

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**EFFECTO DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS SOBRE  
EL SORGO FORRAJERO  
(Sorghum Bicolor L. Moench)  
EN SUELOS CALCAREOS DEL NORESTE DE MEXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

**RITO PUENTES MENDEZ**

**MONTERREY, N. L.**

**OCTUBRE DE 1992.**

T

S651

P8

C.1

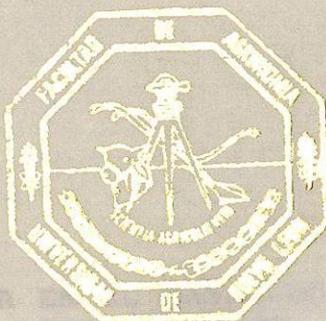


1080062765

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECCO DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS SOBRE EL SORGO FORRAJERO  
(Sorghum bicolor L. Moench) EN SUELOS  
CALCAREOS DEL NORESTE DE MEXICO.



ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL MARCO DE LA REGIONALIZACION DE  
LA INVESTIGACION (SEP), AREA DE INVESTIGACION EN LA LINEA: FERTILI-  
ZACION ORGANICA E INORGANICA, QUE SE REQUIERE COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

EFECCO DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS SOBRE  
EL SORGO FORRAJERO

(Sorghum Bicolor L. Moench)

EN SUELOS CALCAREOS DEL NORESTE DE MEXICO

PRESIDENTE

TESIS

SECRETARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

VOCAL

PRESENTA

RITO PUENTES MENDEZ

MONTERREY, N. L.

OCTUBRE DE 1992.

011172c

T  
5651  
P8

040.631  
FAG  
1992  
C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad  
F. tesis

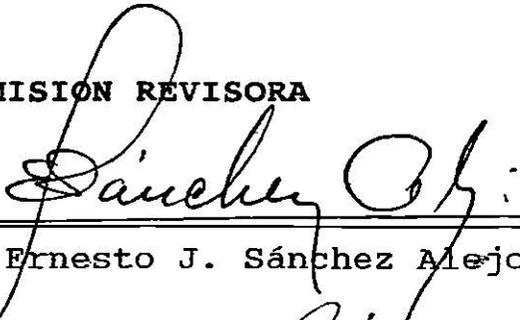


**EFFECTO DE LOS FERTILIZANTES LIQUIDOS SOBRE EL SORGO FORRAJERO  
(Sorghum bicolor L. Moench) EN SUELOS  
CALCAREOS DEL NORESTE DE MEXICO.**

**ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL PROYECTO DE REGIONALIZACION DE  
LA INVESTIGACION (SEP), AREA FORRAJES, EN LA LINEA: FERTILI--  
ZACION ORGANICA E INORGANICA, Y ACEPTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO  
FITOTECNISTA.**

**COMISION REVISORA**

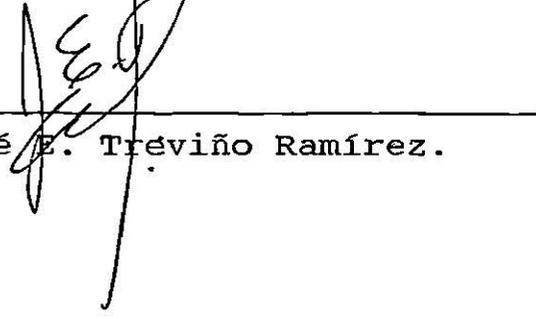
**PRESIDENTE:**

  
M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo.

**SECRETARIO:**

  
D.C. Ulrico López Domínguez.

**VOCAL:**

  
M.Sc. José E. Tréviño Ramírez.

## DEDICATORIAS

A mis padres: José Puentes Hernández y María Luisa Méndez de Puentes.

Por todo su amor, comprensión, apoyo y que con sus desvelos y sacrificios lograron que llegara a la culminación de mi carrera, otorgándome así la herencia mas grande, mi educación. Que esto sea un pequeño reconocimiento por todo lo que se merecen.

A mis hermanos:

Lucio (†)

Martha

Luis Alberto

María de la Luz y

Orlando.

Por darme esa amistad y apoyo que sólo un hermano puede brindar.

Muy especialmente a la Sra. Martha Puentes. A quien agradezco su cariño, desvelos, preocupaciones, hospitalidad y apoyo incondicional tanto económico como moral brindado en todo el transcurso de mi formación profesional.

Te viviré eternamente agradecido.

A mis sobrinos: Salvador Javier, Beatríz, José Roberto, María Magdalena, Cristina Elizabeth, Maribel, Karina y Lucía.

Quienes en cada momento alegran mi vida con sus sonrisas.

A la familia Vázquez López:

A quienes agradezco infinitamente su hospitalidad, cariño y apoyo que me brindaron en todo momento, además por hacer de su hogar el mío propio.

Nunca los olvidaré.

A la familia: Rodríguez Garza.

Sra. María de Jesús Garza de Rodríguez  
María del Carmen Rodríguez Garza  
José Antonio Rodríguez Garza  
Carlos Castillo Garza  
Mario Castillo Garza

A quienes agradezco su amistad y cariño que me brindaron en todo momento. Además, de hacer de su casa como la mía propia.

Nunca los olvidaré.

A mis abuelos: Pascual Puentes (+) y Nieves Hernández, Odilón Méndez (+) y Julia Balderas.

Por su enorme cariño y amor para conmigo.

A mi novia: Srita. Imelda García Medina.

Quien siempre me brindó su amor, cariño, apoyo y comprensión, durante la trayectoria de mi carrera.

Siempre te amaré.

A mis amigos de siempre: José Antonio Rodríguez Garza, Juan José Rodríguez Marín, Julián Robles Hernández, Efraín Sandoval Flores, Leonardo Torres Fuentes, Agustín García Zúñiga, David Legorreta Millán, José Santos Castorena García, Ing. Ramón Díaz Hernández, Ing. Gabriel Acosta.

A todos ellos por su amistad y compañerismo, gracias.  
Siempre los recordaré.

## AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo.

Por su asesoramiento y valioso apoyo brindado para la realización de este trabajo. Así como por su amistad durante mi formación profesional.

Al D.C. Ulrico López Domínguez.

Por sus acertadas sugerencias en la revisión del presente escrito.

Al M. Sc. José Elías Treviño Ramírez.

Por su valiosa colaboración en la revisión del presente escrito.

Al M.Sc. Humberto Rodríguez Fuentes.

Por su amistad en el transcurso de mi carrera.

Al Laboratorio de Análisis de Suelos Aguas y Plantas de la Facultad de Agronomía de la UANL por las facilidades prestadas en los análisis de suelo del experimento.

A todas aquellas personas que de forma directa o indirecta hicieron posible la realización de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

## CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	i
INDICE DEL APENDICE .....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
SUMMARY .....	x
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	4
2.1. Objetivos .....	4
2.2. Hipótesis .....	4
3. REVISION DE LITERATURA .....	5
3.1. Suelos calcáreos .....	5
3.1.1. Características de los suelos calcáreos .....	5
3.1.2. Suelos de la región .....	8
3.1.3. Principales deficiencias que presentan los suelos calcáreos .....	8
3.2. Fertilización de suelos calcáreos .....	10
3.2.1. Fertilizantes líquidos .....	11
3.2.2. Características de los productos que constituyen los fertilizantes líquidos .....	13
3.2.2.1. Urea.....	13
3.2.2.2. Acido fosfórico .....	13
3.2.2.3. Acido sulfúrico .....	14
3.3. El nitrógeno en el suelo .....	15
3.3.1. Pérdidas .....	15
3.3.1.1. Volatilización del amoníaco .....	16
3.3.1.2. Lixiviación .....	17
3.3.1.3. Nitrificación .....	18
3.3.1.4. Desnitrificación .....	20
3.3.1.5. Erosión .....	21
3.4. Forma de aplicación de los fertilizantes .....	22
3.5. Estudios realizados sobre la fertilización de suelos calcáreos en la región .....	23
3.6. Técnicas para incrementar la eficiencia de los fertilizantes .....	25

<b>4. MATERIALES Y METODOS</b> .....	27
4.1. Descripción de la zona de estudio .....	27
4.1.1. Localización geográfica .....	27
4.1.2. Clima .....	27
4.2. Muestreo del suelo .....	28
4.3. Diseño experimental .....	28
4.4. Fórmulas fertilizantes .....	29
4.5. Siembra .....	31
4.6. Riegos .....	31
4.7. Fertilización .....	32
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	34
5.1. Rendimiento de materia verde .....	34
5.1.1. Planta completa .....	34
5.1.2. Peso fresco de panojas .....	38
5.1.3. Altura de la planta .....	40
5.1.4. hojas y tallos .....	45
5.1.5. Relación hoja/tallo .....	46
5.2. Rendimiento de materia seca .....	49
5.2.1. Planta completa .....	49
5.2.2. Peso seco de panojas .....	53
5.2.3. Porcentaje de materia seca total .....	57
5.2.4. Hojas y tallos .....	59
5.2.5. Relación hoja/tallo .....	60
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b> .....	66
<b>9. APENDICE</b> .....	72

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Precipitación mensual (mm) y temperatura mensual (°C) registradas durante el desarrollo del experimento .....	28
2	Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis físico-químico del suelo .....	29
3	Tratamientos probados en el experimento efecto de los fertilizantes líquidos sobre el cultivo de sorgo forrajero en suelos calcáreos del Noreste de México.....	30
4	Riegos aplicados en el experimento efecto de los fertilizantes líquidos sobre el cultivo del sorgo forrajero en suelos calcáreos del Noreste de México	31
5	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde de planta completa (g/maceta) .....	35
6	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta) .....	40
7	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m) .....	41
8	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde de la relación hoja/tallo (g/planta) .....	48
9	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta) .....	56

10	Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total .....	58
----	--	----

**FIGURA**

1	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L. ....	36
2	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L. ....	42
3	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en planta completa (g/maceta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L. ....	50
4	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L. ....	54
5	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L. ...	61

## INDICE DEL APENDICE

CUADRO	PAGINA
1A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta) .....	72
2A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta) .....	72
3A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta) .....	73
4A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta) .....	73
5A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m) .....	74
6A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m) .....	74
7A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en hojas (g/planta) .....	75
8A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en tallos (g/planta) .....	75
9A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en hojas (g/planta) .....	76
10A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en tallos (g/planta) .....	76

