

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE
DOS VARIEDADES DE SORGO (Sorghum bicolor (L.)
Moench) DE DOBLE PROPOSITO, BAJO CONDICIONES
DE RIEGO Y TEMPORAL EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

MARCELO CORONA LOPEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1989

T

SB235

C6

c.1



1080061211

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE
DOS VARIEDADES DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) DE DOBLE PROPOSITO, BAJO CONDICIONES
DE RIEGO Y TEMPORAL EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

MARCELO CORONA LOPEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1989

10040

T
SB 235
C6

040.631

FA 7
1989
C.5



Biblioteca Central
Magna Solididad

F. Tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE
DOS VARIEDADES DE SORGO (Sorghum bicolor (L.)
Moench) DE DOBLE PROPOSITO, BAJO CONDICIONES
DE RIEGO Y TEMPORAL EN MARIN, N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARCELO CORONA LOPEZ

MARIN, N.L.

NOVIEMBRE 1989.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE
DOS VARIEDADES DE SORGO (Sorghum bicolor (L.)
Moench) DE DOBLE PROPOSITO, BAJO CONDICIONES
DE RIEGO Y TEMPORAL EN MARIN, N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARCELO CORONA LOPEZ

MARIN, N.L.

NOVIEMBRE 1989.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE
DOS VARIEDADES DE SORGO (Sorghum bicolor (L.)
Moench) DE DOBLE PROPOSITO, BAJO CONDICIONES
DE RIEGO Y TEMPORAL EN MARIN, N.L.

TESIS QUE PRESENTA MARCELO CORONA LOPEZ
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISORA

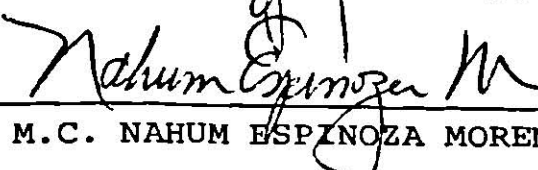
Asesor Principal


M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES.

Asesor Auxiliar


M.Sc. JOSE ELIAS TREVIÑO RAMIREZ.

Asesor Estadístico


M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Andrés Corona Hernández
Sra. Eulalia López de Corona

Por darme todo su cariño
Por sus sacrificios constantes
Por su forma de ser y sus consejos
Por depositar en mí toda su confianza
Por hacer de mí una persona recta y de principios.

Les brindo el primer corte de lo que un día sembraron.
Que Dios me los cuide muchos años más.

A mis hermanos:

* Marina
* Ma. de la Luz
* Baltazar
* Gregorio
* Anselmo
* Manuel
Juan
Andrea y Maricela.

Por ser como son espero que nunca cambien.

* Con gratitud eterna, por su apoyo moral y económico desinteresado sin el cual no hubiera sido posible culminar la primera etapa de mi vida.

A las familias:

Méndez Corona y
Corona Castillo

Por la hospitalidad brindada durante
el transcurso de mi carrera.

A mi tía

Srita. Hilaria Corona Hernández
Por ser tan buena conmigo, por su amistad,

A mi madrina

Sra. Isabel Aguirre
Por sus buenos deseos y consejos
que me ayudaron a salir adelante.

A mis compañeros de generación

Jesús Vázquez Zúñiga, Oscar Alcalá Pardo, Francisco Vázquez Delgado, Sergio A. Pérez Domínguez, Ruperto Monsivais Lozano, Sandra E. Mejía Loyo, Luis A. Moreno Esparza, Mirthala Monsivais Díaz, Mario Martínez Reyna, Francisco Martínez López y Francisco Resendez Luna.

Por los momentos inolvidables que pasamos
Por volver a verlos a todos reunidos algún día.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

M.Sc. Humberto Rodríguez Fuentes
M.Sc. José Elías Treviño Ramírez
M.C. Nahúm Espinoza Moreno

Por su colaboración en la realización y
revisión del presente trabajo.

A mis amigos:

Oscar Alcalá Pardo, Francisco Vázquez Delgado,
Jesús Vázquez Zúñiga, Mario Martínez Reyna y
Sergio A. Pérez Domínguez.

Por su colaboración en la realización
del trabajo de campo.

Al personal del Laboratorio de Suelos de la FAUANL.

Por las facilidades prestadas durante el
análisis de muestras de grano y forraje.

INDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	ix
INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
I. INTRODUCCION	1
II. LITERATURA REVISADA	4
2.1 Fertilización nitrogenada con urea	4
2.2 Fertilización nitrogenada en sorgo bajo condi- ciones de riego.	8
2.3 Fertilización nitrogenada en sorgo bajo condi- ciones de temporal	14
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Ubicación del experimento	19
3.2 Condiciones climáticas de la región	19
3.3 Condiciones edáficas de la región	20
3.4 Materiales	22
3.5 Métodos	22
3.5.1 Experimento I (Riego)	23
3.5.2 Experimento II (Temporal).	25
3.5.3 Variables que se consideraron en los expe- rimentos de riego y temporal	27
3.5.3.1 Rendimiento de grano	27
3.5.3.2 Rendimiento de forraje fresco ...	27
3.5.3.3 Rendimiento de forraje seco (mate- ria seca)	29
3.5.3.4 Días a floración	29
3.5.3.5 Días a madurez fisiológica	29
3.5.3.6 Días a cosecha	29
3.5.3.7 Altura final	30

3.5.3.8 Longitud de la panoja	30
3.5.3.9 Número de plantas por parcela útil	30
3.5.3.10 Análisis de minerales	30
3.5.4 Análisis estadístico	31
3.6 Desarrollo del experimento	33
3.6.1 Preparación del terreno	33
3.6.2 Siembra	33
3.6.3 Fertilización	34
3.6.4 Aclareo	34
3.6.5 Control de malezas	35
3.6.6 Control de plagas	35
3.6.7 Riegos	35
3.6.8 Cosecha	36
IV. RESULTADOS	38
4.1 Rendimiento de grano	38
4.1.1 Experimento de riego	38
4.1.2 Experimento de temporal	39
4.2 Rendimiento de forraje fresco	39
4.2.1 Experimento de riego	39
4.2.2 Experimento de temporal	39
4.3 Rendimiento de forraje seco (materia seca)	41
4.3.1 Experimento de riego	41
4.3.2 Experimento de temporal	41
4.4 Días a floración	41
4.5 Días a madurez fisiológica	42
4.6 Días a cosecha	42
4.7 Altura final	42
4.8 Longitud de la panoja	42
4.9 Número de plantas por parcela útil	42
4.10 Contenido de macro y micronutrientes	43
4.10.1 Experimento de riego	43
4.10.1.1 Grano	43
4.10.1.2 Forraje	43
4.10.2 Experimento de temporal	44

4.10.2.1 Grano	44
4.10.2.2 Forraje	44
4.11 Absorción de macro y micronutrientes	45
4.11.1 Experimento de riego	45
4.11.1.1 Grano	45
4.11.1.2 Forraje	46
4.11.2 Experimento de temporal	47
4.11.2.1 Grano	47
4.11.2.2 Forraje	47
V. DISCUSION	58
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
VII. RESUMEN	65
VIII. SUMMARY	68
IX. LITERATURA CITADA	71
X. APENDICE	76

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Página
1	Condiciones ambientales existentes durante el desarrollo de los experimentos (1988)..	21
2	Tratamientos, variedades y niveles de nitrógeno empleados en el experimento de riego.	26
3	Tratamientos, variedades y niveles de nitrógeno empleados en el experimento de temporal	26
4	Metodología empleada en el análisis foliar de muestras de grano y forraje	32
5	Fechas de aplicación de insecticidas, plagas presentes y dosis de insecticidas considerando ambos experimentos	37
6	Fechas de aplicación de riegos	37
7	Resultados de la comparación de medias para rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.	40
8	Resultados de la comparación de medias para rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.	40
9	Resultados de la comparación de medias para la absorción de fósforo en grano de sor	

Cuadro		Página
	go bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.	48
10	Resultados de la comparación de medias para la absorción de magnesio en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.	48
11	Resultados de la comparación de medias para la absorción de zinc en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.	49
12	Resultados de la comparación de medias para la absorción de zinc en forraje de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.	49
13	Resultados de la comparación de medias para la absorción de nitrógeno en grano de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.	50
14	Resultados de la comparación de medias para la absorción de fósforo en forraje de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.	50
15	Absorción total de nitrógeno de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	51
16	Absorción total de fósforo de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo pri-	

Cuadro		Página
	mavera-verano 1988.	52
17	Absorción total de potasio de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	53
18	Absorción total de magnesio de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	54
19	Absorción total de manganeso de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	55
20	Absorción total de cobre de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	56
21	Absorción total de zinc de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.	57
Figura		
1	Croquis del experimento de riego (I)	24
2	Croquis del experimento de temporal (II)...	28

INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE

Cuadro		Página
22	Rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).	77
23	Rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).	77
24	Rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de temporal (ton/ha).	78
25	Rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de temporal (ton/ha).	78
26	Rendimiento de materia seca en sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).	79
27	Rendimiento de materia seca en sorgo bajo condiciones de temporal (ton/ha).	79
28	Resumen de resultados de análisis de <u>varianza</u> de rendimiento de grano, forraje fresco, forraje seco (materia seca) y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de riego.	80
29	Resumen de resultados de análisis de <u>varianza</u> de rendimiento de grano, forraje fresco, forraje seco (materia seca) y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo <u>condiciones</u> de temporal.	81
30	Resumen de análisis de <u>varianza</u> de la <u>absorción</u> de macro y micronutrientes en grano	

Cuadro		Página
	de sorgo, bajo condiciones de riego	82
31	Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micronutrientos en forraje de sorgo, bajo condiciones de riego.	83
32	Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micronutrientos de los tratamientos en grano de sorgo, bajo condiciones de temporal	84
33	Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micronutrientos de los tratamientos en forraje de sorgo, bajo condiciones de temporal.	85
34	Análisis de covarianza de rendimiento de grano por parcela útil y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de riego.	86
35	Análisis de covarianza para rendimiento de grano por parcela útil y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de temporal.	87
36	Resultado de análisis de covarianza entre rendimiento de forraje fresco por parcela útil y número de plantas por parcela útil, en el experimento de temporal.	88
37	Contenido de macro y micronutrientos en grano de sorgo bajo condiciones de riego,	

Cuadro ,		Página
	ciclo primavera-verano 1988.	89
38	Contenido de macro y micronutrientos en forraje de sorgo bajo condiciones de rie- go, ciclo primavera-verano 1988.	89
39	Contenido de macro y micronutrientos en grano de sorgo bajo condiciones de tempo- ral, ciclo primavera-verano 1988.	90
40	Contenido de macro y micronutrientos en forraje de sorgo bajo condiciones de tem- poral, ciclo primavera-verano 1988.	90
41	Características agronómicas de las varie- dades utilizadas.	91
42	Número total de plantas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de riego.....	92
43	Número de plantas cosechadas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de riego.	92
44	Número total de plantas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de temporal ..	93
45	Número de plantas cosechadas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de tempo- ral.	93

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ADIFAL	Asociación para el Desarrollo de la <u>I</u> ndustria de los Fertilizantes de Améri <u>c</u> a Latina.
CATIE	Centro Agrónom <u>i</u> co Tropical de Investi <u>g</u> ación y Enseñanza.
°C	Grados Centígrados
CIA-FAUANL	Centro de Investigaciones Agropecuarias -Facultad de Agronomía Universidad Au <u>t</u> ónoma de Nuevo León.
CIANE	Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste.
CIANO	Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste.
CIASE	Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste.
CIAT	Centro de Investigaciones Agrícolas de Tamaulipas.
cc	centímetros cúbicos.
C.M.	Cuadrado Medio.
Cm	Centímetros.
Cu	Cobre.
C.V.	Coeficiente de Variación.
DGEA	Dirección General de Estadísticas Agro <u>p</u> ecuarias.
<u>et. al.</u>	y otros autores.
Fcal. Ftab.	F.calculada, F.tabulada.
F.V.	Fuente de Variación.

g	gramo (s).
g/ha	gramos por hectárea.
G.L.	Grados de Libertad.
K	Potasio.
Kg/ha	Kilogramos por hectárea.
m	metro (s).
m ²	metros cuadrados.
Mg	Magnesio.
mm	milímetros.
Mn	Manganeso.
msnm	metros sobre el nivel del mar.
N	Nitrógeno.
N ₀	Cero Kilogramos de nitrógeno por hectárea.
N ₈₀	80 kilogramos de nitrógeno por hectárea.
N ₁₂₀	120 kilogramos de nitrógeno por hectárea.
NS	No Significativo.
%	Por ciento.
P	Fósforo.
P.Ch.	Parcela Chica.
P.G.	Parcela Grande.
ppm	partes por millón.
pl/ha	plantas por hectárea.
Rend.	Rendimiento.
S.C.	Suma de Cuadrados.
S.C. y P.C.	Suma de Cuadrados y Productos Cruzados.

Ton/ha.	Toneladas por hectárea.
$T^{\circ}\bar{x}$	Temperatura media.
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León.
USA	Estados Unidos de América.
V	Variedad.
V_1	Variedad uno (SPV-475).
V_2	Variedad dos (SPV-351).
VN	Variedad-Nitrógeno.
$\bar{x}$	media.
Zn	Zinc.

I. INTRODUCCION

En México el cultivo de sorgo de grano (Sorghum bicolor (L) Moench) ha adquirido gran importancia en las últimas tres décadas (Mora, et al. 1986), de forma que en la actualidad ocupa el tercer lugar en superficie cultivada, superado únicamente por el maíz y frijol (Flores y Carballo, 1984).

Durante 1985 se sembró una superficie aproximada a las 2.0 millones de hectáreas en las cuales se obtuvo una producción de 6.7 millones de toneladas de grano.

Actualmente la totalidad de ésta superficie se localiza en regiones agrícolas con altitudes inferiores a 1800 msnm, ya que en altitudes mayores las variedades comerciales presentan altos porcentajes de androesterilidad (Romo y Carballo, 1981).

El crecimiento de la población humana ha originado un incremento en el consumo de los cereales alimenticios, situación que exige mayor diversificación en la utilización de plantas de este tipo, para lograr eficiencia en el aprovechamiento de las mismas (Mora, et al. 1986).

La producción no ha sido suficiente en años recientes y la demanda continúa siendo superior a la producción, por lo que ha sido necesario realizar grandes importaciones; por ejemplo, en el período 1983-1987, el promedio anual de importaciones del sorgo fué de 1,965,648 toneladas de grano (Calva, 1989).

Como alternativa para incrementar la producción y la su-

perficie cultivada, logrando con esto satisfacer el déficit de producción, es necesario desarrollar la potencialidad del sorgo, iniciando su cultivo en zonas temporaleras marginadas como sustituto del maíz (Flores y Carballo, 1984).

