS	5	264.88	52.97	4.12*	2.90	4.56
ERROR	15	192.48	12.8320			
TOTAL	23	1.039.35				

* = Significativo (al valor de 0,05)

APENDICE 3. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench), A LOS 60 DIAS DE LA GERMINACION.

1. Cálculo de la diferencia mínima significativa (DSM):

$$DSM = t \frac{2 \text{ CME}}{r} = 2.1310 \frac{2 (12.8320)}{4} = DSM = 5.3977$$

t = Valor encontrado con GL del error

r = Repeticiones

2. Calcular DSMn , teniendo en cuenta la posición relativa:

	2	3	4	5	6
DSMn:	1.00	1.05	1.08	1.10	1.12
DSMn (R)	5.3977	5.6675	5.8295	5.9374	6.0454

3. Disposición de las alturas medias, en orden de menor a mayor:

83.95	84.5750	85.65	90.90	91.4250	91.5250
T ₆	T ₅	T ₄	T ₂	T ₁	T ₃
-----			-----		
c			b		a

APENDICE 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), MEDIDAS EN CENTIMETROS A LOS 90 DIAS DE LA GERMINACION, PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuentes de variación	G L	S C	C M	F. Observada	F. Requerida	
					5%	1%
BLOQUES	4	140.11	35.0275	1.73 NS	3.06	4.89
TRATAMIENTOS	5	209.8825	41.9765	2.08 NS	2.90	4.56
ERROR	15	302.3275	20.1551			
TOTAL	23					

NS = No significativo

APENDICE 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO PROMEDIO DE LA PANOJA POR PLANTA EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuentes de variación	G L	S C	CM	F. Observada	F. Requerida	
					5%	1%
BLOQUES	4	15.4948	3.8737	0.3855 NS	3.06	4.89
TRATAMIENTOS	5	194.2280	38.8456	3.8662**	2.90	4.56
ERROR	15	150.7113	10.0474			
TOTAL	23					

NS = No significativo

** = Altamente significativo (al valor de 0.01)

APENDICE 6. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LA PA-
NOJA POR PLANTA EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.)

1. Cálculo de la diferencia mínima significativa (DSM):

$$DSM = t \frac{2 \text{ CME}}{r} = 2.1310 \frac{2 (10.0474)}{4} = DSM = 4.7763$$

t = Valor encontrado con GL del error

r = Repeticiones

2. Calcular DSMn, teniendo en cuenta la posición relativa:

	2	3	4	5	6
DSMn:	1.00	1.05	1.08	1.10	1.12
DSMn (R)	4.7763	5.0151	5.1584	5.2539	5.3494

3. Disposición de los valores medios, en orden de menor a mayor:

18.5725	20.36	22.87	24.7750	25.3950	26.6250
T ₁	T ₆	T ₅	T ₂	T ₃	T ₄
		----- a -----			
			----- b -----		
				----- c -----	
					----- d -----

APENDICE 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE GRANOS POR CADA DIEZ GRAMOS DE PESO DEL GRANO COSECHADO EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuentes de variación	G I	S C	C M	F. Observada	F. Requerida	F. Requerida	
						5%	1%
BLOQUES	4	802.30	200.5750	1.8154 NS	3.06	4.89	
TRATAMIENTOS	5	1.421.80	284.36	2.5736 NS	2.90	4.56	
ERROR	15	1.657.20	110.48				
TOTAL	23						

NS = No significativo

APENDICE 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO, DADO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.), PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fuente de variación	G L	S C	C M	F.Observada	F.Requerida	
					5%	1%
BLOQUES	4	0.4222	0.1055	1.0455 NS	3.06	4.89
TRATAMIENTOS	5	3.9655	0.7931	7.8602**	2.90	4.56
ERROR	15	1.5148	0.1009			
TOTAL	23					

NS = No significativo

** = Altamente significativo (Al valor de 0.01)

APENDICE 9. PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO, DADO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA, EN EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.).

1. Cálculo de la diferencia mínima significativa (DSM)

$$DSM = t \frac{2 \text{ CME}}{r} = 2.1310 \frac{2 (0.1009)}{4} = DSM = 0.4786$$

t = Valor encontrado con GL del error

r = Repeticiones

2. Calcular DSMn, teniendo en cuenta la posición relativa:

	2	3	4	5	6
DSMn:	1.00	1.05	1.08	1.10	1.12
DSMn (R)	0.4786	0.5025	0.5168	0.5264	0.5360

3. Disposición de los valores medios del rendimiento, ordenados de menor a mayor:

3.0596	3.2988	3.5548	3.9035	4.0846	4.1616
T ₁	T ₆	T ₅	T ₃	T ₂	T ₄

			a		

			b		

			c		

			d		

APENDICE 10. VALORES DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES, NECESARIOS PARA REALIZAR EL ANALISIS DE CORRELACION PARCIAL Y MULTIPLE DE REGRESION.

Tratamientos	\bar{Y}	\bar{X}_1	\bar{X}_2
1	3.059.6948	0.9142	0.018572
2	4.084.6939	0.9090	0.024775
3	3.903.5715	0.9152	0.025395
4	4.161.6327	0.8565	0.026625
5	3.554.8980	0.8457	0.022870
6	3.298.8776	0.8395	0.020360
	<hr/> $\Sigma \bar{Y} = 22.063.3685$	<hr/> $\Sigma \bar{X}_1 = 5.2801$	<hr/> $\Sigma \bar{X}_2 = 0.138597$

\bar{Y} = Producción de grano (Rendimiento), dado en kilogramos por hectárea (kg/Ha).

\bar{X}_1 = Altura de las plantas, medidas en metros a los 60 días de la germinación.

\bar{X}_2 = Peso de la panoja por planta, dado en kilogramos.

APENDICE 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA REGRESION.

Fuentes de variación	Métodos para calcular SC	SC	GL	C M	FC	FT		
						5%	1%	
TOTAL	$\sum y^2$	991.372	5	198.274.40				
REGRESION DEBIDO A X_1	$r^2_{yx_1} \sum y^2$	7.706.66	1	7.706.66				
DESVIACION DE LA REGRESION SIMPLE	$(1-r^2_{yx_1}) \sum y^2$	983.665.34	4	245.976.34	NS	0.031338	7.71	21.2
REGRESION ADICIONAL DEBIDO A X_2	$r^2_{yx_2x_1} (1-r^2_{yx_1}) \sum y^2$	939.971.32	1	939.971.32				
DESVIACION DE LA RE-REGRESION MULTIPLE	$(1-R^2_{yx_1x_2}) \sum y^2$	43.694.027	3	14.564.68	xx	64.537743	10.13	34.2

NS = No significativo

xx = Altamente significativo (al valor de 0.01)