11A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia verde (g/planta) .....	76
12A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia verde (g/planta) .....	77
13A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en planta completa (g/maceta) .....	77
14A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en planta completa (g/maceta) .....	78
15A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta) .....	78
16A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta) .....	78
17A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total .....	79
18A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total .....	79
19A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en hojas (g/planta) .....	80
20A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en tallos (g/planta) .....	80
21A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en hojas (g/planta) .....	81

22A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca de tallos (g/planta) .....	81
23A	Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta) .....	81
24A	Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta) .....	82
25A	Características agronómicas promedio del híbrido del sorgo forrajero Cowhand .....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS

$H_3PO_4$	.....	Acido fosfórico
$HNO_3$	.....	Acido nítrico
$HNO_2$	.....	Acido nitroso
$H_2SO_4$	.....	Acido sulfúrico
$NH_3$	.....	Amoníaco
$NH_4^+$	.....	Amonio
S	.....	Azufre
[ $CO_3 (NH_4)_2$ ]	.....	Carbonato amónico
$CaCO_3$	.....	Carbonato de calcio
DMS	.....	Diferencia mínima significativa
$SO_2$	.....	Dióxido de azufre
$CaHPO_4$	.....	Fosfato dicálcico
$Ca(H_2PO_4)_2$	.....	Fosfato monocálcico
$Ca_3(PO_4)_2$	.....	Fosfato tricálcico
P	.....	Fósforo
°C	.....	Grados centígrados
g	.....	Gramos
kg/ha	.....	Kilogramos por hectárea
>	.....	Mayor que
meq	.....	Miliequivalentes
mm	.....	Milímetros
msnm	.....	Metros sobre el nivel del mar
$\mu g$	.....	Microgramos
$NO_3^-$	.....	Nitratos
$NO_2^-$	.....	Nitritos
N	.....	Nitrógeno
ppm	.....	Partes por millón
$P_2O_5$	.....	Pentóxido fosfato
u.e.	.....	Unidad experimental
[ $CO (NH_2)_2$ ]	.....	Urea

## RESUMEN

**Palabras clave:** Limitantes de la nutrición vegetal, fertilizantes líquidos ácidos, suelos calcáreos.

La fijación del N fertilizante, la rápida hidrólisis de la urea y la volatilización del amoníaco provocado por el pH alcalino, bajo contenido de materia orgánica y el alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  de los suelos calcáreos de Marín, N.L. son las limitantes principales de los cultivos para el aprovechamiento del N proveniente de la urea.

Una de las medidas para solucionar este problema es la aplicación de fertilizantes de residuo ácido como el sulfato de amonio y nitrato de amonio, además del azufre agrícola para retardar la hidrólisis de la urea.

Otra forma de mejorar el aprovechamiento del N fertilizante es mediante la aplicación directa de ácidos al suelo en forma de fertilizantes líquidos tales como la urea en solución, ácido fosfórico y ácido sulfúrico, entre otros.

El objetivo del presente estudio fué proporcionar información acerca de las formas de incrementar la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes líquidos de residuo

ácido aplicados a suelos calcáreos del noreste de México.

El experimento se realizó con un suelo de Marín, N.L. proveniente de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el cual se seleccionó por su baja respuesta a la fertilización nitrogenada. El experimento se desarrolló bajo condiciones de campo y laboratorio dentro de la misma institución.

Se usaron macetas de 20 kg de capacidad como unidades experimentales. Anterior a la siembra se realizó un muestreo de suelos (0-30 cm).

Para la fertilización se emplearon las fórmulas 1 (05-30-00-05) y 2 (26-00-00-08), las cuales contienen 05 y 26 kg de N a base de urea por cada 100 kg de la F1 y F2, respectivamente; 30 kg de P a base de  $H_3PO_4$  por cada 100 kg de la F1, así como 05 y 08 kg de S a base de  $H_2SO_4$  por cada 100 kg de la F1 y F2, respectivamente.

Se realizó la siembra de sorgo forrajero (Sorghum bicolor L. Moench var. Cowhan) colocando diez semillas por maceta. Se aplicaron los riegos requeridos por el cultivo (80 por ciento de capacidad de campo), se dejaron cinco plantas por unidad experimental y a las dos semanas de sembrado se aplicaron las dosis fertilizantes; las variables se midieron al encontrarse el cultivo en la etapa de grano lechoso.

Se encontró que existe efecto significativo de las fórmulas fertilizantes 1 y 2 sobre el rendimiento de materia verde y seca del sorgo forrajero en los suelos calcáreos de Marín, N.L.

Se observó efecto tóxico sobre las plantas debido a la aplicación de dosis mayores de 800 kg/ha de la F1 en combinación con 700, 1300 y 2000 kg/ha de la F2, posiblemente porque se afectó la absorción del nitrógeno fertilizante y su incorporación a la síntesis de proteínas, lo anterior debido a la alta concentración de  $\text{NH}_4^+$  y por consiguiente la baja producción de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo.

Así mismo, se encontró que las mejores dosis fertilizantes para este tipo de suelo fueron 400 + 700, 800 + 400 y 800 + 2000 kg/ha de la F1 y F2, respectivamente. Se concluyó que las de mejor rendimiento fueron la de 400 + 700 y 800 + 2000 kg/ha.

## SUMMARY

**Key words:** Limits of plant nutrition, liquid acid fertilizers, calcareous soils.

The fixation of nitrogen fertilizers, the quick hydrolysis of urea and the volatilization of ammonium caused by a pH alkaline, low content of organic matter and a high content of  $\text{CaCO}_3$  of calcareous soils of Marín, N.L. are the major limitations of the plants to assimilate nitrogen that comes from urea.

One way to solve this problem is by the application of a residual acid fertilizers like ammonium sulphate, ammonium nitrate, and also of sulphur to delay the urea hydrolysis.

Another way to improve the assimilation of nitrogen fertilizer is by applying acids directly to the soil in forms of liquid fertilizers like for example: urea in solution, phosphoric acid, sulphuric acid and others.

The objective of this study is to give information concerning the efficiency of liquid fertilizers of acid residual applied in calcareous soils of northeast of Mexico.

The experiment was made with a soil of Marín, N.L.,

which came from the Experimental Station of the Facultad de Agronomía of the Universidad de Nuevo León, which was selected by its low response to nitrogenous fertilizers. The experiment was developed in field and laboratory conditions in the same institution.

Flower-pot of 20 kg of capacity was used as experimental units. Before the planting, a soil analysis was made (0-30 cm).

In the application of fertilizer the following formulas was used 1 (05-30-00-05) and 2 (26-00-00-08), which contains 05 and 26 kg of nitrogen based on urea per each 100 kg of F1 and F2, respectively; 30 kg of phosphorus based on phosphoric acid ( $H_3PO_4$ ) per each 100 kg of F1 and also 05 and 08 kg of sulphur based on sulphuric acid ( $H_2SO_4$ ) per each 100 kg of F1 and F2, respectively.

The planting of forage sorghum (Sorghum bicolor L. Moench Var. Cowhand) was made by putting 10 seeds per flower-pot. The irrigation was subminister according to the needs of the plant (80 % of field capacity), 5 plants were left per experimental unit and 2 week after planting, the dose of fertilizers was applied; the variables was measured when the plant grains was in a milky stage.

Effects significantly was found in formulas of fertilizers 1 and 2 in the production of green and dry matters of sorghum forage in the calcareous soils of Marín, N.L.

Toxic effects was observed on the plants due to the application of a high dose of 800 kg/ha of F1 in combination with 700, 1300 and 2000 kg/ha of F2, probably because the nitrogen fertilizers was affected and its incorporation to the synthesis of protein, it was due to a high concentration of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) and by a low production of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) in the soil.

And also it was found that the best dose of fertilizers for this type of soil were 400 + 700, 800 + 400 and 800 + 2000 kg/ha of F1 and F2, respectively. It was concluded that the best production were 400 + 700 and 800 + 2000 kg/ha.

## 1. INTRODUCCION

La región semiárida de Nuevo León presenta gran variabilidad de suelos, vegetación, tipos de agricultura y climas. Se caracterizan estos últimos por las lluvias erráticas, impredecibles, de corta duración, así como oscilaciones altas de temperatura. Bajo estas condiciones se practica una agricultura de temporal donde los cultivos básicos principales son maíz, sorgo y avena, entre otros.

Las limitantes principales para los suelos de Marín, N.L., como en todos los suelos calcáreos, típicos del Noreste de México, es la rápida hidrólisis de la urea, la volatilización del amoníaco y la fijación del nitrógeno fertilizante, producto del pH alcalino (7.8) del suelo, el bajo contenido de materia orgánica (1-2%) el alto contenido de carbonato de calcio y magnesio (> 10%), la textura arcillosa del suelo, y la alta temperatura ambiental (Sánchez, 1989). Estos problemas traen como consecuencia que los fertilizantes nitrogenados reduzcan su eficiencia a menos del 50 por ciento para nutrir a los cultivos.

Una de las medidas para solucionar el problema, es la aplicación de fertilizantes de residuo ácido, como el sulfato de amonio y el nitrato de amonio, además de utilizar otras prácticas para retardar la hidrólisis de la urea, como la

aplicación de azufre agrícola.

La aplicación de azufre en suelos calcáreos, conduce a la formación de  $H_2SO_4$  en el suelo y por consecuencia a una reducción del pH alcalino (Sánchez, et al., 1991); el efecto acidificante del azufre solubiliza micronutrientes como el Fe, Zn, Fe, Mn, Cu y  $HPO_4^{2-}$  y crea condiciones en el suelo que controlan la liberación del nitrógeno fertilizante (Díaz, 1991).

Otra forma de reducir las pérdidas de nitrógeno es por medio de la aplicación directa de ácidos al suelo, en forma de fertilizantes líquidos tales como urea en solución,  $H_3PO_4$  y  $H_2SO_4$ , entre los más usados. Esta aplicación directa de ácidos favorece la absorción inmediata de nutrimentos ( $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $H_2PO_4^-$  y  $SO_4^{2-}$ ), y la solubilización de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu) (Sánchez, et al., 1991).