Por su tolerancia a la sequía, el sorgo se contempla como una alternativa para los valles altos, donde puede sembrarse con mayores posibilidades de éxito que el maíz, del cual se cultivan a nivel nacional 1.3 millones de hectáreas bajo condiciones de sequía (Romo y Carballo, 1981).

Actualmente en los centros de investigaciones agrícolas del país ya se están desarrollando variedades de sorgo para regiones con altitud superior a los 1800 msnm, para poder cultivar sorgo sin correr el riesgo de pérdidas del cultivo, por causas de la androesterilidad de la planta a grandes alturas sobre el nivel del mar.

Los principales usos que se le dan al sorgo de grano en México son para la elaboración de alimentos balanceados, utilizados en la alimentación de aves, bovinos y porcinos principalmente pero no se desecha la posibilidad de que en un futuro no muy lejano, sea empleado en la alimentación humana.

Los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar el rendimiento de grano y forraje de sorgo en diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de riego; cuantificar la respuesta en el rendimiento de grano y forraje de sorgo en diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de temporal; de-

terminar parámetros de interés agronómico como son días a floración, a madurez fisiológica, a cosecha, longitud de panoja, altura final y cuantificar el contenido y cantidad de N,P,K, Mg,Mn,Cu y Zn que es absorbido por el grano y forraje en riego y temporal.

II. LITERATURA REVISADA

2.1 Fertilización nitrogenada con urea

El nitrógeno es uno de los elementos constituyentes principales de la materia viva, y es un nutriente esencial para los vegetales que lo asimilan en forma de iones nitrato y amonio.

Es un elemento mundialmente deficiente en el suelo, ya que por lo general existe escasamente y es removido en grandes cantidades por los cultivos, además de perderse con facilidad en el suelo por erosión, lixiviación, volatilización, etc., principalmente.

El uso intensivo del suelo y el establecimiento de variedades mejoradas, híbridos por ejemplo, ha agudizado aun más el problema de la falta de nitrógeno y otros nutrientes en el suelo, por lo cual ha sido necesario recurrir al uso de los fertilizantes en gran escala (Echegaray, 1966).

Cuando se agrega un fertilizante al suelo, su valor depende de varios factores, entre los que se tienen los cambios químicos que sufra hasta ser absorbido por la planta, aprovechamiento de los productos de su transformación por las plantas y los efectos de estos productos en el suelo.

La urea como fertilizante nitrogenado, fue introducido comercialmente en el campo de los Estados Unidos en el año de 1935, su nitrógeno aunque se encuentra en forma orgánica, es

soluble en agua y es rápidamente convertible a nitratos en el suelo, sin dejar productos tóxicos para las plantas.

Cuando se fertiliza con urea, ésta se hidroliza rápidamente y uno de los productos resultantes de dicha hidrólisis es el amoníaco, el cual es inmediatamente absorbido por el complejo intercambio de bases, lo que evita dentro de ciertos límites y condiciones edáficas su pérdida por lixiviación (Echegaray, 1966).

Al aplicarse urea al suelo se hidroliza y según Broadbent citado por Echegaray (1966), de 200-300 partes por millón (ppm) de nitrógeno de urea son transformadas a amonio a una temperatura de 10°C después de siete días. La velocidad de ésta es favorecida por el aumento de temperatura, de tal manera que a 37°C resulta muy rápida.

Al formarse grandes cantidades de amonio al pH del suelo aumenta y la velocidad de hidrólisis puede ser tan rápida que se pierde amonio por volatilización a la atmósfera.

Estas pérdidas pueden ser mayores cuando la capacidad de intercambio de bases es baja, cuando la temperatura del suelo es alta, y cuando se aplica el fertilizante (urea) en la superficie del suelo (Echegaray, 1966).

La aplicación fraccionada o por partes de los fertilizantes nitrogenados en varias épocas del desarrollo del cultivo, permiten incrementar la eficiencia de tales fertilizantes. Con

esta práctica se disminuyen las pérdidas de éste elemento (nitrógeno) que ocurren por volatilización y lixiviación.

En la actualidad las aplicaciones de fertilizantes al suelo se realizan en tres formas: en banda, al voleo y mateado (Díaz, 1975).

La aplicación en banda es la más usada para los cultivos de hilera y tiene algunas modalidades como sencilla, doble o múltiple. Las aplicaciones al voleo se hacen cuando el cultivo a fertilizar es de cobertura y puede ser superficial o incorporada al suelo y la forma mateada se emplea en sistemas agrícolas tradicionales (Díaz, 1975).

Los objetivos que se persiguen al aplicar un fertilizante independientemente de el de abastecer de nutrientes a las plantas son los siguientes; eficiencia en la colocación, prevención de daños a la semilla o plántulas, conveniencia y economía, las cuales se perpetúan o reflejan en la utilización de los nutrientes por las plantas (Meléndez, et al. 1985).

Los daños más frecuentes que ocurren en la germinación de las semillas, son debido a la concentración de sales, a la toxicidad de ciertos fertilizantes que liberan amoníaco o que forman nitritos en el suelo, al contenido de biuret o a la aplicación de fertilizantes en suelos secos.

Estas razones han inducido a evaluar cuales son las formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados más adecuadas;

lo que ha dado como resultado a través de experimentos que se han llevado a cabo en campo, que las aplicaciones en banda a cinco centímetros a un lado y abajo de la hilera de semilla, es más aprovechado el fertilizante por los cultivos, y no se corre el riesgo de producir daño a la semilla (Meléndez, 1985) (Lock and Hons, 1988) (CLASE, 1974. Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste).

Lock and Hons (1988) mencionan que la colocación del fertilizante nitrogenado en bandas bajo la superficie puede reducir la volatilización del amoníaco (NH_3) y la inmovilización del nutrimento.

La colocación del fertilizante nitrogenado en las cercanías de las raíces podría eliminar la necesidad de que la lluvia moviera el fertilizante a la zona radicular, como es el caso cuando el fertilizante es esparcido en la superficie del suelo.

Otro factor que se debe tomar en cuenta para lograr un mayor aprovechamiento del fertilizante por parte de la planta según Díaz (1975), es sin duda la época de aplicación; en suelos arenosos donde la lixiviación es muy fuerte, conviene hacer fertilizaciones fraccionadas con este nutriente (N), aplicando la mayor parte o proporción en la etapa del cultivo que demanda mayor abastecimiento nutrimental.

En suelos de texturas medias arcillosas, el nitrógeno puede aplicarse totalmente en la presiembra o en la siembra, de-

pendiendo en este caso del cultivo que se trate; por ejemplo, un cultivo perenne o semiperenne requiere varias fertilizaciones complementarias durante su ciclo.

2.2 Fertilización nitrogenada en sorgo bajo condiciones de riego.

En zonas agrícolas donde la humedad no es un factor limitante para la producción de los cultivos, la fertilización nitrogenada en sorgo de doble propósito, es decir, de grano y forraje, tiene gran respuesta y generalmente se emplean formulaciones altas debido a que se siembra semilla mejorada, principalmente híbridos que responden muy bien a dosis altas de nitrógeno.

El fósforo y el potasio son nutrientes inmóviles y su requerimiento es más bajo que el nitrógeno, consecuentemente el fósforo y el potasio tienden a acumularse mas en los suelos como resultado de las aplicaciones de fertilizantes (Engelstad and Terman, 1966).

En contraste el nitrógeno es un nutriente relativamente móvil y su requerimiento y traslado tienden a ser más altos (Engelstad and Terman, 1966). En las variedades de sorgo de doble propósito, la fertilización nitrogenada aplicada al momento oportuno proporciona excelentes resultados; la mejor respuesta a la aplicación de nitrógeno se obtiene al aplicar el fertilizante a los 30 días después de la siembra, ya que a los 60-65 días después de la siembra el sorgo ha absorbido más del

70% del nitrógeno requerido (Duncan, 1981); por lo tanto si presenta deficiencia en las hojas, la aplicación de nitrógeno a esta fecha puede resultar incosteable.

La mayor parte de las investigaciones se dirigen hacia la cantidad de fertilizante nitrogenado que es necesario aplicar, para obtener un buen rendimiento, sin embargo; según informes del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO, 1972) y Zweifel, et al. (1987) la respuesta a la fertilización nitrogenada está influida por la cantidad de agua (riego) y la cantidad de horas luz (fotoperíodo); estas diferencias en sensibilidad al fotoperíodo son de origen genético y tienen como resultado las diferencias en madurez que son tan comunes entre las variedades de sorgo, según Robles (1985).

Esto se confirma en investigaciones que se han llevado a cabo en sorgo de rebrote (Sorghum bicolor (L) Moench), donde se ha encontrado que los cultivares de sorgo responden distintamente cuando son sometidos a varias longitudes de día (fotoperíodo) y regímenes de temperatura (Escalada and Plucknett, 1975), desde luego que tales respuestas son influenciadas por el genotipo y factores ambientales.

De esta forma se encontró que en el primer rebrote (soca) cuando la temperatura fue baja (15.5°C y 23.9°C en noche y día respectivamente) con un fotoperíodo de 10 horas (corto), sucedió un incremento en el número de rebrotes por planta con una altura de corte de 13 cm, sin embargo; pocos rebrotes fueron

productivos cuando fueron cultivados a altas temperaturas. ,

En el segundo rebrote (resoca) se produjeron pocos rebrotes por planta cuando son sometidos a una temperatura de 15.5 y 23.9°C en noche y día respectivamente, con un fotoperíodo de 14 horas luz (largo).

Respecto al efecto sobre la madurez, se encontraron diferencias significativas, las plantas con temperatura de 23.9 y 32.2°C en noche y día respectivamente, y con 10 horas luz maduraron más temprano que las que tenían la misma temperatura anterior en noche y día, pero con 14 horas luz.

En síntesis el sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) de grano responde a un fotoperíodo corto (10 horas luz) y a una temperatura de 23.9 y 32.2°C en noche y día respectivamente, y con un fotoperíodo largo (14 horas luz) tarda más tiempo en madurar el grano (Escalada and Plucknett, 1975).

Por esta razón el sorgo de rebrote parece ser una promesa para los sistemas de producción de los trópicos, como un medio para obtener un alto rendimiento por hectárea y por año, aplicando menos cantidad de fertilizante para la segunda cosecha; ya que la primer fertilización en la siembra del cultivo es la más alta.

De acuerdo con estudios hechos en la Universidad de Georgia (USA), para la primer cosecha es necesario aplicar de 90-112 Kg/ha de nitrógeno y para la segunda cosecha de 67-90 kg/

ha de nitrógeno (Duncan, 1981).

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta para lograr una respuesta a la fertilización nitrogenada, es sin duda la eficiencia del fertilizante; se deben evitar las pérdidas del fertilizante lo más posible, ya que según reportes de la Asociación para el Desarrollo de la Industria de los Fertilizantes de América Latina (ADIFAL) (1988), se ha encontrado que se pierde entre el 30 y 60% del nitrógeno aplicado como fertilizante, aunque bajo ciertas condiciones, tales pérdidas pueden llegar a ser tanto como el 80% del total.

Existen 6 mecanismos básicos por medio de los cuales el nitrógeno del suelo (nitrógeno que proviene tanto de fuentes naturales como de fertilización artificial) queda fuera del alcance físico, químico y biológico de las raíces de los cultivos, dichos mecanismos son: lixiviación, erosión, volatilización, fijación, reacción química y desnitrificación (ADIFAL, 1988).

En general la lixiviación, la cual consiste en el lavado hacia estratos inferiores de los elementos nutricios presentes en el suelo por acción del agua, es una de las causas principales del alto porcentaje de nitrógeno que se pierde en el suelo; éste problema puede ser aun más crítico en climas húmedos, en zonas con riego excesivo o en suelos de textura arenosa.

Investigaciones en maíz hechas en Apocada, Nuevo León se encontró que el 15-20% del nitrógeno aplicado al cultivo se

pierde por lixiviación (ADIFAL, 1988).

De las formas iónicas del nitrógeno asimilable del suelo las más susceptibles de ser lixiviadas son los nitratos (NO_3^-), debido a que los iones amonio (NH_4^+) pueden ser absorbidos por los coloides del suelo y porque son rápidamente oxidados hacia la forma nítrica.

Una opción para evitar o disminuir las pérdidas de nitrógeno, de acuerdo con Rosolem y Machado (1988), es que todo el nitrógeno puede ser aplicado en la siembra, lo cual permite que el fertilizante tenga mayor eficiencia.

Por otra parte las aplicaciones tardías de nitrógeno (después de los 40 días de la siembra), cuando el primordio foliar se hace visible, tienen poco efecto en el rendimiento del grano.

En esta situación, la aplicación excesiva de nitrógeno como puede ser una doble o triple dosis, tiende a rendir una baja eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno por parte de la planta.

Otro de los factores que influyen en la eficiencia del nitrógeno, es sin duda el riego (Zweifel, et al.; 1987), es de vital importancia que al momento de aplicar los riegos, estos sean moderados, no deben aplicarse láminas de riego demasiado grandes, debido a que pueden causar pérdidas del fertilizante por medio de la lixiviación.

De acuerdo con investigaciones hechas por Kandasamay y Subramanian (1980), con 42 cm de lámina de riego total y 133 kg/ha de nitrógeno, son suficientes para obtener un buen rendimiento.

Cuando la cantidad de agua en el suelo excede su capacidad de retención, las pérdidas de nitrógeno son altas, es decir que cuando la humedad contenida en el suelo está por arriba de la capacidad de campo del terreno, los nitratos presentes son removidos hacia estratos inferiores (entre 120 y 200 cm de profundidad, ADIFAL 1988) o se pierden con el drenaje (Kandasamay y Subramanian, 1980).

Por otra parte existe un gran número de dosis de fertilización nitrogenada que se mencionan para el cultivo del sorgo, sin embargo, no es posible tomar una como modelo y poder afirmar que es la más adecuada para el cultivo a nivel general, es decir para cualquier suelo donde se cultive sorgo.

Para poder sugerir una dosis de fertilización en determinado suelo, es necesario hacer un análisis del suelo que se va a fertilizar; se debe tomar en cuenta la cantidad del elemento disponible en el suelo, principalmente nitrógeno, la textura del suelo, el pH y la cantidad de precipitación en la región, siempre y cuando no se cuente con riego; con estos parámetros y el cultivo a fertilizar es posible hacer una sugerencia sobre la dosis adecuada por aplicar (Rodríguez, 1987).

Así para los suelos con pH alcalino, se deben aplicar fer

tilizantes con efecto acidificante como el sulfato de amonio, y para los suelos con pH ácido los fertilizantes con efecto basidificante, por ejemplo; el nitrato de sodio, nitrato de calcio, etc.

En suelos arenosos aplicar fertilizantes granulados y en los suelos arcillosos de preferencia aplicar los fertilizantes fluidos (Arvizu, 1989).