El sorgo forrajero es un cultivo que responde bien a la aplicación de nitrógeno, además de ser una planta tolerante a altos contenidos de salinidad, escasa precipitación, y a las altas temperaturas. Este cultivo proporciona una alta producción de forraje para el ganado en etapas críticas, como lo es la temporada de sequía.

Por ser el sorgo forrajero un cultivo que se adapta a las condiciones prevalecientes en la zona norte del estado de Nuevo León y ante la necesidad de maximizar la eficiencia de --

los fertilizantes aplicados en los suelos calcáreos. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar información acerca de la eficiencia de los fertilizantes líquidos de residuo ácido en los suelos calcáreos del Noreste de México mediante el cultivo del sorgo forrajero.

## 2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Los objetivos específicos de este trabajo fueron los siguientes:

### 2.1. Objetivos

1. Probar dos fórmulas de fertilizantes líquidas de residuo ácido en el suelo, F1 (05-30-00-05) y F2 (26-00-00-05) y observar su efecto sobre el rendimiento de sorgo forrajero.
2. Determinar la dosis mas apropiada de las fórmulas líquidas para fertilizar los suelos calcáreos.

### 2.2. Hipótesis.

Las hipótesis que se plantearon en este trabajo fueron las siguientes:

- Ho 1) No existe efecto de las fórmulas F1 y F2 sobre el rendimiento del sorgo forrajero.
- Ho 2) No existe efecto de las dosis fertilizantes líquidas aplicados a los suelos calcáreos sobre el rendimiento del cultivo de sorgo.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Suelos calcáreos.

Las limitantes principales para los suelos calcáreos del Noreste de México son la rápida hidrólisis de la urea, producto del pH alcalino del suelo (7.8), el bajo contenido de materia orgánica (1-2%), el alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  (>10%), la textura arcillosa del suelo y la alta temperatura ambiental (Sánchez, 1989). Estos problemas ocasionan que los fertilizantes nitrogenados tengan en dichos suelos una eficiencia menor del 50 por ciento para nutrir a los cultivos, así como deficiencia de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu así como de N y P). (Sánchez, et al, . 1991).

Una de las medidas para solucionar el problema es la aplicación de ácidos (tales como urea en solución,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , entre otros), o formadores de ácidos en el suelo, como azufre agrícola, o bien fertilizantes de residuo ácido como el sulfato de amonio y el nitrato de amonio.

#### 3.1.1. Características de los suelos calcáreos.

Un suelo calcáreo es aquel que contiene carbonato de

calcio. Los suelos alcalinos se encuentran incluidos entre los suelos calcáreos debido a que presentan altos contenidos de carbonato de calcio y magnesio ( $> 10\%$ ), un bajo contenido de materia orgánica, y un pH alcalino.

En general los suelos calcáreos se encuentran en las zonas áridas y semiáridas. Los suelos alcalinos presentan pH mayor de 7.0 y por lo tanto no deben de ser confundidos con los sódicos, los cuales presentan alto contenido de sodio intercambiable y un pH superior a 8.5 (Aceves, 1981).

•

Otros aspectos que caracterizan a los suelos de las zonas áridas son los siguientes:

- A) Valores altos de pH (arriba de 7.0). Esto se debe al reemplazo en las arcillas de elementos tales como Al e H por  $\text{Ca}^{2+}$ , Mg, Na y K; disminuyendo con ello la concentración de iones  $\text{H}^+$  y aumentando simultáneamente los iones  $\text{OH}^-$ , esto trae como consecuencia el aumento del pH en la solución del suelo.
- B) Se muestran bajos en su contenido de materia orgánica; el nitrógeno y fósforo se encuentra en los horizontes superficiales, lo que hace necesario la incorporación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos de reacción ácida para suplir estas deficiencias.
- C) Presentan acumulación de  $\text{CaCO}_3$  en alguna capa del perfil

del suelo.

D) Biológicamente los organismos que se encuentran en estos suelos son activos a mayor profundidad. Esta situación se debe a la escasa precipitación en las zonas áridas (Buckman y Brady, 1977):

Por otra parte, en los suelos calcáreos se forman una gran cantidad de arcillas del tipo montmorillonita. Este tipo de arcillas se encuentran ordinariamente en áreas de avena--- miento deficiente y clima árido o semiárido, contienen buena cantidad de silicio y óxidos hidratados de hierro y aluminio (Russell y Russell, 1968).

Este tipo de arcilla ocasiona que en seco se formen grietas de más de 1 cm de ancho y 50 cm de profundidad. Son suelos desfloculados, con estructura columnar o prismática de color gris o pardogrisáceo; éstos al humedecerse forman una masa de tipo granular, son aislados y al secarse se contraen formando la estructura columnar (Robinson, 1967).

Estas columnas son muy duras, grandes y con bordes bien definidos, con caras lisas, son extremadamente difíciles de manejar al estar húmedas debido a que son muy plásticas y adherentes, así mismo forman terrones compactos y duros cuando están secos (Buckman y Brady, 1977).

Bord (1948), usó el término calcáreo para definir aquellos suelos que contienen altas cantidades de calcio intercambiable y cantidades limitadas de kaolinita u óxidos hidratados de fierro y aluminio, y en los que el calcio juega un papel dominante en la solubilidad de nutrientes aplicados al suelo.

### **3.1.2. Suelos de la región.**

Son suelos del tipo calcáreo que pertenecen al grupo de los vertisoles, profundos, de colores claros a oscuro y de origen aluvial, estos suelos se localizan en las partes bajas de las zonas planas, contienen del 40 al 65 por ciento de arcillas tipo montmorillonita en todo el perfil. Presentan grietas de más de 5 cm de ancho y 100 cm de profundidad en la época seca. La alcalinidad va desde ligera hasta moderada, en ocasiones son salinos y sódicos en menor grado. Frecuentemente contienen altos contenidos de  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil, además de un contenido de materia orgánica menor o igual a 2 por ciento, y pH rara vez mayor de 8.5 (Secretaría de Programación y presupuesto, 1981).

### **3.1.3. Principales deficiencias que presentan los suelos calcáreos.**

Los suelos calcáreos de la región árida y semiárida del estado de Nuevo León presentan problemas de baja fertilidad y

deficiencias nutrimentales para las plantas, dichas deficiencias del suelo pueden inferirse con confiabilidad a partir del pH del suelo.

Los suelos de las regiones áridas y semiáridas son frecuentemente ricos en caliza y muy pobres en ácido fosfórico y compuestos nitrogenados. Su elevado pH origina una reducción en la solubilidad y disponibilidad para las plantas del cobre, hierro, manganeso, nitrógeno, fósforo, azufre y zinc. Además de tener problemas con la volatilización del nitrógeno y la precipitación del fósforo (Tamhane, et al., 1978).

Dregne en 1976 citado por Serrato (1989), encontró que en una pasta de suelo con pH cercano a 8.0 se encontraban cantidades considerables de Ca, Mg, y K y fue baja la cantidad de P, Fe y Zn. Con estos resultados demostró que los nutrientes esenciales para las plantas (N, P, Zn, Fe, Mn, B) no se encuentran disponibles con pH elevado.

En otro experimento el mismo autor, trabajando con una pasta de suelo con un pH alto (8.5), encontró que el Na intercambiable y el  $\text{CaCO}_3$  pueden estar en exceso y causan condiciones físicas y químicas indeseables, propiciando así la baja fertilidad y deficiencias nutrimentales (N, P, Ca, Zn, Fe, Mg, Mn, entre otros) propios de los suelos calcáreos

(Dregne, 1976 citado por Serrato, 1989).

### 3.2, Fertilización en suelos calcáreos.

Los fertilizantes nítricos se adaptan bien al rápido control de deficiencias de nitrógeno en el suelo, esto gracias a la fácil traslocación y rápida absorción de los iones nitrato por las plantas. En suelos de tipo alcalino-árido los fertilizantes nítricos denotan ser superiores a los amoniaca-les, 'esto debido' a que los amoniacaes tienen que pasar por el proceso de amonificación y luego por el de nitrificación para ser aprovechado por las plantas; por el contrario los fertilizantes nítricos pueden ser asimilados inmediatamente despues de ser incorporados al suelo (Jacob y Vexkull, 1973). Lo anterior es una ventaja para los suelos calcáreos, que por sus características agronómicas (pH, materia orgánica conte--nido de  $\text{CaCO}_3$ , etc.), los fertilizantes nitrogenados tienen una eficiencia menor del 50 por ciento para nutrir a los cultivos (Sánchez, 1989).

En los suelos calcáreos, las sales solubles de calcio disminuyen la solubilidad de los fertilizantes fosforados, formando fosfatos dicálcico ( $\text{CaHPO}_4$ ) y tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  de baja solubilidad (Sánchez, 1988).

El fosfato monocálcico  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  se disuelve en la

solución del suelo, formando aniones fosfóricos ( $H_2PO_4^-$ ) y cationes cálcicos ( $Ca^{2+}$ ), una vez ionizados los aniones fosfóricos se fijan en la arcilla, humus y caliza, lo que inmoviliza el fertilizante (Sánchez, 1988).

Los aniones fosfóricos son retenidos en el exterior y al interior de las micelas, directamente en la capa de aluminio o por medio de calcio en las láminas de sílice. En donde los fosfatos son fijados en los espacios interlaminares, éstos no participan del cambio iónico, por lo que quedan inmovilizados en la arcilla sin ser absorbidos por las plantas (Sánchez, 1988).

### 3.2.1. Fertilizantes líquidos.

Un fertilizante líquido es una solución que contiene una o más formas de nutrimentos solubles en agua. Materiales similares a los que se usan en la manufactura de fertilizantes líquidos se han agregado a los suelos durante muchos años disolviéndolos en las aguas de riego y como componentes de los fertilizantes secos convencionales. Las ventajas que presentan éstos sobre los fertilizantes secos incluyen (Rodríguez, 1982):

- a) Menor trabajo en la manipulación de bombas y tuberías.
- b) Su aplicación como aspersiones foliares.

- c) La conveniencia de mezclarse con pesticidas.
- d) Rápida asimilación de nutrimentos por la planta.
- e) Menor cantidad de fertilizante aplicado para corregir deficiencias nutrimentales.
- f) Reducción de pérdidas de nitrógeno por lixiviación, volatilización, etc. (Rodríguez, 1982).

Dentro de las desventajas se mencionan:

- a) Aumenta la fijación del fósforo al aplicarlo mezclado con el suelo y no en bandas.
- b) Corrosión del equipo y recipientes metálicos.
- c) Necesidad de contar con equipo especial para almacenamiento y aplicación.
- d) Requiere personal capacitado para preparar las soluciones.
- e) Resulta costosa su fabricación debido al alto precio del  $H_3PO_4$  (Petroquímica de México, 1982).

Un método popular usado para fabricar fertilizante líquido consiste en la neutralización del ácido fosfórico con el amoníaco. Los fertilizantes con varias proporciones de nitrógeno y fósforo se pueden obtener variando el grado de neutralización (Fassbender, 1984).

### 3.2.2. Características de los productos que constituyen los fertilizantes líquidos.

#### 3.2.2.1. Urea [ $\text{CO} (\text{NH}_2)_2$ ].

La urea pertenece al grupo de las amidas, el producto comercial contiene 46 por ciento de nitrógeno. Se presenta en forma granulada de color blanco o crema, es altamente higroscópica por lo que no se recomienda mezclarlo con otros fertilizantes cuando se va a almacenar la mezcla, es posible hacerlo cuando la aplicación será inmediatamente (Flores, 1990).

Este producto es completamente soluble en la solución del suelo. Al aplicar la urea al suelo se transforma en carbonato amónico [ $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$ ], induciendo a una cierta alcalinidad; luego las bacterias lo nitrifican pasando al estado de nitrato y produciendo finalmente una reacción ácida; su índice de acidez es de 84.6 (Rodríguez, 1982).

#### 3.2.2.2. Acido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

Este ácido se emplea en la fabricación de fertilizantes líquidos. Su presentación industrial es líquida; aporta al suelo iones  $\text{HPO}_4^{3-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  e  $\text{H}^+$ , disminuye el pH y permite la solubilización de elementos como P, Zn, Cu, Mg, Mn y Fe

(Tisdale y Nelson, 1982).

En los suelos calcáreos, que contienen altos contenidos de  $\text{CaCO}_3$  y pH mayor de 7.5 producen fijación de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bajo la forma de fosfatos cálcicos (Través, 1962).

### 3.2.2.3. Acido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Esta ácido es fuertemente corrosivo, reacciona violentamente con el agua, su presentación es líquida. Como fuente fertilizante aporta al suelo iones  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{H}^+$ , al igual que el  $\text{H}_3\text{PO}_4$  disminuye el pH del suelo y solubiliza los micronutrientes.

Dentro de los materiales acidificantes los más comunmente usados son el  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , S,  $\text{FeSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_2$  (Aburto, 1987). Sin embargo, el S elemental y el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  son los mayormente empleados, siendo el S elemental el más económico (Tisdale y Nelson, 1982).

El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es un material de empleo delicado aún cuando libera los nutrientes en forma inmediata; sin embargo, también solubiliza los agregados minerales que forman la arcilla, impidiendo con esto la retención de los nutrientes y favoreciendo las pérdidas de éstos por lixiviación (Tisdale y Nelson, 1982).

En forma estimativa, se ha encontrado que se pierde entre el 30 y el 60 por ciento del nitrógeno aplicado como fertilizante al suelo, aunque bajo ciertas condiciones, tales pérdidas pueden llegar al 80 por ciento.

Existen cinco mecanismos principales por los cuales el nitrógeno del suelo queda fuera del alcance físico, químico y biológico de las raíces de los cultivos y por consiguiente, fuera de su posible aprovechamiento como nutriente, dichos mecanismos son: Volatilización, lixiviación, nitrificación, desnitrificación y erosión (ADIFAL, 1988).

### **3.3. El nitrógeno en el suelo.**

#### **3.3.1. Pérdidas.**

A través de varios años de estudio se ha demostrado (Serrato, 1989) que existen pérdidas de nitrógeno encontrado en el suelo por otras causas aparte de la filtración y eliminación de nutrientes de las cosechas. Dichas pérdidas ocurren cuando el gas nitrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico y amoníaco son liberados a causa de ciertas reacciones químicas y biológicas que ocurren en el suelo (Serrato, 1989).

El nitrógeno desaparece del suelo a través de los procesos siguientes: a) Volatilización del amoníaco, b) lixiviana---

ción, c) nitrificación, d) desnitrificación y e) erosión.

**3.3.1.1. Volatilización del amoníaco.** La volatilización de amoníaco es propiciada en suelos alcalinos con baja humedad y alta temperatura; se lleva a cabo de la siguiente manera (Tisdale y Nelson, 1982):



El gas  $\text{NH}_3$  libre escapa más rápidamente cuando se aplican fuentes fertilizantes que contienen el nitrógeno en forma de  $\text{NH}_4^+$ , así como también si los fertilizantes son colocados en la superficie de suelos alcalinos, según la reacción anterior.

En un experimento que se llevó a cabo con el fin de evaluar las pérdidas de  $\text{NH}_3$  en un suelo tipo calcáreo aplicando urea y nitrato de amonio como fuentes fertilizantes sobre el cultivo de trigo (Triticum aestivum) y con cobertura de paja, se encontró que las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  fueron de 7.6 y 16.6 por ciento, respectivamente (McInnes, et al., 1985).

Sánchez (1989), condujo un experimento en laboratorio e invernadero en un suelo calcáreo de Marín, N.L., para estudiar la dinámica de la urea y el sulfato de amonio. Encontró que las mayores pérdidas de nitrógeno por volatili--

zación se presentaron al aplicar 300 ppm de N, seguida en orden decreciente por la dosis de 150 ppm y el testigo. Concluyó que las pérdidas de nitrógeno fueron más grandes con la aplicación de urea que con sulfato de amonio.

**3.3.1.2. Lixiviación.** Al ser los nitratos los más solubles en agua, son también los más susceptibles a perderse por lixiviación. La lixiviación de los nitratos constituye uno de los canales de pérdidas más importantes del nitrógeno del suelo (ADIFAL, 1988). Debido a que el movimiento del nitrógeno está bastante relacionado al movimiento del suelo (Wetselar, 1973).

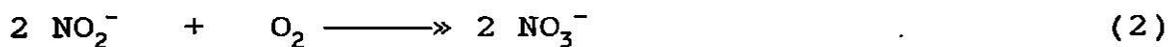
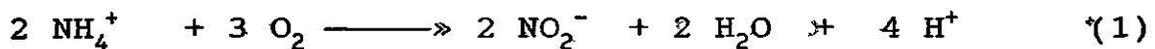
A medida que más y más agua entra en el suelo, el nivel de nitratos en la parte superior del perfil se puede acercar a un valor de cero y por lo tanto el nivel de estos se va incrementando en las profundidades.

Investigaciones en la región, han mostrado que del 15 al 20 por ciento del nitrógeno aplicado al cultivo se pierde por lixiviación (ADIFAL, 1988).

Wild y Cameron (1980), citan que Thies, et al., en 1977, encontraron que hay una ligera tendencia hacia mayores pérdidas por lixiviación de fuentes fertilizantes a base de nitra-

tos que aquellos a base de amonio.

**3.3.1.3. Nitrificación.** La nitrificación es un proceso de oxidación enzimática provocado por organismos autótrofos que transforman el amonio a nitrato, esto sucede según las siguientes reacciones (Boswell, et al., 1985):



La reacción (1) se realiza por medio de las bacterias Nitrosomonas spp y la reacción (2) se lleva a cabo por medio de las bacterias Nitrobacter spp. Este proceso implica tres importantes consideraciones:

- i) Es un proceso biológico por lo tanto se ve afectado por las condiciones ambientales;
- ii) requiere oxígeno, y
- iii) es un proceso acidificante (Boswell, et al., 1985).

En suelos muy alcalinos se sabe que la segunda reacción puede ser detenida hasta después que la concentración de iones  $\text{NH}_4^+$  quede reducida a un nivel relativamente bajo (Boswell, et al., 1985).

Al agregar fertilizantes amoniacales a los suelos de tipo calcáreo con frecuencia se observa una fase de letargo en el proceso de nitrificación, esto no ocurre cuando se

aplican bajas dosis de N fertilizante. Dicho retardo de la nitrificación ocurre en el paso de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  (Boswell, et al., 1985). Esto ocasiona que el pH del suelo y la volatilización del  $\text{NH}_4^+$  aumenten considerablemente, debido a la alta concentración de amoníaco presente en la zona de aplicación del fertilizante o posiblemente a la dilución de inhibidores de la misma reacción de origen orgánico (Donahue, et al., 1981).

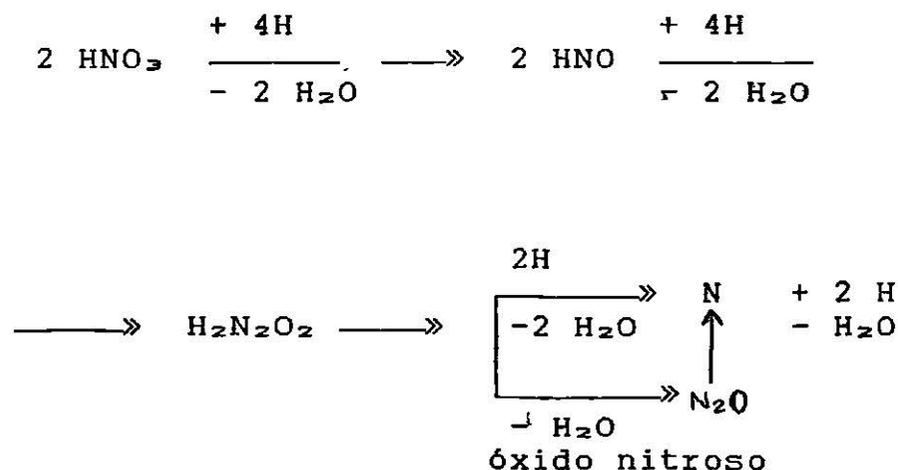
La nitrificación realizada por bacterias autotróficas es más rápida en suelos con pH neutro o ligeramente alcalino (pH de 7.0 a 8.0) Magalhaes, et al., 1987. Díaz, 1991 reporta que la producción de nitratos en suelos calcáreos comienza desde los primeros cuatro días y que esta tiende a ser constante a través del tiempo de incubación. Magalhaes, et al., (1987) aplicaron urea en solución, urea granulada, a una dosis de  $31.6 \mu\text{g N}/60 \text{ g}$  de suelo, observaron que los nitritos se acumularon en el suelo, debido a que la alcalinidad de este inhibió más a las bacterias Nitrobacter spp que a las Nitrosomonas spp. En otro estudio (Magalhaes y Chalk, 1987), encontraron que con la adición de altas cantidades de urea (1,200 ppm) se presentó una acumulación de nitritos por consecuencia de inhibirse la nitrificación.