2.3 Fertilización nitrogenada en sorgo bajo condiciones de temporal.

En la zona Norte de México el cultivo del sorgo de grano ha estado aumentando en superficie sembrada año tras año, siendo posible que éste crecimiento continúe en los años siguientes, dadas las condiciones de cultivo que se presentan en esta amplia región.

Sin duda su mayor potencial se encuentra definitivamente en las áreas de temporal porque es una planta con mayor tolerancia a la sequía que otros cultivos tradicionales (Primer Reunión Nacional Sobre Sorgo "Memorias", 1984).

Durante 1984 La Agenda de Información Estadística Agropecuaria y Forestal y la Dirección General de Estadísticas Agrícolas (DGEA), informaron que en México se sembraron 1,885,624 hectáreas de sorgo de grano, de las cuales se cosecharon sólo 1,622,606 hectáreas que representan el 86.05% del total, perdiéndose el 13.95% debido a plagas, enfermedades y sequía exce

siva; se obtuvo una producción de 4,974.035 toneladas con un rendimiento promedio de 3,065 toneladas por hectárea (ton/ha).

De las 1,622,606 hectáreas a siembras de temporal corresponden 1,117,580 hectáreas, lo que representa el 68.87%.

Como se puede observar la mayor parte de la superficie dedicada al cultivo, se encuentra en regiones temporaleras, por lo que se hace necesario implementar programas de fertilización en regiones de buen temporal (750 milímetros (mm) ó más de precipitación anual), como por ejemplo, Guanajuato, Jalisco, etc.

Al no aportar fertilizante a un suelo que se siembra año tras año este se agota gradualmente, ya que las fuentes naturales de nitrógeno no son suficientes para cubrir las necesidades de los cultivos.

Por cada 100 kilogramos (Kg) de grano de sorgo producidos estos extraen del suelo 3.34 kg de nitrógeno (Sonar, et al. 1983), es decir, que por cada tonelada de grano que se produce se necesitan 33.4 kg de nitrógeno; siendo el rendimiento nacional (1984) de 3,065 ton/ha, cada ciclo el cultivo del sorgo extrae 102.37 kg de nitrógeno por hectárea, por lo tanto es necesario aplicarlo artificialmente para evitar que el suelo se agote.

Al fertilizar suelos de temporal, para obtener la máxima eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados, se requiere tener conocimiento sobre cuatro aspectos fundamentales (Díaz, 1975):

- 1.- La cantidad de fertilizante por aplicar, la cual se conoce en base a un análisis de suelo y tipo de cultivo principalmente.
- 2.- La forma en que se debe aplicar, la cual se hace en banda generalmente, para los cultivos de hilera.
- 3.- La época más apropiada para aplicarlos la cual puede ser al momento de la siembra o en el primer cultivo, siempre y cuando exista suficiente humedad en el suelo.
- 4.- Que tipo de fertilizante es el más adecuado.

En áreas de temporal donde la precipitación es muy aleatoria, se corre el riesgo de aplicar todo el fertilizante en la siembra, pues de no llover a tiempo se causan daños por salinidad al cultivo.

Es preferible entonces aplicar la mitad del nitrógeno en la siembra y el complemento se aplica en banda superficial inmediatamente antes de dar el primer o segundo cultivo, sólo si las condiciones de humedad son aceptables (Díaz, 1975).

Es de vital importancia colocar el fertilizante a una buena profundidad, ya que generalmente en zonas de temporal la temperatura es alta, lo que facilita que el nitrógeno aplicado como fertilizante amoniacal o urea se pierda fácilmente por volatilización (Meléndez, et al.;1985) cuando es aplicado muy superficiealmente.

Las pérdidas por volatilización del amoniaco, se llevan a cabo preferentemente en suelos salinos, bajo condiciones áci-

das las pérdidas prácticamente se nulifican ya que los ácidos absorben fácilmente el amoníaco formando sales de amonio.

Por otro lado en condiciones alcalinas el ión amonio (NH_4^+) es muy inestable y propenso a descomponerse en amoníaco gaseoso.

Las sales de amonio en un medio acuoso alcalino, reaccionan de la siguiente manera (ADIFAL, 1988):



El gas amoníaco así formado escapa fácilmente a la atmósfera pasando a través de espacios porosos del suelo.

Normalmente las pérdidas de amoníaco resultantes de la volatilización superficial pueden prevenirse mediante la colocación de los fertilizantes nitrogenados a varios centímetros bajo la superficie del suelo.

Experimentalmente se ha encontrado que si bien las pérdidas se reducen al mínimo al colocar urea a una profundidad de 2.5 cm o más, cuando se aplica sulfato de amonio las pérdidas aun son altas, no obstante el haberlo colocado a 7.5 cm de profundidad (ADIFAL, 1988).

Analizando lo mencionado anteriormente existe una notable disminución de las pérdidas por volatilización en dos sentidos: disminuir la cantidad de humedad en el suelo y aumentar la profundidad de la colocación de la urea en el suelo.

Al disminuir la cantidad de humedad en el suelo, se está disminuyendo también el medio necesario para que se efectue la hidrólisis de la urea, y por consiguiente, la cantidad de amoníaco producido y factible de perderse.

Lo contrario ocurre cuando existe demasiada agua en el suelo, pues además de la facilidad para que la hidrólisis se realice en estas condiciones, existe la posibilidad de evaporación de la humedad junto con la urea y el amoníaco disueltos en ellas cuando incide otra variable sobre las condiciones del suelo; la temperatura.

En síntesis, las condiciones que disminuyen las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco son: disminución del contenido de humedad, la aplicación del fertilizante a varios centímetros por debajo de la superficie y, la disminución de la temperatura (ADIFAL, 1988).

Existen otras alternativas para mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados como son; para las condiciones de precipitación abundante y suelos arenosos, el uso de fertilizantes nitrogenados de baja solubilidad (urea recubierta con azufre, urea-forma, etc.) y para las condiciones de temporal, el uso de fertilizantes en forma fluida (acuamonía, por ejemplo) (Meléndez, et al. 1985).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento.

La parte experimental se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 1988, iniciándose el día primero de Marzo y terminando el día 15 de Julio de 1988; en la Estación Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL., localizada en la carretera Zuazua-Marín Kilómetro 17.5, cuyas coordenadas geográficas son 25° 53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una elevación de 375 msnm (Estación Climatológica Marín, 1988).

3.2 Condiciones climáticas de la región.

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen, modificada por García (1973) para la República Mexicana, el clima regional es de tipo semiárido BS₁ (h'h)(x')(e'), donde:

BS₁: Clima seco o árido con un régimen de lluvias en verano, siendo el más seco de los BS.

h'h: Temperatura anual sobre 22° y menor de 18° en el mes más frío.

x' : El régimen de lluvias se presenta como intermedio entre verano e invierno, con un porcentaje de lluvia invernal mayor al 18%.

e' : Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayores de 18°C.

Las temperaturas medias anuales son de 22°C y las infe-

riores a los 18°C, se presentan en los meses de Diciembre y Enero (-5 a -7°C), en pocas ocasiones se puede observar una oscilación hasta de 14°C entre el día y la noche, las temperaturas más elevadas se presentan en los meses de Julio y Agosto siendo superiores a los 28°C (llegando a una máxima de 45°C).

La precipitación pluvial media anual es de 500 mm, con una mínima de 200 mm y una máxima de 600 mm, de la cual la mayoría se distribuye en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, el resto ocurre en forma eventual y muy aleatoriamente durante el resto del año (Guadarrama, 1989 y Reyes, 1989).

Las heladas generalmente se presentan en los meses de Noviembre a Marzo, siendo un promedio de 3 a 4, registrándose las más severas en el mes de Enero. En el Cuadro 1 se presentan las condiciones ambientales existentes durante el desarrollo de los experimentos.

3.3 Condiciones edáficas de la región.

El suelo predominante en la región, según la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1977) es el Feozem Calcáreo; la Dirección de Estudio del Territorio Nacional (DETENAL, 1978) menciona que es de textura arcillosa, de un color café muy claro, con un pH promedio de 7.5 y extremadamente pobre en nitrógeno y pobre o moderadamente pobre en materia orgánica.

Cuadro 1. Condiciones ambientales existentes durante el desarrollo de los experimentos (1988). 1/

Mes	Temperatura media (°C)			Humedad relativa (%) $\bar{X}$ diaria	Precipitación pluvial total (mm)	Evaporación total (mm)
	Máxima	Mínima	Mensual			
Marzo	28	10	19	50	0	202.00
Abril	31	15	23	64	22.7	205.71
Mayo	36	19	28	62	30.5	207.71
Junio	35	19	27	63	48.9	214.20
Julio	36	23	29.5	66	66.0	197.90

1/ Datos obtenidos de la Estación Climatológica Marín, de la Facultad de Agronomía de la U A N L.

3.4 Materiales.

Se utilizaron variedades de sorgo de doble propósito (grano y forraje) de origen tropical: SPV-475 (V₁) y SPV-351 (V₂), proporcionadas por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la UANL.

Implementos agrícolas: Tractor, arado de discos, rastra, niveladora, sembradora de granos finos adaptada para la siembra de experimentos, cultivadora y bordeadora.

Fertilizante: Urea (46% de nitrógeno)

Implementos para riego; Palas, azadones, y sifones.

Mochila aspersora.

Agroquímicos: Metasystox R-25, Decis 2.5 CE, Diazinón 25 CE y Sevín 80 PH.

Bolsas de polietileno y de papel, hilo de ixtle, estacas y cal.

Por último se emplearon todos los reactivos necesarios para hacer análisis de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio y de micronutrientes como manganeso, cobre y zinc; en muestras de grano y forraje de cada parcela útil, tanto en el experimento de riego como en el de temporal.

3.5 Métodos.

El trabajo consistió en realizar dos experimentos por se-

parado, uno bajo condiciones de riego y el otro en temporal.

3.5.1 Experimento I (Riego).

Diseño estadístico: bloques al azar con arreglo de parcelas divididas.

Modelo: $Y_{ijk} = M + B_k + V_i + E(a)_{ij} + N_j + VN_{ij} + E(b)_{ijk}$.

Número de repeticiones = 4

Variedades empleadas = Variedad 1 (V_1) = SPV-475

Variedad 2 (V_2) = SPV-351

Niveles de nitrógeno = 0,80 y 120 kg/ha.

Tratamientos	= 1	V_1N_0	4	V_2N_0
	2	V_1N_{80}	5	V_2N_{80}
	3	V_1N_{120}	6	V_2N_{120}

Parcela grande (bloque incompleto) = Variedad

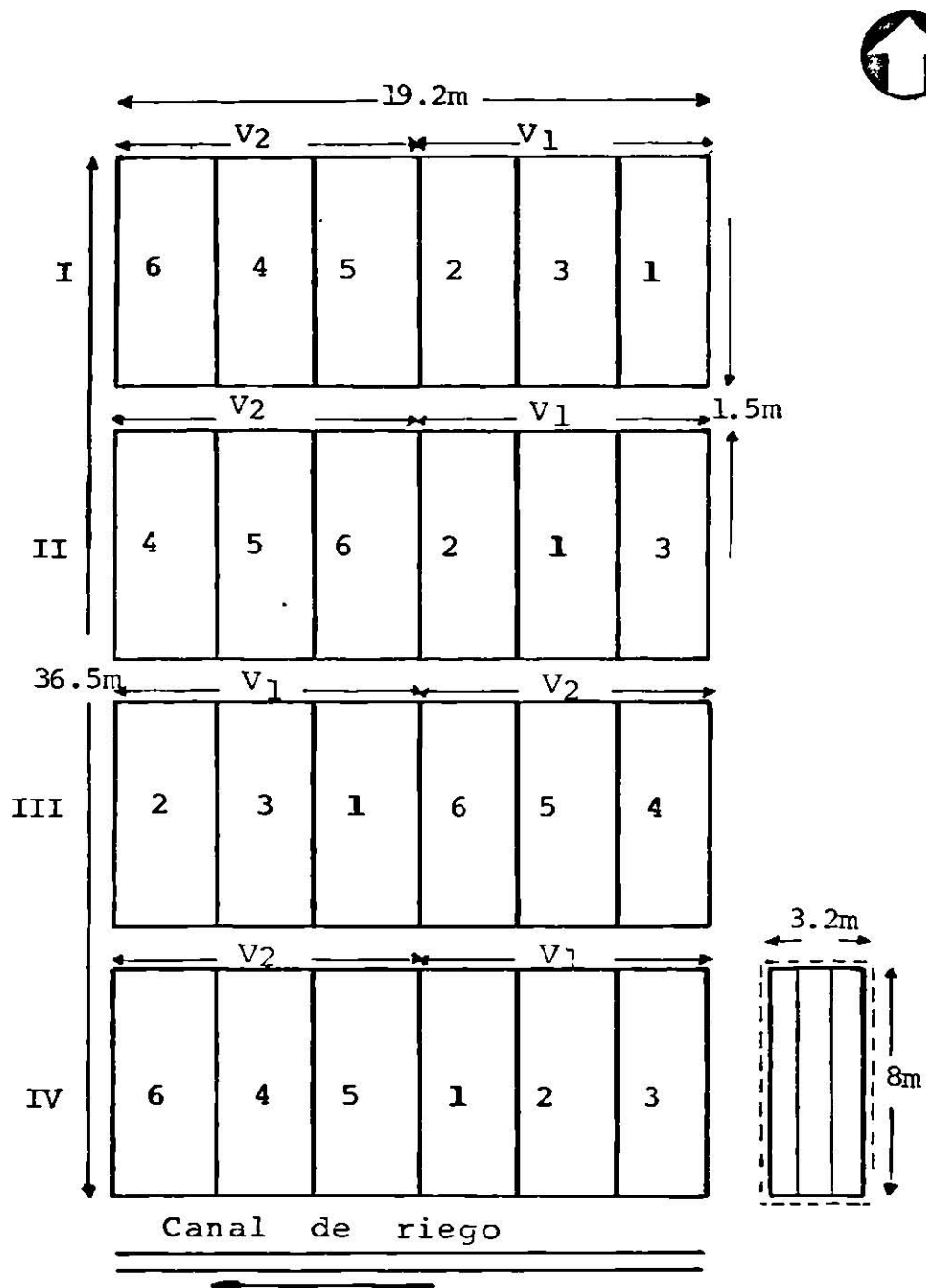
Parcela chica (subparcela) = Nivel de nitrógeno

Un desglose completo de los tratamientos se presenta en el Cuadro 2, página 26.

La unidad experimental fue de 4 surcos con una longitud de 8 m y 0.8 m de separación, lo que da un área total de 25.6 m², cada repetición está formada por 6 unidades experimentales (subparcelas) y a la vez está formada por dos parcelas grandes (variedades) o bloques incompletos.

Como parcela útil se consideraron los 2 surcos centrales de la unidad experimental, a los cuales se les eliminó 1 m de

Figura 1. Croquis del experimento de riego (I).



Diseño estadístico: Bloques al azar con arreglo de parcelas divididas.

Area ocupada: 700.8m²

Escala: 1:266

cada cabecera obteniendo una parcela útil de 9.6 m^2 . El área, total ocupada por el experimento de riego fue de 700.8 m^2 ; en la Figura 1 se presenta el croquis del experimento de riego.

La distancia aproximada entre plantas fue de 0.08 m , lo que proporciona una densidad de población alrededor de 156,250 plantas por hectárea. La siembra se realizó aplicando un gramo de semilla por metro lineal (0.8 m^2), lo que da una densidad de siembra de 12.5 kilogramos por hectárea (kg/ha).

3.5.2. Experimento II (Temporal).

En esta parte el diseño estadístico empleado fue un bloque al azar.

Modelo: $Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$

Variedades utilizadas = SPV-475 (V_1) y SPV-351 (V_2)

Número de repeticiones = 5

Niveles de nitrógeno = 0 y 80 kg/ha.

Tratamientos	= 1 V_1N_0	3 V_2N_0
	2 V_1N_{80}	4 V_2N_{80}

Se presenta un desglose más completo de los tratamientos en el Cuadro 3, página 26.

No se consideró usar niveles de nitrógeno mayores de 100 kg/ha, debido a que no son convenientes en regiones de mal temporal, donde no se tiene la seguridad de humedad suficiente al momento oportuno para aplicar el fertilizante.

Cuadro 2. Tratamientos, variedades y niveles de nitrógeno empleados en el experimento de riego.

Tratamiento	Variedades <u>2/</u>	Niveles de Nitrógeno (Kg/Ha.)
1	V ₁	0
2	V ₁	80
3	V ₁	120
4	V ₂	0
5	V ₂	80
6	V ₂	120

2/ V₁ = SPV - 475

V₂ = SPV - 351

Cuadro 3. Tratamientos, variedades y niveles de nitrógeno empleados en el experimento de temporal.

Tratamiento	Variedades <u>2/</u>	Niveles de Nitrógeno (Kg/Ha.)
1	V ₁	0
2	V ₁	80
3	V ₂	0
4	V ₂	80

2/ V₁ = SPV - 475

V₂ = SPV - 351

La unidad experimental constó de cuatro surcos de 8 m de longitud por 0.8 m de separación entre ellos, lo que da un área total de 25.6 m² por unidad experimental (subparcela). La parcela útil se obtuvo eliminando los surcos de los extremos y a los dos centrales se les eliminó 1 m de cada cabecera, lo que proporcionó una parcela útil de 9.6 m². El área total ocupada por el experimento de temporal fue de 563.2 m²; en la Figura 2 se presenta el croquis del experimento de temporal.

La distancia aproximada entre plantas fue de 0.08 m, lo que proporciona una densidad de población de 156,250 plantas por hectárea (pl/ha); se utilizó un gramo de semilla por metro lineal (0.8 m²), lo cual equivale a una densidad de siembra de 12.5 kg/ha.

3.5.3. Variables que se consideraron en los experimentos de riego y temporal.

A continuación se explica el procedimiento que se siguió para evaluarlas.

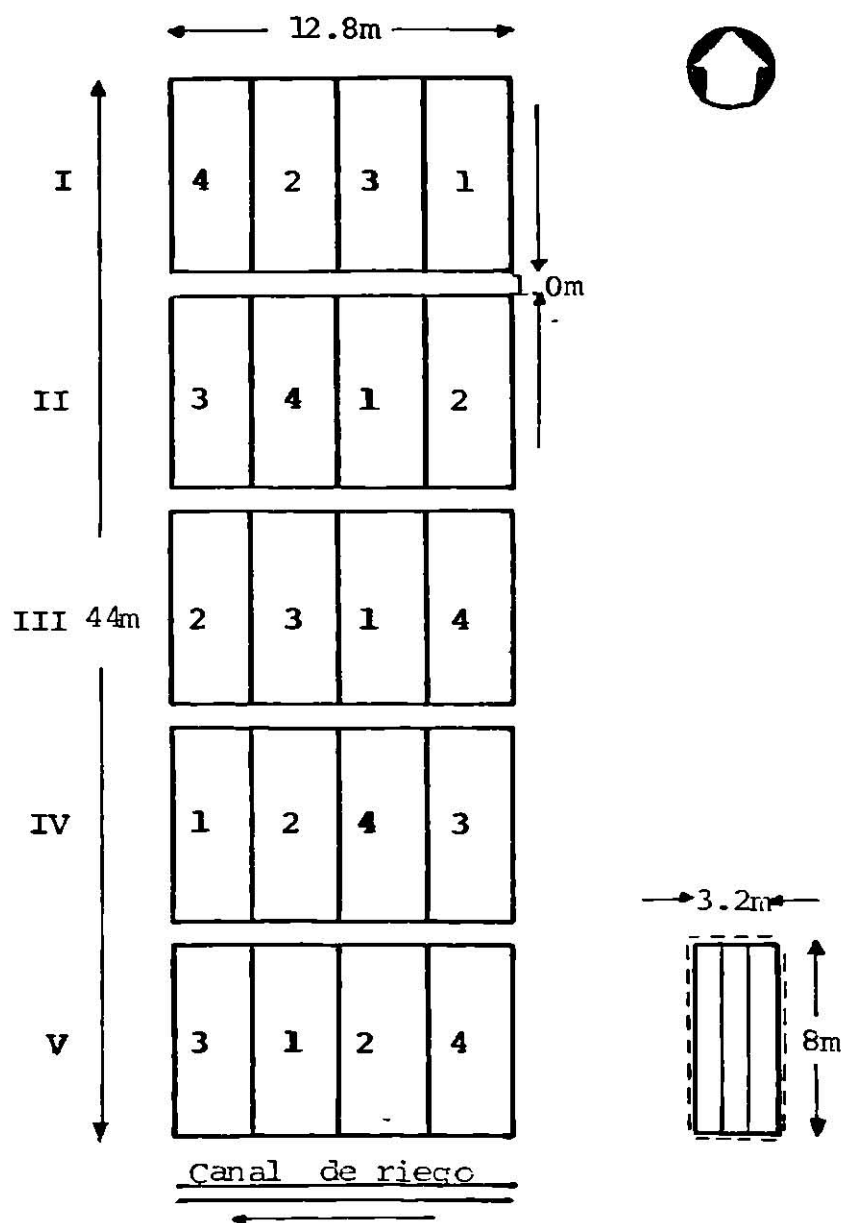
3.5.3.1 Rendimiento de grano .

Se cosecharon las panojas pertenecientes a la parcela útil, se trillaron, posteriormente se determinó su contenido de humedad para corregir el rendimiento a un 12% de humedad del grano.

3.5.3.2 Rendimiento de forraje fresco

Se cortó el forraje después de que se cosechó el grano de

Figura 2. Croquis del experimento de temporal (II)



Diseño estadístico: Bloques al azar.

Area ccupada: 563.2m²

Escala: 1:330.5

la parcela útil, se determina su peso en el campo, el cual es equivalente a el peso del forraje fresco.

3.5.3.3 Rendimiento de forraje seco (materia seca)

Se eligen 5 plantas con competencia completa dentro de la parcela útil (después de la cosecha de las panojas y antes de cortar el forraje fresco), se cortan y se ponen a secar hasta que se encuentren a peso constante; con el número de plantas por parcela útil y el peso de las 5 plantas se determina el rendimiento de materia seca, mediante una regla de tres simple.

3.5.3.4 Días a floración

Se toman en cuenta los días a partir de la fecha de siembra (en caso de que se siembre en seco, se inicia el conteo a partir de la fecha del riego de siembra) hasta que la parcela presente un 50% de antesis.

3.5.3.5 Días a madurez fisiológica

Se toman en cuenta los días a partir de la fecha de siembra hasta que en la base del grano aparece un punto negro.

3.5.3.6 Días a cosecha

Se toman en cuenta los días a partir de la fecha de siembra hasta que el grano tenga un contenido de humedad del 13-14%, ésto sucede cuando los granos de sorgo se desprenden con faci-

lidad de la panoja.

3.5.3.7 Altura final

Se miden 10 plantas de cada parcela útil cuando la planta ha dejado de crecer, se saca un promedio de cada unidad experimental y al final un promedio general de todas las unidades experimentales, que resulta ser el promedio de la variedad la cual formaba la unidad experimental. La altura se toma desde la base del suelo hasta el ápice de la panoja.

3.5.3.8 Longitud de la panoja

Se muestrean 10 plantas de cada unidad experimental, se saca un promedio de cada unidad, posteriormente un promedio general de las mismas, la cual es el promedio de la variedad la cual formaba la unidad. La longitud se toma desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma.

3.5.3.9 Número de plantas por parcela útil

En esta variable se realiza un censo de todas las plantas que se encuentran dentro de la parcela útil, es necesario contarlas una tras otra.

3.5.3.10 Análisis de minerales

Se tomaron muestras individuales de forraje y grano de cada parcela útil (en ambos experimentos), cada muestra de forra

je está formada por 5 plantas con competencia completa elegidas al azar, posteriormente se ponen a secar hasta peso constante, mediante un molino para forraje se muelen, se homogeniza la muestra y se toman 2 gramos para analizar P, K, Mg, Mn, Cu y Zn; para analizar nitrógeno únicamente se utilizó un gramo de la muestra.

Las muestras de grano constan de 150 gramos, las cuales se tomaron cuando el contenido de humedad del grano fué del 13-14%, se muelen mediante un molino para grano, se homogeniza la muestra y se toman 2 gramos para analizar P, K, Mg, Mn, Cu y Zn, para determinar nitrógeno sólo se utilizó un gramo de muestra.

En el Cuadro 4 se presentan los métodos empleados para realizar los análisis de los nutrimentos.

3.5.4 Análisis estadístico.

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante microcomputadora en su mayoría, aunque algunos fueron realizados mediante calculadora.

Para las variables que resultaron significativas en el análisis de varianza, se realizó una prueba de comparación de medias empleando el método de Tukey con una significancia de 0.05 y 0.01, utilizando la siguiente notación para la significancia:

Cuadro 4. Metodología empleada en el análisis foliar de muestras de grano y forraje.

Determinación	Método	Referencia
N	Kjeldahl	<u>1/</u>
P	Amarillo de Vanadato-molibdato de amonio	<u>2/</u>
K	Digestión seca -absorción atómica	<u>2/</u>
Mg	" " " "	<u>2/</u>
Mn	" " " "	<u>2/</u>
Cu	" " " "	<u>2/</u>
Zn	" " " "	<u>2/</u>

1/ Rodríguez, F.H. et al. 1989. Una modificación a la determinación de nitrógeno total por el método de - - Kjeldahl, Facultad de Agronomía, UANL (En proceso de publicarse).

2/ Díaz, R. y A. Hunter. 1978. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejidos vegetales e investigaciones en invernadero, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 62 pp.

- * = Diferencia significativa al 5% ($0.01 < P \leq 0.05$)
- ** = Diferencia altamente significativa al 1% ($P \leq 0.01$)
- NS = Diferencia no significativa ($0.05 < P$)

Se realizó un análisis de covarianza en el experimento de riego entre el número de plantas por parcela útil y rendimiento de grano por parcela útil, mientras que en el experimento de temporal se realizó entre rendimiento de grano por parcela útil y número de plantas por parcela útil; y entre rendimiento de forraje fresco y número de plantas por parcela útil.

3.6 Desarrollo del experimento

3.6.1 Preparación del terreno.

Se realizó 30 días antes de la siembra mediante un paso de arado de discos a una profundidad aproximada de 0.25 m, posteriormente se dieron dos pasos de rastra y finalmente se niveló el terreno.

3.6.2 Siembra.

Se llevó a cabo el día primero de Marzo de 1988, se usó una sembradora de granos finos adaptada para sembrar experimentos, la siembra se realizó en seco aplicando posteriormente un riego, se utilizó una densidad de siembra de 12.5 kg/ha de semilla aplicando un gramo de semilla por metro lineal.

3.6.3. Fertilización

Se utilizó como fuente urea (46% nitrógeno) se llevó a cabo el día 4 de Marzo de 1988; en el experimento de riego se aplicó el 25% del total de cada nivel de nitrógeno en la siembra, el restante 75% se aplicó el día 29 de Abril de 1988; por otra parte en el experimento de temporal se aplicó todo el fertilizante el día 12 de Mayo de 1988 después de una lluvia que ocurrió el día anterior.

Los niveles de nitrógeno empleados en los experimentos de riego y temporal se presentan en los Cuadros 2 y 3 respectivamente. Cabe aclarar que en la emergencia de las plántulas de sorgo hubo problemas con la costra, por lo cual ésta (emergencia) falló un 20%, lo anterior se concluyó después de hacer una inspección visual de todas las parcelas, por lo que fue necesario volver a sembrar las fallas y así tener plantas suficientes con competencia completa dentro de la parcela útil.

3.6.4 Aclareo

Después de que emergieron todas las plantas cuando tenían una altura de 15-20 cm se realizó un aclareo en ambos experimentos, llevándose a cabo los días 20-26 de Abril de 1988, dejando una planta cada 8 cm de longitud, lo cual proporciona una densidad de población de 156,250 plantas por hectárea en ambos experimentos.

3.6.5 Control de malezas

La infestación de malas hierbas no fué muy fuerte por lo cual no fué necesario un control químico, las malezas que más se presentaron en orden de importancia fueron: (Amaranthus spp), Girasol (Helianthus annus) y Zacate Johnson (Sorghum halepense), las cuales fueron controladas manualmente.

3.6.6 Control de plagas

Se presentaron infestaciones de pulgón del cogollo (Rhopalosiphum maidis (Fitch) y de trips (Trips tabaci (L.) a los 40 días de edad del cultivo, posteriormente al inicio y durante la floración se presentaron infestaciones de mosquita midge (Contarinia sorghicola (Coquillet) (CIAT,1976) y al final al secarse la panoja se presentaron ataques de pájaros, los cuales fueron controlados oportunamente.

En el Cuadro 5, página 37 se presentan las fechas de aplicación de insecticidas, plagas presentes y dosis de insecticidas considerando ambos experimentos.

3.6.7 Riegos

Debido a que la siembra se realizó en seco en ambos experimentos fue necesario aplicar un riego a la parte de temporal para que nacieran las plantas, por su parte al experimento de riego se le aplicaron un total de 4 riegos, cada uno de ellos fue aplicado de acuerdo a las necesidades del cultivo.

En el Cuadro 6 se presentan las fechas de aplicación de cada riego.

3.6.8 Cosecha

Para el experimento de riego fué el día 7 de Julio de 1988 y en el experimento de temporal se efectuó el día 11 de Julio del mismo año. El criterio utilizado para iniciar la cosecha fue en base al contenido de humedad del grano, que debe ser de 13-14% , ésto sucede cuando los granos de la panoja estan totalmente secos y se desprenden fácilmente al rozarlos unos con otros, ésto ocurrió aproximadamente 15 días después de la madurez fisiológica del grano.