**Factores del suelo que afectan la nitrificación.** Las bacterias nitrificantes son mucho más sencibles al ambiente, que los organismos heterótrofos aminizantes y amonificantes. Las condiciones del suelo que influyen en la velocidad de nitrificación son las siguientes:

- a) Aireación del suelo: El proceso de nitrificación requiere aire para la oxidación.
- b) Temperatura: La más favorable para el proceso es de 27 a 32°C, fuera de este intervalo se reduce la nitrificación (Alexander, 1977).
- c) Humedad: El proceso de nitrificación es directamente controlado por la cantidad de humedad en el suelo, encontrándose que tanto escasa como abundante humedad retrasan el proceso (Allison, 1973; Tisdale y Nelson, 1975, citados por Boswell, et al., 1985).
- d) Fertilizantes: Aplicaciones de grandes cantidades de nitrógeno amoniacal en suelos fuertemente alcalinos hacen bajar la segunda reacción de la nitrificación (Trinidad, 1982 citado por Serrato, 1989).

**3.3.1.4. Desnitrificación.** Se conoce como desnitrificación a toda reducción biológica de los iones nitrito y nitrato del suelo, hacia compuestos gaseosos del nitrógeno. Cuando los suelos se encharcan el oxígeno es excluido y puede presentar descomposición anaeróbica de los compuestos nitrogenados. Ciertos organismos anaeróbicos como Pseudomonas, Micrococcus,

Bacillus y Achromobacter y de organismos autótrofos que reducen a los nitratos como el Thiobacillus, Desnitrificans y Thiobacillus thoporus. Toman el oxígeno de los nitratos y nitritos con liberación simultánea de nitrógeno y de óxido nitroso. Los caminos probables por donde estas pérdidas de nitrógeno se realizan, al menos aproximadamente, se indican en el siguiente esquema (ADIFAL, 1988)?



La desnitrificación se afecta por el pH alto del suelo (pH mayor de 7.0), humedad, bajo contenido de oxígeno del suelo y por el bajo contenido de materia orgánica (1 a 2%) existente en los suelos calcáreos (Serrato 1989).

3.3.1.5. Erosión. El nitrógeno también puede perderse por medio de erosión causada por el agua debido al arrastre de la materia orgánica. La forma más lavada del nitrógeno es la de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Los iones de amonio y nitrato son muy solubles en agua, el ion amonio, cargado positivamente, es

retenido en los lugares de intercambio catiónico resistiendo el lavado. Las pérdidas por lavado aumentan con la cantidad de agua percolada y cuando poco o nada de cubierta vegetal se encuentra para utilizar los nitratos, éstas pérdidas son tan rápidas como éstos se producen por nitrificación (Donahue, et al., 1981).

Limpan y Conybeare citados por Vázquez (1985) estimaron que un promedio de 24.2 kg/ha de nitrógeno se pierden anualmente en las áreas de cultivo en los E.U.A. por la erosión.

#### **3.4. Forma de aplicación de los fertilizantes.**

Los modos más comunes de aplicar los fertilizantes en el suelo son las siguientes:

- a) En líneas, en contacto con la semilla.
- b) En líneas ligeramente abajo, encima, ó debajo, incluso al mismo nivel de la semilla.
- c) En fajas sobre la superficie de la capa no removida por el arado.
- d) Al voleo sobre la superficie.
- e) Al voleo sobre la superficie, enterrado con un pase de rastra.
- f) Al voleo sobre la superficie, enterrándolo con el

arado.

- g) Aspersiones en soluciones fertilizantes a la planta, vía foliar (Fernández, 1982 citado por Serrato, 1989).

Serrato (1989), ha señalado que se requiere de sólo el 50 por ciento de fertilizante cuando éste se aplica en bandas (surcos) en maíz, que lo que se aplica al voleo. (Lock y Hons, 1988 citados por Serrato, 1989) mencionan que la colocación del fertilizante nitrogenado en bandas bajo la superficie puede reducir las pérdidas por volatilización de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y la inmovilización del nutrimento.

Las anteriores investigaciones han conducido a recomendar cuales son las formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados más adecuadas. Los resultados han mostrado que las aplicaciones en banda a 5 cm a un lado, y abajo de la semilla, son más eficientes para los cultivos y no se corre el riesgo de dañar a la semilla (Lock y Hons, 1988 citados por Serrato, 1989).

### **3.5. Estudios realizados sobre la fertilización de suelos calcáreos en la región.**

Gutiérrez (1984), realizó un experimento en maíz,

utilizó tres fertilizantes nitrogenados (urea, sulfato y nitrato de amonio) bajo cuatro niveles (0, 50, 100 y 150 kg/ha) para cada fuente. Los resultados mostraron diferencia altamente significativa entre las dosis, más no así para las fuentes probadas, siendo la mejor dosis la de 100 kg de N/ha más 40 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Durón (1987), probó la fertilización nitrogenada al suelo y foliar en frijol. Se usaron las dosis 0, 25, 50, 75 y 100 kg/ha de N y P para aplicación al suelo y foliar y el 50 por ciento de la dosis para aplicación foliar en el desarrollo del cultivo. Encontró que para el rendimiento de grano (kg/ha) existe diferencia estadística significativa en las diferentes formas de aplicación de N, donde la aplicación al suelo presentó los más altos rendimientos.

Sánchez (1989), realizó un experimento de fertilización nitrogenada (aplicando urea y sulfato de amonio como fuentes) en suelos calcáreos sobre el cultivo del sorgo. Encontró que el rendimiento en materia seca del sorgo se incrementó cuando se aplicaron 75 ppm de N en forma de urea y descendió con la aplicación de 150 ppm de N de la misma fuente. Al aplicar sulfato de amonio la producción de materia seca aumentó con las dosis de nitrógeno aplicado.

Monsivaís (1989), en un experimento con trigo no encontró respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada con niveles hasta de 150 y 90 kg/ha, respectivamente; las fuentes fertilizantes fueron urea y superfosfato de calcio triple.

Albalate (1992), realizó un experimento de fertilización nitrogenada aplicando urea, sulfato y nitrato de amonio como fuentes, combinándolo con azufre agrícola, sobre el cultivo del sorgo forrajero. Encontró que el mayor contenido de proteína se logró con la aplicación de urea y, el sulfato de amonio con o sin azufre disminuyó el rendimiento del cultivo.

### **3.6. Técnicas para incrementar la eficiencia de los fertilizantes.**

Debido a los problemas de pérdidas de los nutrientes que presentan los fertilizantes nitrogenados aplicados a suelos de tipo calcáreo, es de mucha importancia encontrar técnicas que permitan un mayor aprovechamiento de estos.

Foth (1985), señala que la urea revestida con azufre ha presentado una buena alternativa para la liberación lenta del nitrógeno en algunos cultivos que tardan dos años en madurar. Por ello la fertilización nitrogenada ha reducido las pérdidas por lixiviación y un menor número de aplicaciones.

Díaz (1991), encontró que la aplicación de urea más 20

meq de S/100 gr de suelo retardó la hidrólisis de la urea de 36 a 96 horas, aumentando la permanencia del  $N-NH_4^+$  en el suelo.

Otro factor que influye es sin duda el riego; según Zweifel, et al., (1985) es de vital importancia que al momento de aplicar los riegos éstos sean moderados, debido a que pueden causar pérdidas de nitrógeno mediante la lixiviación.

Existen otras formas para mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados como son: para zonas lluviosas con suelos arenosos se recomienda aplicar urea recubierta con azufre, urea-forma, etc. y para condiciones de temporal pobre el uso de fertilizantes en forma fluída, acua-monia, por ejemplo (Meléndez, 1983).

Una técnica que está tomando auge para disminuir las pérdidas del nitrógeno en suelos calcáreos es la aplicación de fertilizantes en forma líquida, ya que éstos son utilizados en soluciones iniciadoras, en agua de irrigación, y para aplicación directa al suelo. Dentro de los materiales más usados en su elaboración es la urea en solución,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , amoníaco acuoso, urea-nitrato amónico, cloruro potásico, entre otros (Tisdale y Nelson, 1982).

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio.

#### 4.1.1. Localización geográfica.

El presente trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano de 1992, en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el Municipio de Marín, N.L; geográficamente está situado a los 25° 57' de latitud norte, 100° 03' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una elevación de 367.3 msnm.

#### 4.1.2. Clima.

El clima predominante en el área es árido, tipo BSI (h') hx'(e') de acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973). La precipitación varía de 300 a 600 mm anuales en promedio, la máxima se registra durante el mes de septiembre y varía de 110 a 120 mm; en el mes de marzo se registra la mínima precipitación de 10 a 15 mm. La temperatura media anual es superior a los 22°C mientras que la temperatura media mensual durante el período de mayo a agosto es de 33 a 35°C, y para los meses de enero y diciembre de 10 a 15°C.

En el Cuadro 1 se muestra la precipitación y temperatura

media mensual reportadas durante el desarrollo del experimento.

**Cuadro 1** Precipitación mensual (mm) y temperatura mensual (°C) registradas durante el desarrollo del experimento.

Año: 1992	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precipitación mensual	6.3	13.4	84.5	17.1
Temperatura mensual	20.5	22.7	23.0	31.4

Fuente: Estación Experimental, FAUANL.

#### 4.2. Muestreo del suelo.

Anterior a la siembra, se realizó un muestreo al azar (0-30 cm). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas de la Facultad de Agronomía de la UANL.

En el Cuadro 2 se describen las determinaciones y metodologías empleadas en el análisis.