El corte de forraje se realizó el día 15 de Julio de 1988 en ambos experimentos.

Cuadro 5. Fechas de aplicación de insecticidas, plagas presentes y dosis de insecticidas, considerando ambos experimentos.

Fecha de aplicación	Plaga	Insecticida	Dosis cc/litro de agua
Abril 14/1988	Pulgón del cogollo <u>1/</u>	Metasystox R-25	3.75
Abril 14/1988	Trips <u>2/</u>	Metasystox R-25	3.75
Mayo 20/1988	Mosca midge <u>3/</u>	Decis 2.5 CE	1.33
Mayo 24/1988	" "	Diazinón 25 CE	3.33
Mayo 26/1988	" "	" " "	5.0
Mayo 31/1988	" "	" " "	3.0
Junio 3/1988	" "	Sevin 80 PH	5.0g
Junio 7/1988	" "	Diazinón 25 CE	7.5g

1/ Rhopalosiphum maidis (Fitch)

2/ Trips tabaci (L)

3/ Contarinia sorghicola (Coquillett)

Cuadro 6. Fechas de aplicación de riegos

Fecha	Período de aplicación
Marzo 4 de 1988	Siembra
Marzo 30 de 1988	Resiembra
Abril 29 de 1988	Cultivo (2a.Fertilización)
Mayo 27 de 1988	Floración

IV. RESULTADOS

Para las variables rendimiento de grano, forraje fresco, forraje seco (materia seca), para la absorción de macro y micronutrientes de cada unidad experimental y número de plantas por parcela útil se realizaron análisis de varianza, cuyos resultados se presentan en el Apéndice.

Los rendimientos obtenidos de grano y forraje en ambos experimentos, así como el contenido de N, P, K, Mg, Mn, Cu y Zn de cada tratamiento aparecen en el Apéndice.

4.1 Rendimiento de grano

4.1.1 Experimento de riego

Existe diferencia altamente significativa entre variedades más no entre niveles de nitrógeno, tampoco hay efecto de interacción variedad-nitrógeno, no es necesario hacer una prueba de comparación de medias entre variedades puesto que sólo son 2 medias, por lo tanto se elige la mejor, resultando la variedad SPV-475 con la mejor media en rendimiento de grano con 4.190 ton/ha (Cuadro 22 del Apéndice) la cual se manejó en el tratamiento 2 que presentó el rendimiento más alto con 4.399 ton/ha; por su parte la variedad SPV-351 presentó un rendimiento promedio de 3.315 ton/ha.

Se realizó un análisis de covarianza (Cuadro 34 del Apéndice) para eliminar el efecto del número de plantas por parcela útil, confirmando esto que la diferencia en rendimiento de

grano se debe únicamente a variedades.

4.1.2 Experimento de temporal

Existe diferencia significativa entre tratamientos al realizar una prueba de comparación de medias (Cuadro 7), se encontró que las medias de los tratamientos 1, 2 y 3 no difieren estadísticamente, presentando el tratamiento 1 la mejor media con 1.486 ton/ha., formado por la variedad SPV-475 y 0 kg/ha de nitrógeno; por lo tanto no existe efecto de fertilización únicamente de variedad.

Se realizó también una prueba de covarianza (Cuadro 35 del Apéndice) con el número de plantas por parcela útil y el rendimiento de grano, encontrándose que no hubo influencia de covariable (número de plantas) en el rendimiento de grano.

4.2 Rendimiento de forraje fresco

4.2.1 Experimento de riego

Se presentaron diferencias no significativas entre variedades y niveles de nitrógeno, resultando la variedad SPV-351 con un mejor promedio en producción de forraje fresco con 12.026 ton/ha (Cuadro 23 Apéndice).

4.2.2 Experimento de temporal

Se encontró diferencia significativa entre tratamientos, se realizó una prueba de comparación de medias (Cuadro 8) en-

Cuadro 7. Resultados de la comparación de medias para rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.

Tratamiento	Media (Ton/Ha)	$\alpha=0.05$
1 (V ₁ No)	1.486	a <u>1/</u>
2 (V ₁ N80)	1.293	a
3 (V ₂ No)	0.877	a
4 (V ₂ N80)	0.810	b

Cuadro 8. Resultados de la comparación de medias para rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.

Tratamiento	Media (Ton/Ha)	$\alpha=0.05$
4 (V ₂ N80)	10.228	a <u>1/</u>
3 (V ₂ No)	9.249	a
2 (V ₁ N80)	7.238	a
1 (V ₁ No)	6.926	a

1/ Letras iguales significa igualdad estadística entre las medias por el método de Tukey.

contrando que no difieren estadísticaemnte, siendo el tratamiento 4 el que presentó la mejor media con 10.228 ton/ha (Cuadro 25 Apéndice).

4.3 Rendimiento de forraje seco (materia seca)

4.3.1 Experimento de riego

No existe diferencia significativa entre variedades, niveles de nitrógeno y tampoco efecto de interacción variedad-nitrógeno, sin embargo la variedad SPV-351 presentó el promedio más alto en producción de materia seca con 3.842 ton/ha (Cuadro 26 Apéndice) y el tratamiento 1 la mejor media con 4.238 ton/ha.

4.3.2 Experimento de temporal

No existe diferencia entre tratamientos resultando la variedad SPV-351 con el promedio más alto en producción de materia seca con 3.186 ton/ha (Cuadro 27 Apéndice) y a su vez el tratamiento 4 con la mejor media de 3.234 ton/ha.

4.4 Días a floración

Para la variedad SPV-475 fué de 75 días y para la variedad SPV-351 de 78 días.

4.5 Días a madurez fisiológica

La variedad SPV-475 llegó en 114 días a la madurez fisiológica, mientras que la SPV-351 lo hizo en 118 días.

4.6 Días a cosecha

La variedad SPV-475 se cosechó a los 126 días y la SPV-351 en 129 días.

4.7 Altura final

La variedad SPV-351 resultó ser la más alta con 137.41 cm ya que la SPV-475 presentó una altura promedio de 117.9 cm.

4.8 Longitud de la panoja

No existió diferencia en este factor la SPV-475 presentó un promedio de 22.49 cm y la SPV-351 23.44 cm. En el Cuadro 41 Apéndice se presentan estas y otras características de las variedades empleadas en ambos experimentos.

4.9 Número de plantas por parcela útil

El experimento de riego fue el que resultó con una población más alta, el promedio fue de 121 plantas por parcela útil (Cuadros 42 y 43 Apéndice), de las cuales se cosecharon un promedio de 103 plantas, que representan el 86% del total de la parcela útil, el resto no se cosechó debido a que no alcanzaron a formar panoja.

El experimento de temporal presentó una población más baja con un promedio de 112 plantas por parcela útil (Cuadros 44 y 45 Apéndice), de las cuales se cosecharon en promedio 50 plantas que representan el 45% de la población total de la parcela útil.

4.10 Contenido de macro y micronutrientes

4.10.1 Experimento de riego

4.10.1.1 Grano.

Después de realizar los análisis de contenido de macro y micronutrientes en grano de sorgo bajo condiciones de riego (Cuadro 37 del Apéndice), se observa que presentó un contenido normal de nitrógeno (2.449%) debido a que la literatura reporta como contenido mínimo 1.968% (Primo y Carrasco, 1980). En referencia a los demás nutrientes, presentó una mayor concentración de P y Zn que el forraje y un menor contenido de K y Mn.

4.10.1.2 Forraje.

Por su parte el forraje presentó una fuerte deficiencia de nitrógeno (0.509%) (Cuadro 38 Apéndice), debido a que la literatura reporta como contenido normal de nitrógeno un 3-4 % (Lockman, 1972), deficiencia de fósforo (0.019%), ya que lo normal es de 0.15 - 0.25% de fósforo (Lockman, 1972), deficiencia de zinc (5.046 ppm), debido a que lo normal se considera de

7 - 16 ppm.

Presentó también un alto contenido de potasio (2.42%), lo normal fluctúa entre 1.0 - 1.5% y un contenido normal de Mg, Mn y Cu.

4.10.2 Experimento de temporal

4.10.2.1 Grano

Se encontró con contenido normal de nitrógeno (2.383%) al igual que en condiciones de riego, respecto al contenido mínimo que menciona la literatura de 1.968%, presentando mayor contenido de P y Zn que el forraje y una menor concentración de K y Mn (Cuadro 39 Apéndice).

4.10.2.2 Forraje.

Es notable también su deficiencia en nitrógeno (0.576%) (Cuadro 40 Apéndice), debido a que lo normal se considera de 3-4%, presentó también deficiencia de fósforo (0.025%) y zinc (4.516 ppm) al igual que el forraje del experimento de riego.

Presentó también alto contenido de potasio (2.018%) y un contenido normal de magnesio (0.146%), lo normal es de 0.1 - 0.5 (Lockman, 1972), contenido normal de manganeso (22.241 ppm) lo normal fluctúa entre 8-40 ppm y cobre (2.689 ppm), lo normal es de 1-3 ppm de cobre.

El contenido de macro y micronutrientes se utilizó como base para calcular el total absorbido de los mismos por cada

nivel de nitrógeno, el cual se presenta en los cuadros 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.

4.11 Absorción de macro y micronutrientes

4.11.1 Experimento de riego.

4.11.1.1 Grano.

Al realizar los análisis de varianza para la absorción de macro y micronutrientes en grano de sorgo bajo condiciones de riego, se presentaron diferencias en la absorción de P, K, Mg y Zn (Cuadro 30 Apéndice) en cambio para N, Mn y Cu no existe significancia en su absorción.

En la absorción de fósforo se presentaron diferencias significativas entre variedades y niveles de nitrógeno, resultando la variedad SPV-475 con el promedio (entre niveles de nitrógeno) más alto en la absorción de fósforo con 4.025 kg/ha; en los niveles se realizó una prueba de comparación de medias (Cuadro 9) donde se encontró que éstas no difieren estadísticamente, siendo el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno el que absorbió más fósforo (4.68 kg/ha).

En la absorción de potasio existe diferencia altamente significativa entre variedades, resultando la variedad SPV-475 la que absorbió más potasio con un promedio (entre niveles) de 14.004 kg/ha (Cuadro 17).

Se presentó también una diferencia altamente significativa entre variedades en la absorción de magnesio y significativa entre niveles de nitrógeno; resultando la variedad SPV-475 la que absorbió más magnesio con un promedio entre niveles de 5.44 kg/ha (Cuadro 18).

En los niveles de nitrógeno se realizó una prueba de comparación de medias (Cuadro 10), encontrándose que las medias no difieren estadísticamente, sin embargo el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno presentó la media más alta en absorción de magnesio con 5.77 kg/ha.

Por último en la absorción de zinc únicamente se presentó diferencia significativa entre niveles de nitrógeno, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias (Cuadro 11), encontrándose que las medias no difieren estadísticamente, presentando el nivel de 80 Kg/ha de nitrógeno el promedio más alto en la absorción de zinc con 53.91 g/ha.

4.11.1.2 Forraje.

No existe diferencia en la absorción de N, P, K, Mg, Mn y Cu únicamente en zinc se presentó diferencia entre niveles de nitrógeno, al realizar una prueba de comparación de medias (Cuadro 12) resulta que éstas no difieren estadísticamente, sin embargo el nivel de 120 kg/ha de nitrógeno presentó la media más alta en absorción de zinc con 23.47 g/ha.

4.11.2 Experimento de temporal

4.11.2.1 Grano.

En el grano de sorgo bajo condiciones de temporal no se presentaron diferencias en la absorción de P, K, Mg, Mn, Cu y Zn (Cuadro 32 Apéndice), únicamente en la absorción de nitrógeno no existe diferencia entre tratamientos, al realizar una prueba de comparación de medias (Cuadro 13) se encontró que éstas no difieren estadísticamente, presentando el tratamiento 1 la media más alta en absorción de nitrógeno con 33.84 kg/ha, el cual presentó el mayor rendimiento de grano del experimento de temporal, sin que se le aplicara nitrógeno.

4.11.2.2 Forraje.

No se presentó diferencia significativa en la absorción de N, K, Mg, Mn, Cu y Zn (Cuadro 33 Apéndice), únicamente en el caso de la absorción de fósforo si existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo cual se realizó una prueba de comparación de medias (Cuadro 14), resultando que las medias de los tratamientos 4, 1 y 3 son estadísticamente iguales, solamente la media del tratamiento 2 difiere de las anteriores, de las medias iguales entre sí estadísticamente la que presentó la mayor absorción de fósforo resultó ser el tratamiento 4 con 0.91 kg/ha.

Cuadro 9. Resultados de la comparación de medias para la absorción de fósforo en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.

Nivel (N)	Media (Kg/Ha)	$\alpha = 0.05$
80	4.68	a <u>1/</u>
120	3.72	a
0	3.04	a

Cuadro 10. Resultados de la comparación de medias para la absorción de magnesio en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.

Nivel (N)	Media (Kg/Ha)	$\alpha = 0.05$
80	5.77	a <u>1/</u>
120	4.80	a
0	4.42	a

1/ Letras iguales significa igualdad estadística entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 11. Resultados de la comparación de medias para la absorción de zinc en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.

Nivel (N)	Media (g/ha)	$\alpha = 0.05$
80	53.91	a <u>1/</u>
120	46.03	a
0	38.18	a

Cuadro 12. Resultados de la comparación de medias para la absorción de zinc en forraje de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988.

Nivel (N)	Media (g/ha)	$\alpha = 0.05$
120	23.47	a <u>1/</u>
80	21.52	a
0	13.14	a

1/ Letras iguales significa igualdad estadística entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 13. Resultados de la comparación de medias para la absorción de nitrógeno en grano de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	$\alpha = 0.05$
1 (V ₁ No)	33.84	a <u>1/</u>
2 (V ₁ N80)	29.30	a
3 (V ₂ No)	20.71	a
4 (V ₂ N80)	19.75	a

Cuadro 14. Resultados de la comparación de medias para la absorción de fósforo en forraje de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	$\alpha = 0.05$
4 (V ₂ N80)	0.91	a <u>1/</u>
1 (V ₁ No)	0.80	a
3 (V ₂ No)	0.69	a
2 (V ₁ N80)	0.49	b

1/ Letras iguales significa igualdad estadística entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 15. Absorción total de nitrógeno de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

Variedad SPV-475 (V ₁)				Variedad SPV-351 (V ₂)							
Nitrógeno Aplicado Kg/ha	Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/				
	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Σ	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Σ	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %			
0	17.17 17	82.52 83	99.69	16.01 32	33.84 68	49.85	22.95 23	77.31 77	100.26 20.10 49	20.71 51	40.81
					(a) 3/				(a)		
80	17.91 16	95.87 84	113.78	16.88 37	29.30 63	46.18	24.86 20	98.44 80	123.30 13.77 41	19.75 59	33.52
					(a)				(a)		
120	17.89 15	101.81 85	119.70				15.51 15	89.73 85	105.24		

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones

3/ Letras iguales significa igualdad estadística al 5% de probabilidad entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 16. Absorción total de fósforo de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

Nitrógeno Aplicado Kg/ha.	Variedad SPV-475 (V1)						Variedad SPV-351 (V2)					
	Riego 1/			Temporal 2/			Riego 1/			Temporal 2/		
	Forraje Kg/ha	%	Grano Kg/ha	Forraje Kg/ha	%	Grano Kg/ha	Forraje Kg/ha	%	Grano Kg/ha	Forraje Kg/ha	%	Grano Kg/ha
0	0.74	18	3.40	82	4.14	0.80	41	0.80	41	1.14	59	1.94
			(a) 3/			(a)						
80	0.78	14	4.93	86	5.71	0.49	30	0.49	30	1.12	70	1.61
			(a)			(b)						
120	0.53	12	3.73	88	4.26					1.09	23	3.72
			(a)							(a)		

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones

3/ Letras iguales significa igualdad estadística al 5% de probabilidad entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 17. Absorción total de potasio de las variedades de sorgo SPV-475, y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

		Variedad SPV-475 (V ₁)						Variedad SPV-351 (V ₂)												
Nitrógeno Aplicado Kg/ha		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/								
		Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %									
0	95.80	89	12.23	11	108.03	57.03	93	4.36	7	61.39	73.58	89	9.26	11	82.84	61.13	96	2.44	4	63.57
80	90.94	84	16.96	16	107.90	55.61	92	4.55	8	60.16	105.93	90	12.33	10	118.26	55.93	95	2.72	5	58.65
120	99.81	89	12.82	11	112.63							98.03	90	10.32	10	108.35				

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 18. Absorción total de magnesio de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351 ciclo primavera-verano 1988.

		Variedad SPV-475 (V ₁)						Variedad SPV-351 (V ₂)													
Nitrógeno Aplicado Kg/ha		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/									
		Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %	Forraje Kg/ha %	Grano Kg/ha %										
0		4.71	49	4.97	51	9.68	4-33	72	1.66	28	5.99	3.55	48	3.87	52	7.42	4.26	82	0.93	18	5.19
		(a) 3/										(a)									
80		4.15	40	6.17	60	10.32	3.55	69	1.59	31	5.14	3.70	41	5.37	59	9.07	4.83	82	1.09	18	5.92
		(a)										(a)									
120		4.52	47	5.17	53	9.69						4.45	50	4.44	50	8.89					
		(a)										(a)									

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones

3/ Letras iguales significa igualdad estadística al 5% de probabilidad entre las medias por el método de Tukey.

Cuadro 19. Absorción total de manganeso de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

Variedad SPV-475 (V ₁)										Variedad SPV-351 (V ₂)										
Nitrógeno Aplicado Kg/ha		Riego 1/			Temporal 2/			Riego 1/			Temporal 2/									
		Forraje g/ha	%	Grano g/ha	Forraje g/ha	%	Grano g/ha	Forraje g/ha	%	Grano g/ha	Forraje g/ha	%	Grano g/ha							
0	100.72	69	44.53	31	145.25	74.01	86	11.78	14	85.79	73.64	61	47.18	39	120.82	70.30	90	7.70	10	78
80	109.78	65	58.50	35	168.28	45.42	80	11.10	20	56.52	98.40	67	47.89	33	146.29	63.83	89	7.78	11	71.61
120	111.03	71	45.45	29	156.48					120.92	73	45.04	27	165.96						

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 20. Absorción total de cobre de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

		Variedad SPV-475 (V ₁)						Variedad SPV-351 (V ₂)											
Nitrógeno Aplicado Kg/ha		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/		Riego 1/		Temporal 2/							
		Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Grano $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Grano $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Grano $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Grano $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\%}$	Grano $\frac{\text{g/ha}}{\%}$								
0	10.10 46	11.93	54	22.03	7.86	62	4.86	38	12.72	8.62	45	10.34	55	18.96	8.70	68	4.17	32	12.87
80	11.28 47	12.85	53	24.13	6.84	62	4.24	38	11.08	10.19	48	10.89	52	21.08	9.70	74	3.34	26	13.04
120	24.26 69	10.74	31	35						11.42	55	9.33	45	20.75					

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 21. Absorción total de zinc de las variedades de sorgo SPV-475 y SPV-351, ciclo primavera-verano 1988.

Variedad SPV-475 (V ₁)										Variedad SPV-351 (V ₂)										
Nitrógeno Aplicado Kg/ha	Riego 1/			Temporal 2/			Riego 1/			Temporal 2/			Riego 1/			Temporal 2/				
	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\text{g/ha}}$	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$	Σ	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\text{g/ha}}$	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$	Σ	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$	Forraje $\frac{\text{g/ha}}{\text{g/ha}}$	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$	Σ	%	$\frac{\text{Grano}}{\text{g/ha}}$		
0	12.07 (a)3/	24	39.10 (a)	76	51.17	15.17	52	13.98	48	29.15	14.21 (a)	28	37.27 (a)	72	51.48	15.71	58	11.47	42	27.11
80	19.37 (a)	28	49.85 (a)	72	69.22	8.98	40	13.29	60	22.27	23.67 (a)	29	57.98 (a)	71	81.65	10.84	50	10.65	50	21.49
120	17.51 (a)	29	43.88 (a)	71	61.39					29.44 (a)	38	48.19 (a)	62	77.63						

1/ Promedio de 4 repeticiones

2/ Promedio de 5 repeticiones

3/ Letras iguales significa igualdad estadística al 5% de probabilidad entre las medias por el método de Tukey.

V. DISCUSION

Al obtener los resultados se encontraron diferencias significativas entre variedades en cuanto a rendimiento de grano y forraje fresco en temporal, en riego únicamente en rendimiento de grano, en cambio no se presentaron diferencias significativas en respuesta a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno.

Resultados similares se han encontrado en la región, tal es el caso de Gallego (1984), utilizando la variedad de sorgo Asgrow topaz en Marín, N.L. encontró que no existe diferencia significativa en el rendimiento de grano en respuesta a las dosis de fertilización, sin embargo el máximo rendimiento (7.953 ton/ha) se encontró con la dosis de 150-0-0 y una densidad de 270,000 plantas por hectárea.

Villarreal (1980) en sorgo para grano de la variedad Master gold, no encontró diferencia significativa entre tratamientos, pero observó que la dosis de 40-90-0 obtiene el mayor rendimiento (6.866 ton/ha) de grano y que con 120-90-0 se obtiene el máximo rendimiento en forraje seco (21.328 ton/ha).

Resultados semejantes encontraron Caballero y Pérez (1986), probando 5 niveles de nitrógeno (0, 90, 100, 120 y 150 Kg/ha) y 4 niveles de fósforo (0, 40, 50 y 70 kg/ha) y aplicación de micronutrientes (Fe, Zn, Mn y B); no encontraron diferencia significativa en los rendimientos de grano, materia verde y materia seca al aplicar los tratamientos de fertilización de ni-

trógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes, añadiendo que las dosis de macronutrientes no fueron lo suficientemente contrastantes para que se mostraran diferencias o que los micronutrientes no ayudaron a la asimilación de nitrógeno y fósforo para que obtuvieran su máximo valor las variables estudiadas.

En la presente investigación la escasa asimilación que presentó la planta de sorgo del nitrógeno aplicado al suelo, se reflejó en el contenido del nutriente que poseen las muestras foliares (forraje) analizadas (Cuadros 37 y 39 Apéndice), estas contienen un promedio de 0.5% de nitrógeno, contra el 3-4% de nitrógeno que reporta la literatura (Lockman, 1972) como normal, lo cual hace suponer que el contenido de nitrógeno del forraje de sorgo analizado se considere con deficiencia ($\leq 2.5\%$ N) el cultivo, lo cual confirma que no se aprovechó totalmente el nitrógeno aplicado al suelo.

La escasa asimilación del nitrógeno se debe a que probablemente haya sufrido pérdidas por volatilización, ya que las altas temperaturas y el pH alcalino que estaban presentes durante el desarrollo del experimento hicieron posible la pérdida del nitrógeno en forma de gas al reaccionar el ion amonio (NH_4) con los carbonatos y bicarbonatos del suelo, formando carbonato de amonio, el cual es muy inestable descomponiéndose en amoníaco (NH_3), bioxido de carbono y agua, el amoníaco se pierde en forma de gas, al igual que el nitrato al movilizarse a la superficie del suelo debido a las altas temperaturas que

secan el suelo paulatinamente.

Por otra parte en las texturas muy arcillosas la mayoría de los iones amonio se adhieren a las cargas negativas de las arcillas y el humus, quedando atrapadas en las láminas de estos coloides, lo cual reduce la absorción del nitrógeno por la planta (Mora, et al. 1982).

Las deficiencias de nitrógeno, fósforo y zinc del cultivo determinadas a través del análisis del forraje (en ambos experimentos), se debe probablemente a la baja solubilidad de estos nutrientes al reaccionar con el alto contenido de carbonatos presentes en el suelo calcáreo y con el pH alcalino del suelo, formando compuestos insolubles.

El número de plantas por hectárea (densidad de población) es un punto fundamental para la obtención de buenos rendimientos, dependiendo de las condiciones, principalmente de humedad bajo las cuales vaya a efectuarse el cultivo; por ésta razón considerando que se estableció un experimento bajo condiciones de temporal deficiente, se utilizó una densidad de población (156,250 pl/ha) igual en ambos experimentos para someterlos a las mismas condiciones en cuanto a número de plantas por hectárea.

En referencia a la clasificación de las variedades de acuerdo al número de días que se tardan para que se presente la floración, ambas variedades pertenecen a la Clase 3 (CIA-FAUANL, 1982), es decir, variedades tardías (más de 60 días pa

ra que se presente la floración con 50% de antesis).

Según la altura final que presentan ambas variedades, pertenecen a la Clase 3 (101 a 150 cm).

Por último de acuerdo a la longitud de panoja que presentan, pertenecen al Grupo 2 (longitud media, entre 15 y 25 cm).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- En el experimento de riego no se presentó respuesta a la fertilización nitrogenada en el rendimiento de grano, la diferencia en rendimiento se debe a variedad, resultando la variedad SPV-475 la que proporcionó el más alto promedio en rendimiento de grano con 4.190 ton/ha, superando a la variedad SPV-351 con 875 kg.
- 2.- A pesar de que no existe efecto de nitrógeno el rendimiento más alto de grano en el experimento de riego lo presentó el tratamiento 2 (4.399 ton/ha), formado por la variedad SPV-475 y el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno.
- 3.- La no respuesta en el rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada se debió a la pérdida por volatilización y fijación de la urea.
- 4.- En el experimento de temporal tampoco existe efecto de fertilización nitrogenada, puesto que el rendimiento de grano más alto lo presentó el tratamiento 1 con 1.486 ton/ha, formado por la variedad SPV-475 y el nivel de 0 kg/ha de nitrógeno.
- 5.- En el rendimiento de forraje seco en el experimento de riego a pesar de que no existe efecto de variedad ni de nivel de nitrógeno, la variedad SPV-351 presentó el promedio más alto en rendimiento (3.842 ton/ha) de forraje seco y el tratamiento 1 con la mejor media con 4.238 ton/ha de forraje seco.

- 6.- En el experimento de temporal a pesar de que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, la me jor media en producción de materia seca la presentó el tra tamiento 4 con 3.234 ton/ha, formado por la variedad SPV-351 y el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno.
- 7.- Al igual que en el experimento de riego, la variedad SPV-351 resultó ser la mejor en rendimiento de materia seca en condiciones de temporal, con un promedio de 3.186 ton/ha.
- 8.- En grano de sorgo bajo condiciones de riego, la variedad SPV-475 es la que absorbió mayor cantidad (promedio entre niveles de nitrógeno) de fósforo (4.025 kg/ha), potasio (14.007 kg/ha), magnesio (5.44 kg/ha) y el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno presentó las medias más altas en absorción de fósforo (4.68 kg/ha), magnesio (5.77 kg/ha) y zinc (53.91 g/ha).
- 9.- En el forraje seco de sorgo bajo condiciones de riego no se presentaron diferencias en la absorción de los nutrimen tos, excepto en zinc, resultando el nivel de 120 kg/ha de nitrógeno el que absorbió más zinc (23.47-g/ha).
- 10.- En grano de sorgo bajo condiciones de temporal no se presentaron diferencias en la absorción de P, K, Mg, Cu y Zn, únicamente en la absorción de nitrógeno, resultando el tra tamiento 1 (variedad SPV-475 y 0 kg/ha de nitrógeno) el que absorbió mayor cantidad de nitrógeno con 33.84 kg/ha.

- 11.- En el forraje de temporal únicamente se presentó diferencia significativa en la absorción de fósforo, resultando el tratamiento 4 (variedad SPV-351 y 80 kg/ha de nitrógeno) el que absorbió mayor cantidad del nutriente con 0.91 kg/ha.
- 12.- Al analizar muestras de grano en ambos experimentos se encontró que éste tiene un contenido normal de nitrógeno (2.423 %) en relación al reportado por la literatura.
- 13.- En muestras de forraje analizadas en ambos experimentos se encontró que el cultivo presenta deficiencia de nitrógeno, fósforo y zinc, así como un contenido normal de Mg, Mn y Cu.
- 14.- Se sugiere continuar experimentando con dosis de nitrógeno, tiempos de aplicación e inhibidores de la denitrificación bajo condiciones de riego, debido a que estos factores son importantes en la eficiencia del nitrógeno y así pueda éste manifestarse en mayores rendimientos.

VII. RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía, de la UANL, durante el ciclo primavera-verano de 1988, en el período comprendido del primero de Marzo de 1988 al 15 de Julio del mismo año.

El estudio consistió en el establecimiento de dos experimentos, uno bajo condiciones de riego y otro bajo condiciones de temporal, los principales objetivos fueron: evaluar la respuesta en rendimiento de grano y forraje (fresco y seco) de dos variedades de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de origen tropical a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno, así como determinar el contenido y absorción de macro y mi cronutrientes en grano y forraje en ambos experimentos.

En el experimento de riego se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, 4 repeticiones y 6 tratamientos (dos variedades, 0, 80 y 120 kg/ha de nitrógeno); en el experimento de temporal el diseño usado fue un bloques al azar con 5 repeticiones, 4 tratamientos (dos variedades, 0 y 80 kg/ha de nitrógeno).

En ambos experimentos la unidad experimental consta de 4 surcos de 8 m de longitud, por 0.8 m de separación entre ellos, las variedades empleadas fueron la SPV-475 (V₁) y SPV-351 (V₂), como fuente de nitrógeno se utilizó la urea (46% de nitrógeno).

La fertilización se llevó a cabo en 2 partes: el 25% se aplicó en la siembra y el 75% restante en el primer cultivo, esto es en el experimento de riego, y en el de temporal se aplicó todo en el primer cultivo.