#### 4.3. Diseño experimental.

El diseño experimental empleado fue el de Bloques Completamente al Azar. Como unidades experimentales se emplearon bolsas de polietileno con capacidad de 20 kg de

suelo. Los tratamientos probados en el experimento se muestran en el Cuadro 3. Las cantidades calculadas de la F1 y F2 se hicieron considerando una profundidad de 30 cm y una densidad de 1.25 g/cm<sup>3</sup> del suelo.

**Cuadro 2** Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis físico-químico del suelo.

Determinaciones	Metodología	Referencia
pH del suelo 1:2	Potenciómetro	Peech, 1965
Sales solubles 1:5	Puente de Wheatstone	Richards, 1949
Materia orgánica	Walkley y Black	Walkley, 1947
% de nitrógeno total	Kjeldahl	Jackson, 1982
Fósforo aprovechable	Olsen	Olsen, <u>et al.</u> , 1954
Potasio aprovechable	Peech y English	Morgan, 1932
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	Bouyoucos, 1951

#### 4.4. Fórmulas fertilizantes.

Las fórmulas fertilizantes empleadas fueron las siguientes: F1 (05-30-00-05) y F2 (26-00-00-08). Estas contenían 5 y 26 kg de N a base de urea por cada 100 kg de la F1 y F2 respectivamente; 30 kg de P a base de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> por cada 100 kg de la F1 y 5 y 8 kg S a base de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por cada 100 kg de la F1 y F2, respectivamente.

Las dosis seleccionadas se eligieron de experimentos

realizados anteriormente en la FAUANL, en los cuales éstas mostraban su mejor efecto en cuanto a rendimiento.

El estudio consistió de 16 tratamientos con cuatro repeticiones dando un total de 64 unidades experimentales que componen el experimento.

**Cuadro 3** Tratamientos probados en el experimento efecto de los fertilizantes líquidos sobre el cultivo de sorgo forrajero en suelos calcáreos del Noreste de México.

TRATAMIENTO	N(Urea) (kg/ha)	P(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) (kg/ha)	S(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (kg/ha)	F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
1	00	00	00	00	00
2	10	60	10	400	00
3	20	120	20	800	00
4	30	180	30	1200	00
5	104	00	24	00	700
6	114	60	34	400	700
7	124	120	44	800	700
8	134	180	54	1200	700
9	208	00	48	00	1300
10	218	60	58	400	1300
11	228	120	68	800	1300
12	238	180	78	1200	1300
13	312	00	72	00	2000
14	322	60	82	400	2000
15	332	120	92	800	2000
16	342	180	102	1200	2000

Donde:

N= Nitrógeno, P= Fósforo, S= Azufre.

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>= Acido fosfórico.

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= Acido sulfúrico.

F1 y F2= Fórmulas fertilizantes.

El experimento se estableció a un lado del Banco de Germoplasma del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

#### 4.5. Siembra,

La siembra se realizó el día 12 de marzo de 1992, ésta se efectuó a mano colocando diez semillas por unidad experimental. La semilla utilizada fue la variedad americana de sorgo forrajero CowHand (pata de vaca) con una germinación del 85 por ciento.

#### 4.6. Riegos.

Los riegos que se aplicaron fueron los suficientes para mantener el suelo al 80 por ciento de la capacidad de campo (cc). Se utilizaron aproximadamente 500 ml de agua en cada riego.

En el Cuadro 4 se muestran los riegos efectuados durante el desarrollo del cultivo.

**Cuadro 4** Riegos aplicados en el experimento efecto de los fertilizantes líquidos sobre el cultivo de sorgo forrajero en suelos calcáreos del Noreste de México.

NUMERO DE RIEGOS	FECHA
5	13 al 30 de marzo
6	05 al 30 de abril
3	05 al 20 de mayo
10	10 al 22 de junio

El día 24 de marzo se realizó el aclareo en las unidades experimentales dejando cinco plantas por tratamiento.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron enfermedades, plagas y malezas que fueron oportunamente controladas.

#### **4.7. Fertilización.**

La aplicación de los fertilizantes líquidos a las unidades experimentales se realizó el 17 de abril de 1992. Las dosis fertilizantes se disolvieron en 500 ml de agua, aplicándose a la base de las plantas.

La medición de las variables agronómicas para evaluar el efecto de la fertilización se realizó en el estado lechoso del grano, estas fueron: altura de planta, rendimiento de materia verde y seca de hoja y tallo, peso fresco y seco de panojas, rendimiento de materia verde y seca total, porcentaje de materia seca total, rendimiento de materia verde en planta completa, tasa de rendimiento de hoja/tallo de materia verde y seca. Estas variables se sometieron al análisis de varianza.

En el Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas de la FAUANL se observó el efecto de los fertilizantes líquidos

ácidos en dos tiempos: inmediatamente despues de aplicados los fertilizantes y una semana despues, durante los días 16 y 23 de junio se midió el pH y CE del suelo despues de la aplicación de fertilizantes. La muestra analizada fue de 10 g de suelo.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados encontrados durante el desarrollo de este trabajo se discuten por separado para cada variable. La evaluación del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde del sorgo forrajero se dividió en las siguientes partes: planta completa, peso fresco de panojas, altura de la planta, hojas, tallos, y relación hoja/tallo. Para materia seca: planta completa, peso seco de panículas, porcentaje de materia seca total, hojas, tallos, y relación hoja/tallo.

### 5.1 Rendimiento de materia verde.

#### 5.1.1. Planta completa.

Los resultados de materia verde de planta completa se encuentran en el Cuadro 1A; estos se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 2A) encontrando diferencias ( $\alpha=0.05$ ). La comparación de medias se presenta en el Cuadro 5.

En la Figura 1 se muestra la relación encontrada entre el rendimiento de materia verde y las dosis aplicadas de los fertilizantes líquidos F1 y F2. En esta figura se observa que con 700 kg/ha de la F2, el rendimiento de materia verde se incrementó cuando se aplicó en combinación con 400 kg/ha de la F1 para luego descender con dosis mayores a ésta.

Al aplicar 1300 kg/ha de la F2 en combinación con 400 kg/ha de la F1 el rendimiento aumentó para luego ascender con 800 kg/ha de la F1.

Al aplicar 2000 kg/ha de la F2 en combinación con 800 kg/ha de la F1 el rendimiento alcanzó su valor máximo (276.8 g/maceta). Se encontró diferencia significativa (Cuadro 8) entre éstas dosis, por lo que se considera que este tratamiento fue el más apropiado. Los rendimientos logrados en este estudio fueron mayores que los obtenidos por García, 1992 (Cuadro 25A).

**Cuadro 5** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde de planta completa (g/maceta).

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
15	276.775	A	800	2000
11	259.600	AB	800	1300
4	259.100	AB	1200	00
6	255.600	ABC	400	700
2	245.450	ABCD	400	00
8	242.750	ABCDE	1200	700
10	242.075	ABCDE	400	1300
12	234.100	ABCDE	1200	1300
5	233.700	ABCDE	00	700
7	224.545	BCDE	800	700
16	224.075	BCDE	1200	2000
1	213.200	BCDE	00	00
14	206.925	CDE	400	2000
13	203.800	DE	00	2000
9	196.925	DE	00	1300
3	194.600	E	800	00

DMS= 50.8237

 $\alpha = 0.05$ 

C.V. = 15.387 %

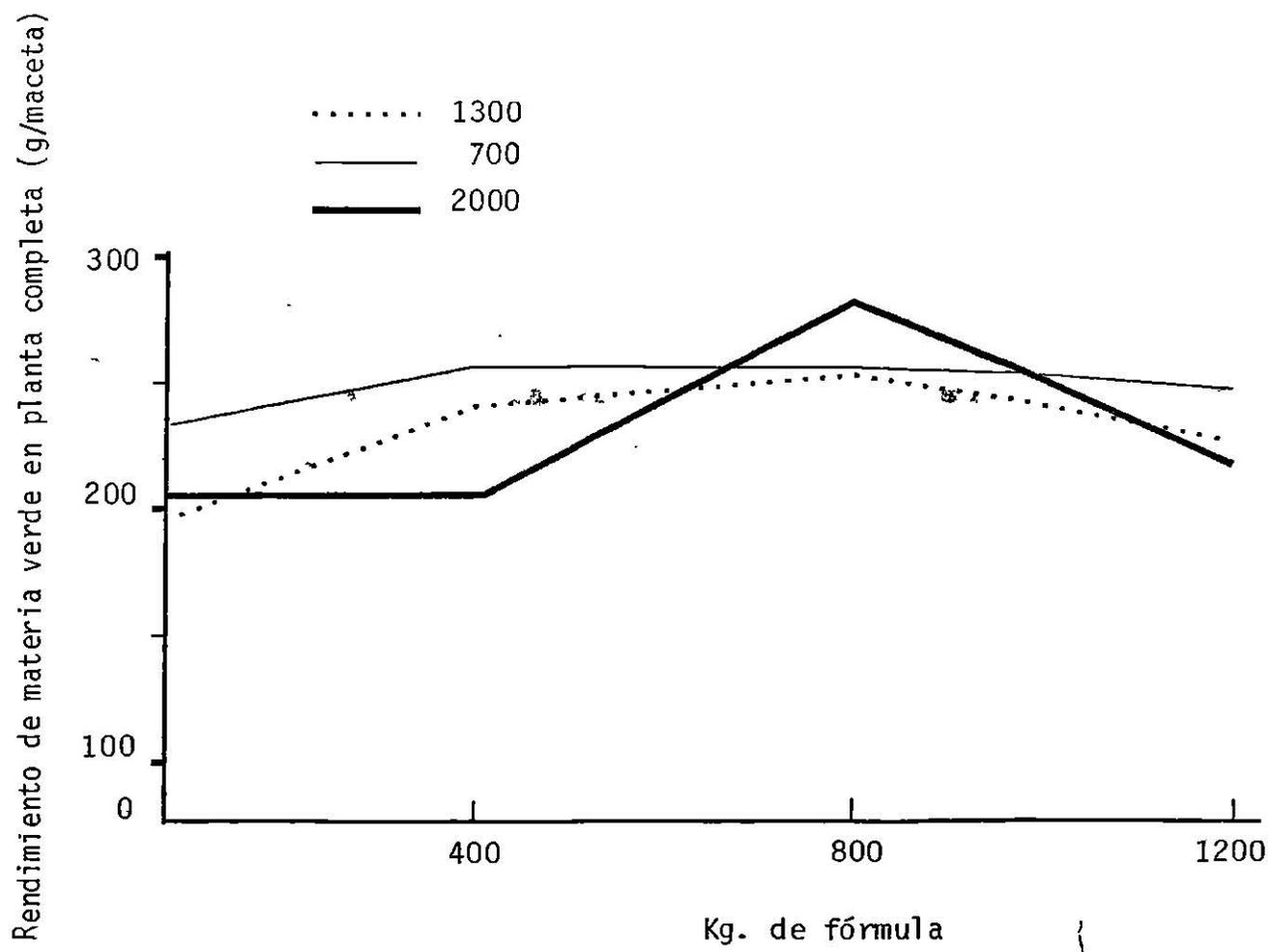


Figura 1. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L.