La cosecha de grano se realizó el día 7 de Julio de 1988 y el corte de forraje el día 15 de Julio del mismo año, se tomaron muestras de grano y forraje de cada unidad experimental para analizar el contenido de N, P, K, Mg, Mn, Cu y Zn. Las muestras de grano constan de 150 g y las de forraje de 5 plantas; ambas muestras se molieron en molino, se homogenizaron y se utilizaron 2 g para analizar P, K, Mg, Mn, Cu y Zn y 1 g para analizar nitrógeno.

En los análisis de varianza no se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada, únicamente diferencia significativa entre variedades, resultando la variedad SPV-475 la mejor en rendimiento de grano en ambos experimentos y la SPV-351 la mejor en rendimiento de materia seca en ambos experimentos, aunque la diferencia en producción de materia seca entre variedades no es significativa.

En el contenido de nutrimentos en muestras de forraje analizadas se determinó que el cultivo presentó deficiencia (bajo contenido) de nitrógeno, fósforo, zinc, un contenido normal de Mg, Mn, Cu y un exceso de potasio.

En la absorción de macro y micronutrimentos se presenta-

ron diferencias en la absorción de P, Mg y Zn entre niveles de nitrógeno en el grano de sorgo bajo condiciones de riego, resultando el nivel de 80 kg/ha de nitrógeno el que absorbió mayor cantidad de nutriente. En el forraje de sorgo bajo condiciones de riego el nivel de 120 kg/ha de nitrógeno es el que absorbió más zinc.

En el experimento de temporal únicamente se presentaron diferencias significativas en la absorción de nitrógeno y fósforo en grano y forraje respectivamente, resultando el tratamiento 1 y 4 los que absorbieron mayor cantidad de nitrógeno y fósforo respectivamente.

Las diferencias no significativas que se presentaron en respuesta a la aplicación de distintos niveles de nitrógeno fué debido a que la planta no asimiló en su totalidad el nitrógeno aplicado al suelo, por posibles pérdidas del nutriente por volatilización del amoníaco, que se produce al reaccionar el amonio con los carbonatos del suelo, formando carbonato de amonio que es muy inestable y puede perderse debido a las altas temperaturas presentes durante el desarrollo del experimento.

VIII. SUMMARY

The research work was made in the Agricultural Experimental Station of the Faculty of Agronomy of the Nuevo Leon University, during cycle spring-summer 1988, begin the first of March and ending the 15 of July of the same year.

The composed study of two experiments, one in irrigation and another in temporary, the main objectives were: evaluation of the response in yield of grain and forage (fresh and dry) of two varieties of sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) of origin tropical, to the application of different levels of nitrogen and determine the content and absorption of macro and micronutriments in grain and forage in both experiments.

In irrigation experiment it is used a blocks to the random design with arrangement spilt plot, four repetitions, six treatments (three levels of fertilization: 0, 80 and 120 kg/ha of nitrogen and two varieties).

In temporary experiment the used was blocks to the random design with five repetitions, four treatments (two levels of fertilization: 0 and 80 kg/ha of nitrogen and two varieties).

In experiments both the experimental unit is formed for four furrows of 8m of long, separated an each other for 0.8m of distance, the varieties utilized were the SPV-475 (V₁) and SPV-351 (V₂), the nitrogen source utilized was urea (46% nitrogen).

The realized fertilization in two parts: 25 % was applied in the sowing and the 75% in the first tillage, this is in irrigation and in temporary applied all in the first tillage.

The grain harvest realized the day seven of July of 1988 and the cut of forage the day 15 of July the same year. Taking samples of grain and forage of each experimental unit for analysis of content of N, P, K, Mg, Mn, Cu and Zn; the grain samples is formed of 150g and the forage of five plant, both samples it is togrind in a mill, homogenize the samples and utilized 2g for analysis of P, K, Mg, Mn, Cu, Zn and 1g for nitrogen analysis.

~~In variance~~ analysis not exist response to fertilization with nitrogen, only difference significative betwen varieties, resulting the variety SPV-475 the better in yield of grain in both experiments and the SPV-351 the better in yield of matter dry also in both experiments, though the difference in production of dry matter betwen varieties is not significative.

In nutriments content in samples for forage analysed it is determined that the sorghum present an deficiency (low content) of nitrogen, phosphorus and zinc, an content normal of Mg, Mn, Cu and a excess of potassium.

In macro and micronutriments absorption it is present difference in the absorption of P, Mg and Zn betwen levels of nitrogen in grain of sorghum in irrigation, resulting the level

of 80 kg/ha of nitrogen with more absorption of nutriment (P, Mg, Zn).

In temporary experiment only present difference significative in the absorption of nitrogen and phosphorus in grain and forage respectively, resulting the treatment 1 and 4 the that absorb more nitrogen and phosphorus respectively.

The not significative difference that present in response to the application of different levels of nitrogen was owing to that the plant not assimilate totality nitrogen applicated in the soil, for possible losed to the nutriment for volatilization of ammonia, that produced when react with soil Carbonate, forming Carbonate of ammonium, the wich is very unstable and can lose owing to the high temperature presents during development of the experiment.

IX. LITERATURA CITADA.

- Agenda de Información Estadística, Agropecuaria y Forestal, 1984. Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial, Sección de datos generales. SARH, México.
- Arvizu, V.L. 1989. Cuidando la capa arable, El Surco, 94 (2): 6 y 7.
- Asociación para el Desarrollo de la Industria de los Fertilizantes de América Latina (ADIFAL), 1988. 11 (27): 18-26.
- Caballero, D.C.H. y J.L. Pérez T. 1986. Fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia de algunos micronutrientes en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor) bajo condiciones de riego en Marín, N.L. Tesis profesional, FAUANL, pp. 47, 71 y 73.
- Calva, J.L. 1989. Crisis Agrícola y Alimentaria en México 1982-88, AFG FONTMARA 54, México, pp. 14 y 17.
- Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) Informe, 1972. No. 19, Año 1.
- Centro de Investigaciones Agropecuarias - Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo Leon (CIA-FAUANL), 1982. Instructivo para la toma de datos en sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, Boletín No. 1, Marín, N.L. pp. 5-20.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), 1977. Carta Edafológica, 1a. Edición, Apodaca, N.L.

- Díaz, M.J. 1975. Aspectos generales sobre formas y épocas de aplicación de fertilizantes, Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa (CIAS), Campo Agrícola Experimental "Culiacán", Culiacán Sinaloa, México.
- Díaz, R. y A. Hunter. 1978. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejidos vegetales e investigación en invernadero, CATIE, Turrialba Costa Rica, 62 pp.
- Dirección de Estudio del Territorio Nacional (DETENAL), 1978. Carta Edafológica, 1a. Edición, Apodaca, N.L.
- Duncan, R.R. 1981. Ratoon cropping of sorghum for grain in the Southeastern United States, Collage of Agricultural Experiment Station, The University of Georgia, Bulletin 269, pp. 12, 15 y 18.
- Echegaray, A.A. 1966. Movimiento y nitrificación de fertilizantes nitrogenados en algunos suelos de México, Agrociencia, Chapingo (México), 1 (1):116-130.
- Engelstad, P.O. and G.L. Terman, 1966. Fertilizer nitrogen: Its role in determining crop yield levels, Agronomy Journal, 58(5):536-539.
- Escalada, G.R. and D.L. Plucknett. 1975. Ratoon cropping of sorghum: II effect of day length and temperature on tillering and development, Agronomy Journal, 67(4):479-484.
- Estación climatológica Marín, 1988. Registro de condiciones climáticas, Facultad de Agronomía, UANL, Marín, N.L.
- Flores, V.J.A. y A.C. Carballo. 1984. Fertilización (N,P,K), densidad de siembra y distancia entre surcos en sorgo para valles altos, Chapingo (México), 9(43,44):146 y 147.

- Gallego, V.I. 1984. Fertilización nitrogenada y densidad de población en el cultivo de sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench) en Marín, N.L., Tesis profesional. FAUANL, pp. 48-51.
- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), 2a. Edición corregida y aumentada, UNAM, México. pp. 151.
- Guadarrama, S.R. 1989. Prueba de rendimiento de dos variedades de coliflor (Brassica oleracea var. botrytis) bajo seis densidades de plantación en Marín, N.L. Tesis profesional, FAUANL, pp. 57 y 60.
- INIA, SAG. 1974. Sorgo su cultivo en los valles centrales de Oaxaca, Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste (CIASE), Circular No. 39.
- INIA, SAG. 1976. Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del Campo Agrícola Experimental "Las Huastecas", Centro de Investigaciones Agrícolas de Tamaulipas (CIAT), México, pp. 18.
- Kandasamay, O.S. and S. Subramanian. 1980. Response of hybrid sorghum (CSH.5) to irrigation regimens and N rates, Sorghum and Millets Abstracts, 5(9):113.
- Locke, A.M. and F.M. Hons. 1988. Fertilizer placement effects on seasonal nitrogen accumulation and yield of no-tillage and conventional tillage sorghum. Agronomy Journal. 80 (2):180-185.
- Lockman, B.R. 1972. Mineral composition of grain sorghum plant samples, Soil Science and Plant Analysis, 3(4):295-303.

- Meléndez, G.R.; et al. 1985. Efecto de fertilización con urea común, fluída y con diferentes recubrimientos en maíz de temporal, Agrociencia, Chapingo (México), (60):87-106.
- Mora, A.R.; et al. 1986. Blanco 86 variedad de sorgo apta para consumo humano, SARH, INIFAP, CIAMEC (centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central), Campo Agrícola Experimental "Zacatepec", Zacatepec, Morelos México, Folleto técnico N° 6, pp. 2 y 3.
- Primer Reunión Nacional Sobre Sorgo, 1984. Memorias, Facultad de Agronomía, UANL, 22-26 de Octubre, Marín, N.L., pp. 272.
- Primo, Y.E. y J.M. Carrasco D. 1980. Productos para el campo y propiedades de los alimentos, Tecnología química y Agro-industrial, Tomo III/I, Alhambra, 2a. Edición, Madrid, España, pp. 30
- Reyes, L.M. 1989. Evaluación de la adaptación de siete cultivos de coliflor (Brassica oleracea var. botrytis) en la región de Marín, N.L., Tesis profesional, FAUANL, pp. 123.
- Robles, S.R. 1985. Producción de granos y forrajes, 4a. Edición, 1a. Reimpresión, Limusa, México, pp. 146.
- Rodríguez, F.H.; et al. 1989. Una modificación a la determinación de nitrógeno total por el método Kjeldahl, Facultad de Agronomía, UANL, (En proceso de publicarse).
- Rodríguez, F.H. 1987. Curso de uso y manejo de fertilizantes, Semestre Agosto-Enero, Notas sin publicar.
- Romo, C.E. y A.C. Carballo. 1981. Valles altos 110 nueva variedad de sorgo para los valles altos de México, SARH, INIA,

CIAMEC (Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central), Campo Agrícola Experimental Valle de México, Chapingo México, Folleto técnico N^o 1, 2a. Edición corregida y aumentada de la Circular CIAMEC N^o 130. pp.1-5

Rosolem, C.A. and R.J. Machado. 1988. Efficiency of nitrogen fertilization in sweet sorghum, Sorghum and Millets Abstracts, 13(2):22.

Sonar, K.R. ; et al. 1983. Fertilizer requirements for yield targetting of sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) based on soil test values, Sorghum and Millets Abstracts, 8(8): 139.

Villarreal, C.A. 1980. Fertilización nitrógeno-fosfórica en el cultivo de sorgo de grano (Sorghum vulgare) en el municipio de Gral. Bravo, N.L., Tesis profesional, FAUANL. pp. 31 y 34.

Zweifel, R.T. ; et al. 1987. Nitrogen fertility and irrigation influence of grain sorghum nitrogen efficiency, Agronomy Journal, 79(3):419-422.

X. A P E N D I C E

Cuadro 22. Rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s				$\bar{X}$
Nitrógeno (Kg/ha)		1	2	3	4	
	0	4.456	4.638	3.495	4.192	4.195
V ₁	80	4.723	4.050	4.675	4.148	4.399
	120	4.971	4.211	3.475	3.250	3.976
	0	3.582	2.378	3.390	3.127	3.119
V ₂	80	3.978	4.255	2.989	3.241	3.615
	120	3.548	3.706	2.470	3.120	3.211

$$V_1 = 4.190 \text{ ton/ha } (\bar{X})$$

$$V_2 = 3.315 \text{ ton/ha } (\bar{X})$$

Cuadro 23. Rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s				$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	
	0	11.875	11.666	8.854	10.520	10.728
V ₁	80	11.979	12.291	11.979	9.687	11.484
	120	12.916	10.937	13.020	10.781	11.913
	0	13.121	13.958	10.625	10.416	12.030
V ₂	80	12.083	14.791	9.218	13.541	12.408
	120	13.437	11.666	9.791	11.666	11.640

$$V_1 = 11.355 \text{ ton/ha } (\bar{X})$$

$$V_2 = 12.026 \text{ ton/ha } (\bar{X})$$

Cuadro 24. Rendimiento de grano de sorgo bajo condiciones de temporal (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s					$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	5	
V ₁	0	2.348	1.131	0.865	1.236	1.852	1.486
	80	2.155	1.086	1.441	0.686	1.097	1.293
	0	1.145	0.887	0.742	0.618	0.993	0.877
V ₂	80	0.945	1.064	0.840	0.692	0.512	0.810

V₁ = 1.389 ton/ha ($\bar{X}$)

V₂ = 0.843 ton/ha ($\bar{X}$)

Cuadro 25. Rendimiento de forraje fresco en sorgo bajo condiciones de temporal. (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s					$\bar{X}$
Nitrógeno (Kg/ha)		1	2	3	4	5	
V ₁	0	6.666	6.458	7.083	7.604	6.822	6.926
	80	7.708	8.750	7.135	6.976	5.625	7.238
	0	5.625	12.604	9.479	5.937	12.604	9.249
V ₂	80	10.729	11.562	9.895	9.583	9.375	10.228

V₁ = 7.082 ton/ha ($\bar{X}$)

V₂ = 9.738 ton/ha ($\bar{X}$)

Cuadro 26. Rendimiento de materia seca en sorgo bajo condiciones de riego (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s				$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	
V ₁	0	4.391	4.063	2.578	5.922	4.238
	80	4.291	3.187	2.932	3.852	3.565
	120	4.538	3.919	2.780	3.600	3.709
V ₂	0	4.081	4.254	3.082	3.201	3.654
	80	4.108	3.833	4.230	3.466	3.909
	120	4.946	4.542	2.902	3.465	3.963

V₁ = 3.837 ton/ha ($\bar{X}$)

V₂ = 3.842 ton/ha ($\bar{X}$)

Cuadro 27. Rendimiento de materia seca en sorgo bajo condiciones de temporal (ton/ha).

Tratamientos		B l o q u e s					$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	5	
V ₁	0	2.503	3.048	3.114	2.796	2.210	2.734
	80	2.625	3.889	2.953	2.888	1.227	2.716
	0	2.084	4.230	3.463	2.383	3.526	3.139
V ₂	80	4.520	4.230	3.037	2.559	1.827	3.234

V₁ = 2.725 ton/ha ($\bar{X}$)

V₂ = 3.186 ton/ha ($\bar{X}$)

Cuadro 28. Resumen de resultados de análisis de varianza de rendimiento de grano, forraje fresco, forraje seco (materia seca) y número de plantas por parcela útil en sorgo bajo condiciones de riego.

Variable	Factor	S.C.	C.M.	Fcal	Ftab.		Signi- ficancia	C.V.	C.V.
					0.05	0.01		(%)P.G.	(%)P.Ch.
Rend. de grano	V	4.593	4.593	170.110	10.13	34.12	**	2.48	
	N	0.793	0.396	1.430	3.88	6.93	NS		14
	VN	0.123	0.061	0.220	3.88	6.93	NS		14
	V	2.545	2.545	1.970	10.13	34.12	NS	5.60	
Rend. de forraje fresco	N	1.354	0.670	0.510	3.88	6.93	NS		9.80
	VN	6.609	3.304	2.497	3.88	6.93	NS		9.80
	V	5.0 ⁻⁴	5.0 ⁻⁴	5.0 ⁻⁴	10.13	34.12	NS	14.32	
	N	0.175	0.087	0.230	3.88	6.93	NS		15.73
Rend. de forraje seco	VN	1.047	0.523	1.430	3.88	6.93	NS		15.73
	V	77.042	77.042	0.094	10.13	34.12	NS	13.69	
	N	115.584	57.792	0.563	3.88	6.93	NS		8.39
	VN	562.583	281.291	2.740	3.88	6.93	NS		8.39

Cuadro 29. Resumen de resultados de análisis de varianza de rendimiento de grano, forraje fresco, forraje seco (materia seca) y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de temporal.

Variable	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab. (0.05)	Signifi- cancia	C. V. %
Rendimiento de grano	1.595	0.531	4.53	3.49	*	30.64
Rendimiento de forraje fresco	37.92	12.642	3.58	3.49	*	22.32
Rendimiento de forraje seco	1.08	0.363	0.66	3.49	N S	24.97
Número de plantas/parcela útil	959.75	319.910	1.42	3.49	N S	13.34

Cuadro 30. Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micro nutrientes en grano de sorgo, bajo condiciones de riego.

Varia- ble	Fac- tor	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.		Significancia	C.V.		C.V.
					0.05	0.01		(%)	(%)	
N	V	144.462	144.462	1.03	10.13	34.12	NS	7.49		
	N	1467.451	733.725	2.56	3.88	6.93	NS			18.60
	VN	215.261	107.620	0.37	3.88	6.93	NS			18.60
P	V	1.011	1.011	12.32	10.13	34.12	*	4.35		
	N	10.800	5.400	4.20	3.88	6.93	*			29.12
	VN	0.525	0.262	0.20	3.88	6.93	NS			29.12
K	V	67.953	67.953	42.60	10.13	34.12	**	5.91		
	N	67.744	33.872	3.60	3.88	6.93	NS			24.86
	VN	5.037	2.518	0.26	3.88	6.93	NS			24.86
Mg	V	4.587	4.587	44.97	10.13	34.12	**	3.68		
	N	7.767	3.883	5.74	3.88	6.93	*			16.44
	VN	0.146	0.073	0.10	3.88	6.93	NS			16.44
Mn	V	46.626	46.626	0.66	10.13	34.12	NS	10.01		
	N	312.999	156.499	1.65	3.88	6.93	NS			20.21
	VN	192.941	96.470	1.02	3.88	6.93	NS			20.21
Cu	V	16.380	16.380	6.13	10.13	34.12	NS	8.56		
	N	13.599	6.799	1.52	3.88	6.93	NS			19.14
	VN	0.311	0.155	0.03	3.88	6.93	NS			19.14
Zn	V	75.104	75.104	7.71	10.13	34.12	NS	3.90		
	N	989.497	494.748	4.92	3.88	6.93	*			21.77
	VN	100.964	50.482	0.50	3.88	6.93	NS			21.77

Cuadro 31. Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micro-nutrientes en forraje de sorgo, bajo condiciones de riego.

Varia- ble	Fac- tor	S.C.	C.M.	F _{tab.}			Significancia	C.V.	
				F _{cal.}	0.05	0.01		(%) P.G.	(%) P.Ch.
N	V	71.450	71.450	1.08	10.13	34.12	NS	24.16	
	N	93.430	46.710	0.67	3.88	6.93	NS		42.77
	VN	103.390	51.610	0.75	3.88	6.93	NS		42.77
P	V	0.168	0.168	0.55	10.13	34.12	NS	41.40	
	N	0.022	0.011	0.04	3.88	6.93	NS		63.70
	VN	0.473	0.236	0.97	3.88	6.93	NS		63.70
K	V	54.030	54.030	0.03	10.13	34.12	NS	23.20	
	N	1044.658	522.329	0.88	3.88	6.93	NS		25.86
	VN	1389.716	694.858	1.17	3.88	6.93	NS		25.86
Mg	V	1.877	1.877	0.82	10.13	34.12	NS	20.80	
	N	1.302	0.651	0.47	3.88	6.95	NS		27.86
	VN	1.205	0.602	0.44	3.88	6.93	NS		27.86
Mn	V	554.372	544.372	0.10	10.13	34.12	NS	39.85	
	N	3349.527	1674.763	2.26	3.88	6.93	NS		26.55
	VN	1377.211	688.605	0.93	3.88	6.93	NS		26.55
Cu	V	158.373	158.373	0.64	10.13	34.12	NS	71.69	
	N	331.393	165.696	1.44	3.88	6.93	NS		84.67
	VN	178.321	89.160	0.77	3.88	6.93	NS		84.67
Zn	V	223.904	223.904	2.12	10.13	34.12	NS	30.61	
	N	481.172	240.586	4.30	3.88	6.93	*		38.57
	VN	106.492	53.246	0.95	3.88	6.93	NS		38.57

Cuadro 32. Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micro nutrientes de los tratamientos en grano de sorgo, bajo condiciones de temporal.

Variable	S.C.	C.M.	Fcal	Ftab (0.05)	Significancia	C. V. (%)
Nitrógeno	696.061	232.020	3.70	3.49	*	30.53
Fósforo	0.756	0.252	1.61	3.49	NS	42.00
Potasio	17.853	5.951	2.33	3.49	NS	45.37
Magnesio	1.966	0.655	2.09	3.49	NS	42.31
Manganeso	69.629	23.209	1.60	3.49	NS	40.00
Cobre	5.815	1.938	0.42	3.49	NS	51.21
Zinc	35.939	11.979	0.59	3.49	NS	36.44

Cuadro 33. Resumen de análisis de varianza de la absorción de macro y micronutrientes de los tratamientos en forraje de sorgo, bajo condiciones de temporal.

Variable	S.C.	C.M.	Fcal	Ftab (0.05)	Significancia	C. V. (%)
Nitrógeno	103.270	34.420	0.42	3.49	NS	54.01
Fósforo	0.496	0.165	4.23	3.49	*	27.23
Potasio	97.240	32.413	0.18	3.49	NS	23.29
Magnesio	4.224	1.408	0.57	3.49	NS	36.83
Manganeso	2417.734	805.911	1.63	3.49	NS	34.99
Cobre	22.320	7.442	1.29	3.49	NS	28.96
Zinc	162.230	54.070	0.94	3.49	NS	59.65

Cuadro 34. Análisis de covarianza de rendimiento de grano por parcela útil, y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de riego.

F.V.	S.C.				Desviación de			Signi-		
	G.L.	YY	XY	P.C.	XX	G.L.	la regresión	C.M.	Fcal	Ftab. ficancia
M	1	311.609	10438.735		349692.041					
Bloques Inc.	7	6.486	29.517		4132.959					
Repeticiones	3	2.181	16.918		1598.459					
A	1	4.231	18.055		77.042					
E(a)	3	0.074	- 5.456		2457.458	2	0.061	0.300		
B	2	0.731	7.597		115.584					
A B	2	0.112	- 2.909		562.578					
E(b)	12	3.064	- 2.378		1231.838	11	3.059	0.278		
Total	24	322.002	10470.562		355735.000					
A + Error a	4	4.305	12.599		2534.500	3	4.242			
A Ajustada						1	4.181	4.181	139.366	34.12 **
B + Error b	14	3.795	5.219		1347.422	13	3.774			
B Ajustada						2	0.715	0.357	1.284	3.88 NS
AB + Error b	14	3.176	- 5.287		1794.416	13	3.160			
AB Ajustada						2	0.101	0.050	0.179	3.88 NS

A = Variedades
 B = Niveles de nitrógeno
 X = Número de plantas por parcela útil
 Y = Rendimiento de grano por parcela útil.

Cuadro 35. Análisis de covarianza para rendimiento de grano por parcela útil y número de plantas por parcela útil, en sorgo bajo condiciones de temporal.

F V	G.L.	S.C.	C.M.	F	P> F
Covariable	1	0.034452	0.034452	0.3007	0.600 NS
Tratamientos	3	1.369910	0.456637	3.9852	0.038 *
Bloques	4	1.467223	0.366806	3.2012	0.056 NS
Error	11	1.260424	0.114584		
Total	19	4.132009			

Covariable = Número de plantas por parcela útil

C.V. = 31.557590%

Cuadro 36. Resultado de análisis de covarianza entre rendimiento de forraje fresco por parcela útil y número de plantas por parcela útil, en el experimento de temporal.

Variable	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P > F	Significancia
Covariable	1	29.755	29.755	35.473	0.000	**
Bloques	4	7.689	1.922	2.291	0.125	NS
Factor A	1	6.928	6.928	8.260	0.015	*
Factor B	1	0.103	0.103	0.123	0.731	NS
A X B	1	0.425	0.425	0.507	0.503	NS
Error	11	9.226	0.838			
Total	19	54.129				

Covariable = Número de plantas por parcela útil

C.V. (%) = 11.34

Factor A = Variedades

Factor B = Niveles de nitrógeno

Cuadro 37. Contenido de macro y micronutrientes en grano de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988. 1/

Tratamientos Nitrógeno (kg/ha)	%				ppm		
	N	P	K	Mg	Mn	Cu	Zn
0	1.970	0.081	0.291	0.118	10.556	2.826	9.358
V1 80	2.182	0.112	0.384	0.140	13.249	2.914	9.140
120	2.550	0.094	0.321	0.130	11.404	2.726	11.164
0	2.450	0.085	0.295	0.124	15.939	3.287	11.792
V2 80	2.762	0.124	0.342	0.149	13.122	3.038	16.175
120	2.785	0.114	0.320	0.137	13.863	2.913	14.907

1/ Promedio de 4 repeticiones

Cuadro 38. Contenido de macro y micronutrientes en forraje de sorgo bajo condiciones de riego, ciclo primavera-verano 1988. 1/

Tratamientos Nitrógeno (kg/ha)	%				ppm		
	N	P	K	Mg	Mn	Cu	Zn
0	0.430	0.019	2.198	0.105	21.935	2.354	2.893
V1 80	0.480	0.020	2.495	0.112	29.646	3.100	5.249
120	0.485	0.014	2.681	0.121	29.698	6.646	4.773
0	0.632	0.020	2.031	0.096	20.552	2.354	3.940
V2 80	0.632	0.018	2.706	0.095	25.317	2.603	5.982
120	0.395	0.027	2.433	0.112	30.313	2.914	7.440

1/ Promedio de 4 repeticiones.

Cuadro 39. Contenido de macro y micronutrientes en grano de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988. 2/

Tratamientos	%				ppm		
	N	P	K	Mg	Mn	Cu	Zn
Nitrógeno (kg/ha)							
0	2.378	0.070	0.265	0.104	7.361	3.262	8.734
V1 80	2.300	0.087	0.352	0.121	8.636	3.162	10.368
0	2.408	0.086	0.282	0.101	8.714	3.168	12.912
V2 80	2.448	0.091	0.334	0.134	9.698	4.249	13.345
2/ Promedio de 5 repeticiones							

Cuadro 40. Contenido de macro y micronutrientes en forraje de sorgo bajo condiciones de temporal, ciclo primavera-verano 1988. 2/

Tratamientos	%				ppm			
	N	P	K	Mg	Mn	Cu	Zn	
Nitrógeno (kg/ha)								
0	0.586	0.030	2.042	0.160	26.854	2.864	5.448	
V ₁ 80	0.618	0.018	2.282	0.136	19.660	2.565	4.186	
0	0.610	0.021	2.031	0.137	22.359	2.364	4.924	
V ₂ 80	0.490	0.031	1.719	0.152	20.091	2.963	3.626	
2/ Promedio de 5 repeticiones.								

Cuadro 41. Características agronómicas de las variedades utilizadas.

Características	V a r i e d a d e s	
	SPV-475	SPV-351
Días a floración	75	78
Días a madurez fisiológica	114	118
Días a cosecha	126	129
Altura final (cm)	117.90	137.41
Longitud de panoja (cm)	22.49	23.44
Longitud de excursión (cm)	3.09	8.19
Diámetro de tallo (cm)	1.39	1.39
Hoja bandera: largo (cm)	54.79	42.43
Ancho (cm)	8.46	6.50
Número de hojas	8.04	8.33

Cuadro 42. Número total de plantas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de riego.

Tratamientos		B l o q u e s				$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	
	0	136	106	104	138	121.00
V ₁	80	139	102	102	138	120.25
	120	137	128	96	144	126.25
	0	124	117	137	109	121.79
V ₂	80	114	115	144	130	125.75
	120	127	94	108	108	109.25

Cuadro 43. Número de plantas cosechadas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de riego.

Tratamientos		B l o q u e s				$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	
	0	127	100	88	138	113.25
V ₁	80	124	82	95	129	107.50
	120	135	105	78	139	114.25
	0	105	77	130	103	103.75
V ₂	80	112	101	131	123	116.75
	120	93	85	98	102	94.50

Cuadro 44. Número total de plantas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de temporal.

Tratamientos		B l o q u e s					$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	5	
	0	101	118	115	98	103	107.0
V ₁	80	120	127	102	96	83	105.6
	0	87	143	125	86	123	112.8
V ₂	80	140	144	113	117	102	123.2

Cuadro 45. Número de plantas cosechadas por parcela útil en sorgo, bajo condiciones de temporal.

Tratamientos		B l o q u e s					$\bar{X}$
Nitrógeno (kg/ha)		1	2	3	4	5	
	0	71	56	57	36	87	61.4
V ₁	80	100	43	57	25	58	56.6
	0	49	40	36	20	55	40.0
V ₂	80	47	73	47	34	19	44.0