En forma general, los resultados encontrados se deben aparentemente a que se aplicaron altas dosis de N (134-342 kg/ha) y dosis bajas de P (0-60 kg/ha). Esto favorece que la planta obtenga los nutrientes en cantidades adecuadas para su óptimo desarrollo. Sánchez (1989)<sup>1</sup> ha señalado que cantidades altas de nitrógeno y bajas de fósforo asimilados por la planta reflejan un incremento en el rendimiento de forraje debido a que la planta incrementa su altura, contenido de humedad en hojas y tallos, y mayor área foliar. Rodríguez (1982)<sup>2</sup> señala que cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno se produce un mayor "vigor vegetativo" incrementando la velocidad de crecimiento, determinado por un aumento en volumen y peso, además de mayor producción de hojas, frutos y semillas. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Birch y Ash (1989). También en esta investigación se encontró que cuando se aplicaron dosis mayores de 800 kg/ha de la F1 en combinación con los tres niveles (700, 1300 y 2000 kg/ha) de la F2, el rendimiento disminuyó marcadamente. El menor rendimiento se encontró en los tratamientos con la dosis 1200 kg/ha de la F1 combinado con 700 y 1300 kg/ha de la F2 los cuales fueron estadísticamente iguales, pero diferentes con el de 2000 kg/ha de la F2.

---

<sup>1</sup> Comunicación personal.

Este descenso en la producción de materia verde fue Comunicación personal.

aparentemente debido a que cantidades mayores de 800 kg/ha de la F1 causaron toxicidad en las plantas por la alta concentración de  $\text{NH}_4^+$  y reducción en el aporte de  $\text{NO}_3^-$ , debido al efecto salino sobre las bacterias nitrificantes del suelo. Al respecto se ha encontrado que altas cantidades de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo pueden inhibir la nitrificación y causar daños de toxicidad a las plantas especialmente a pH arriba de 7.0 (Sánchez, 1989). Estos resultados son congruentes con los encontrados por Ayanaba y Kang (1976).

#### 5.1.2. Peso fresco de panojas

Los resultados de peso fresco de panoja se encuentran en el Cuadro 3A, y muestran diferencia significativa ( $\alpha= 0.09$ ), (Cuadro 4A). La comparación de medias respectiva se presenta en el Cuadro 6.

En forma general, se encontró que el peso fresco de panojas aumentó con la aplicación de dosis bajas de la F1 (0-400 kg/ha) combinado con dosis altas de la F2 (1300-2000 kg/ha).

Particularmente el tratamiento que presentó el rendimiento más alto fue el 13 (6.95 g/planta), con la dosis 0-2000 kg/ha de la F1 y F2, respectivamente. Este resultado fue

superior al encontrado por García, 1992 (Cuadro 25A). Este incremento se debió presumiblemente a que la F2 contiene alta cantidad de urea y  $H_2SO_4$  y ocasionó que los iones  $H^+$  y  $SO_4^{2-}$  aportados en cantidades altas disminuyeran el pH (de 7.8 a 7.5), según la evaluación que se hizo dos semanas después de la aplicación de los fertilizantes líquidos. Este descenso del pH favorece que nutrientes como N, P, Cu, Zn, B, Mg, Mn y Fe entre otros, se solubilicen y sean aprovechados por las plantas (Stromberg y Tisdale, 1979).

Investigaciones han mostrado que al disminuir el pH del suelo, cercano a la neutralidad (7.3), es el valor mas apropiado para el desarrollo de los cultivos, debido a que incrementa la disponibilidad de microelementos tales como el fierro, manganeso y zinc, además del fósforo (Buckman y Brady, 1977).

Se realizó una comparación entre los tratamientos que rindieron arriba del testigo; se encontró rendimiento bajo, con dosis altas de la F1 (800-1200 kg/ha) y F2 (1300-2000 kg/ha). Los resultados obtenidos, se atribuyeron al incremento de la CE (de 0.4 a 1.5 mmhos  $cm^{-1}$  a 25°C, relación 1:5) del suelo debido a la presencia de iones  $SO_4^{2-}$  ocasionado por la aplicación de altas cantidades de fertilizante líquido a base de  $H_2SO_4$ , según se observó en un experimento que se hizo dos semanas después de la aplicación de los

fertilizantes líquidos.

**Cuadro 6** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta):

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
13	6.950	A	2000	00
6	6.875	A	400	700
15	5.575	AB	800	2000
5	5.450	AB	00	700
2	5.425	ABC	400	00
11	5.375	ABC	800	1300
8	5.275	ABCD	1200	700
7	4.900	ABCD	800	700
16	4.700	ABCD	1200	2000
12	4.450	ABCD	1200	1300
14	4.050	ABCD	400	2000
4	3.925	ABCD	1200	00
9	3.125	BCD	00	1300
3	2.650	BCD	800	00
1	2.100	CD	00	00
10	1.975	D	400	1300

DMS= 3.3261       $\alpha = 0.05$       C.V. = 51.364 %

Langdale, et al., (1973), encontró que al disminuir el pH del suelo, se solubilizaron iones como el  $H_2PO_4^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Zn^{2+}$ , entre otros provocando que la conductividad eléctrica aumentara significativamente, lo cual puede afectar el rendimiento de los cultivos.

### 5.1.3. Altura de la planta.

Los resultados de altura de la planta se encuentran en el Cuadro 5A; se encontró diferencia significativa ( $\alpha = 0.06$ )

entre los tratamientos (Cuadro 6A). La comparación de medias respectiva se presenta en el Cuadro 7.

En la Figura 2 se muestra la relación encontrada entre la altura de la planta y la dosis aplicada de los fertilizantes líquidos F1 y F2. En esta se observa que con aplicación de 700 kg/ha de la F2, la altura disminuyó en forma considerable cuando esta dosis se aplicó en combinación con los tres niveles de la F1 (400, 800 y 1200 kg/ha); sin embargo hubo diferencia significativa ( $\alpha = 0.06$ ) entre éstos tratamientos (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m).

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
5	1.3700	A	00	700
2	1.2350	AB	400	00
1	1.2250	AB	00	00
6	1.1975	ABC	400	700
13	1.1575	ABCD	00	2000
11	1.1500	ABCD	800	1300
7	1.1450	ABCD	800	700
15	1.1425	ABCD	800	2000
4	1.1350	ABCD	1200	00
12	1.1175	ABCD	1200	1300
8	1.0550	BCD	1200	700
14	1.0475	BCD	400	2000
10	1.0200	BCD	400	1300
9	0.9425	CD	00	1300
16	0.9275	D	1200	2000
3	0.9150	D	800	00

DMS= 0.2634       $\alpha = 0.05$       C.V.=16.623 %

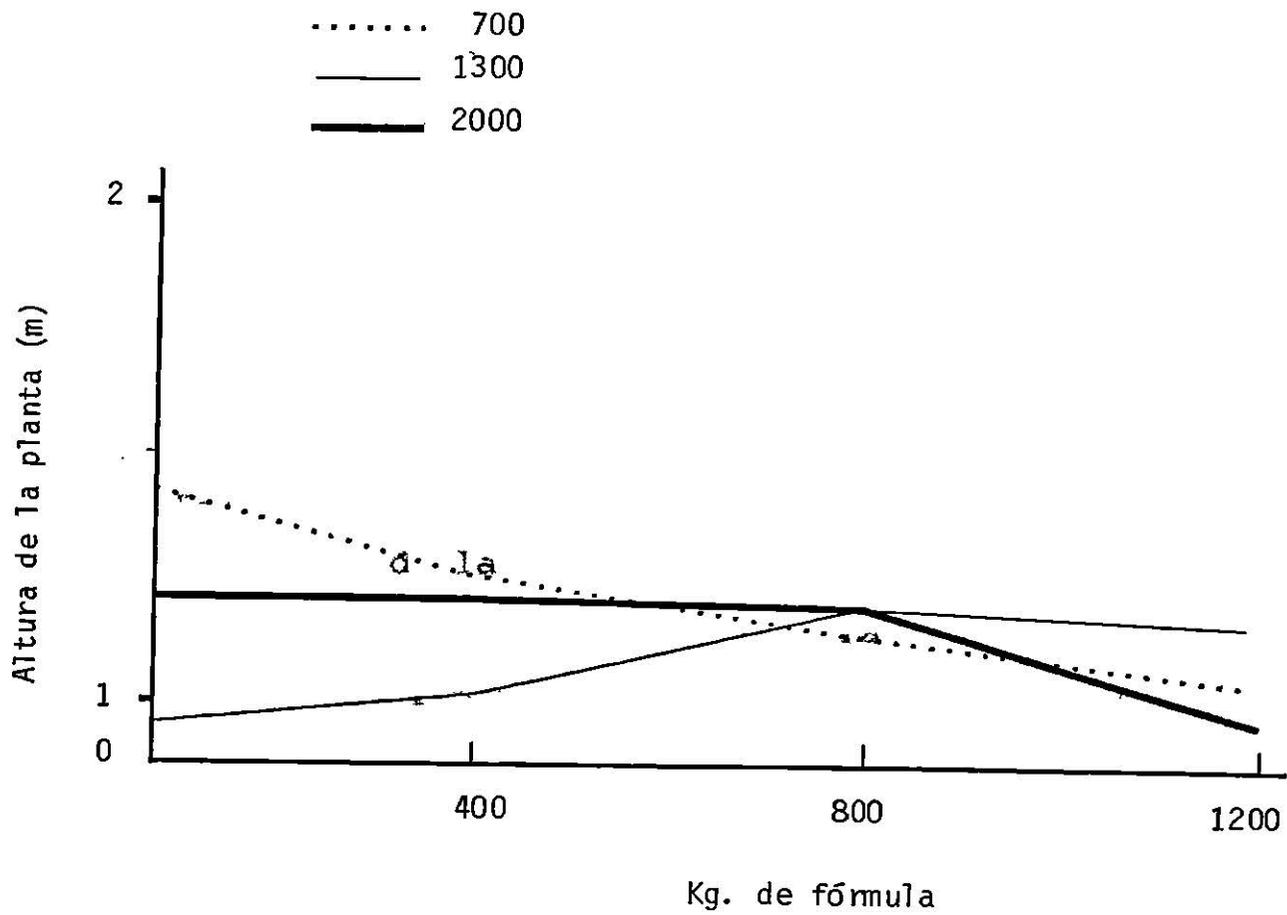


Figura 2. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L.

Este descenso en la altura se atribuyó a que se aplicaron bajas cantidades de nitrógeno (0-30 kg/ha) a base de urea, reduciendo con ello la cantidad de nutrimentos disponibles por la planta, lo cual se pudo observar al agregar dosis mayores (104-124 kg/ha), donde la altura de la planta aumentó.

Por otro lado, con aplicaciones de 1300 a 2000 kg/ha de la F2 en combinación con 800 kg/ha de la F1, la altura de la planta alcanzó su valor máximo (1.37 m) (Figura 2). Estos efectos fueron iguales ( $\alpha = 0.05$ ), por lo que se considera que 800 kg/ha de la F1 y 1300 kg/ha de la F2 es la dosis fertilizante más apropiada. La altura lograda en este estudio fue mayor a la reportada por García, 1992 (Cuadro 25A).

Estos resultados aparentemente se debieron a la aplicación de dosis altas de nitrógeno (134-342 kg/ha) y azufre (54-102 kg/ha) que provocaron un descenso en el pH del suelo (de 7.8 a 7.2) a la solubilización de microelementos como el Fe, Cu, Mn, Zn además del N y P que se incrementó; además de la incorporación directa al suelo de iones como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$  necesarios en la nutrición de las plantas (Sánchez, 1989).

El pH cercano a la neutralidad es el valor considerado como el más adecuado para el desarrollo de las plantas culti-

vadas, debido a que incrementa la disponibilidad de microelementos (Buckman y Brady, 1977).

En este estudio, cuando se aplicaron dosis mayores de 800 kg/ha de la F1 en combinación con los tres niveles de la F2 (700, 1300 y 2000 kg/ha) la altura descendió considerablemente en igual magnitud en los tres tratamientos, teniendo estos un comportamiento diferente ( $\alpha = 0.06$ ).

Estos resultados se atribuyeron a que al aplicar altas cantidades de nitrógeno (134-342 kg/ha) se acumula gran cantidad de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el suelo que puede causar toxicidad a las plantas. Barker y Mills en 1980 señalaron que la toxicidad del amoníaco se presenta cuando éste se acumula en grandes cantidades en la zona de raíces o cuando el amonio predomina sobre los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). El amonio predomina al inhibir la nitrificación, debido a la aplicación de altas dosis de N- $\text{NH}_4$  en el suelo (Barker y Mills, 1980). Los resultados mostraron también que las dosis aplicadas aumentaron la CE (de 0.4 a 1.5 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  a 25 °C, en una relación 1:5). Díaz (1991) encontró que el incremento de la CE del suelo inhibe la nitrificación y aumenta la concentración de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo debido al efecto salino sobre los microorganismos nitrificantes del suelo.

#### 5.1.4. Hojas y tallos.

Los resultados de rendimiento de materia verde de hojas y tallos (Cuadros 7A y 8A) se analizaron estadísticamente (Cuadros 9A y 10A), no encontrándose significancia en dichas variables.

Se observó una tendencia común, que al incrementar las dosis fertilizantes el rendimiento de materia verde se aumentó. Este incremento puede atribuirse a la reducción de la hidrólisis de la urea causada por el descenso del pH (de 7.8 a 7.3) del suelo, debido a la aplicación del  $H_3PO_4$  y el  $H_2SO_4$  conjuntamente; lo anterior favorece una mayor permanencia del N proveniente de la urea fertilizante, así como una mayor disponibilidad de algunos micronutrientes.

Al respecto se ha reportado que el mayor rendimiento de materia verde se logró con la aplicación de la mezcla urea + azufre; y lo atribuyó a la reducción en la velocidad de la hidrólisis de la urea causada por la disminución del pH del suelo (Albalate, 1992).

En la variable materia verde de hojas, se encontró que el rendimiento más bajo fue con las dosis mas altas (800-1200 kg/ha de la F1 y 1300-2000 kg/ha de la F2). Estos resultados probablemente se debieron a que cantidades altas de nitrógeno originan acumulación de  $NH_4^+$  en el suelo y puede llegar a

causar toxicidad a las plantas, así como disminuir el pH de la solución del suelo. Tal como lo ha descrito Cajuste (1977), al disminuir el pH del suelo la nitrificación se ve afectada a causa de las dosis altas de nitrógeno aplicadas, aumentando por lo anterior el contenido de  $\text{NH}_4^+$  y causando toxicidad sobre los microorganismos nitrificantes del suelo.

En ambas variables, se observó que el rendimiento mas bajo lo presentó el tratamiento 9 con una dosis de 0-1300 kg/ha de la F1 y F2, respectivamente. Esta tendencia es congruente con el rendimiento de materia verde de planta completa y peso fresco de panojas.

#### 5.1.5. Relación hoja/tallo.

Debido a que tanto hojas como tallos son las partes más suculentas de la planta, la relación hoja/tallo tiene importancia con el fin de evaluar la cantidad y calidad del forraje esencial para la nutrición del ganado.

Los resultados de esta variable se encuentran en el Cuadro 11A. Hubo diferencia significativa ( $\alpha=0.04$ ) entre los tratamientos (Cuadro 12A). La comparación de medias respectiva se presenta en el Cuadro 8.

En general se observó que cuando se aplicaron 1200 kg/ha de la F1, la relación fue menor en comparación con el testi--

go; (se consideran buenas relaciones aquellas que tienen un valor  $\geq 0.5$ ). Según resultados encontrados por García (1992), con aplicaciones de 400 hasta 1200 kg/ha de la misma fórmula la tasa decrece. De forma similar se encontró que con aplicaciones de 700 kg/ha de la F2 se presentaron los valores mas bajos. Con aplicaciones de 2000 kg/ha de la F2 en combinación con las dosis (400, 800 y 1200 kg/ha) de la F1 la fertilización fue excesiva provocando toxicidad en la planta, y una tasa hoja/tallo baja, comparada con el testigo.

En forma particular se encontró que el tratamiento 10 mostró la relación más alta (0.3474 g/planta) con una dosis de 400 kg/ha de la F1 más 1300 kg de la F2. La relación hoja/tallo encontrada es estadísticamente igual a la reportada por García (1992). Estos resultados corroboraron lo señalado anteriormente, se asume que la aplicación de  $H_3PO_4$  y  $H_2SO_4$  al suelo disminuyó el pH (de 7.8 a 7.2) y se solubilizaron elementos nutrientes. Esta disponibilidad de nutrientes favorecieron el incremento de la relación hoja/tallo. Se ha señalado que la solubilidad de los micronutrientes es excesivamente baja en la proximidad de pH 8.0, aunque la solubilidad se incrementa a pH 7.0 y más aún a pH 6.0 (Stromberg y Tisdale, 1979).

**Cuadro 8** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde de la relación hoja/tallo (g/planta).

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
10	0.3474	A	400	1300
3	0.2815	AB	800	00
12	0.2811	AB	1200	1300
2	0.2631	ABC	400	00
14	0.2365	BCD	400	2000
9	0.2331	BCD	00	1300
13	0.2330	BCD	00	2000
15	0.2303	BCD	800	2000
8	0.2281	BCD	1200	700
4	0.2263	BCD	1200	00
6	0.2175	BCD	400	700
11	0.2129	BCD	800	1300
7	0.1987	BCD	800	700
5	0.1874	CD	00	700
1	0.1779	CD	00	00
16	0.1684	D	1200	2000

DMS= 0.0907       $\alpha = 0.05$       C.V.=27.394 %

Por otra parte, los tratamientos con rendimientos por abajo del testigo se vieron disminuídos con aplicaciones de dosis altas tanto de la F1 como de la F2 (1200 y 1300 kg/ha respectivamente). Lo anterior debido aparentemente a que aplicaciones mayores de 1200 kg/ha de fertilizante propiciaron la acumulación de  $\text{NH}_4^+$  cerca de la región radicular y que causaron efectos tóxicos sobre las bacterias nitrificantes y posiblemente también sobre las plantas. Existe también la posibilidad de pérdidas de nitrógeno amoniacal en forma de  $\text{NH}_3$ , producto de la acumulación excesiva de  $\text{NH}_4^+$ . Ordoñez (1961), ha señalado que cantidades considerables de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aplicadas al suelo tienen un efecto tóxico sobre la

nitrificación, cuando éstos se mezclan con fertilizantes que contienen nitratos.

## 5.2. Rendimiento de materia seca.

### 5.2.1. Planta completa.

Los resultados de rendimiento de materia seca total se encuentran en el Cuadro 13A, éstos se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 14A); no se encontró diferencia significativa.

En la Figura 3 se muestra la relación encontrada entre el rendimiento de materia seca de planta completa y las dosis aplicadas de los fertilizantes líquidos F1 y F2. En esta se muestra que cuando se aplicó 700 kg/ha de la F2, el rendimiento disminuyó lentamente al incrementarse los niveles de la F1 (400 y 800 kg/ha). Esta disminución en el rendimiento fue probablemente a que se aplicaron dosis medias de N, P y S (104-124; 30-48 y 60-120 kg/ha, respectivamente), por lo que los iones aportados por el fertilizante ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , entre otros) no fueron suficientes para incrementar el rendimiento, observándose así plantas con tallos delgados, escasa área foliar, crecimiento raquítico y una pobre producción de grano.

Rodríguez (1982), señala que cuando las plantas absorben

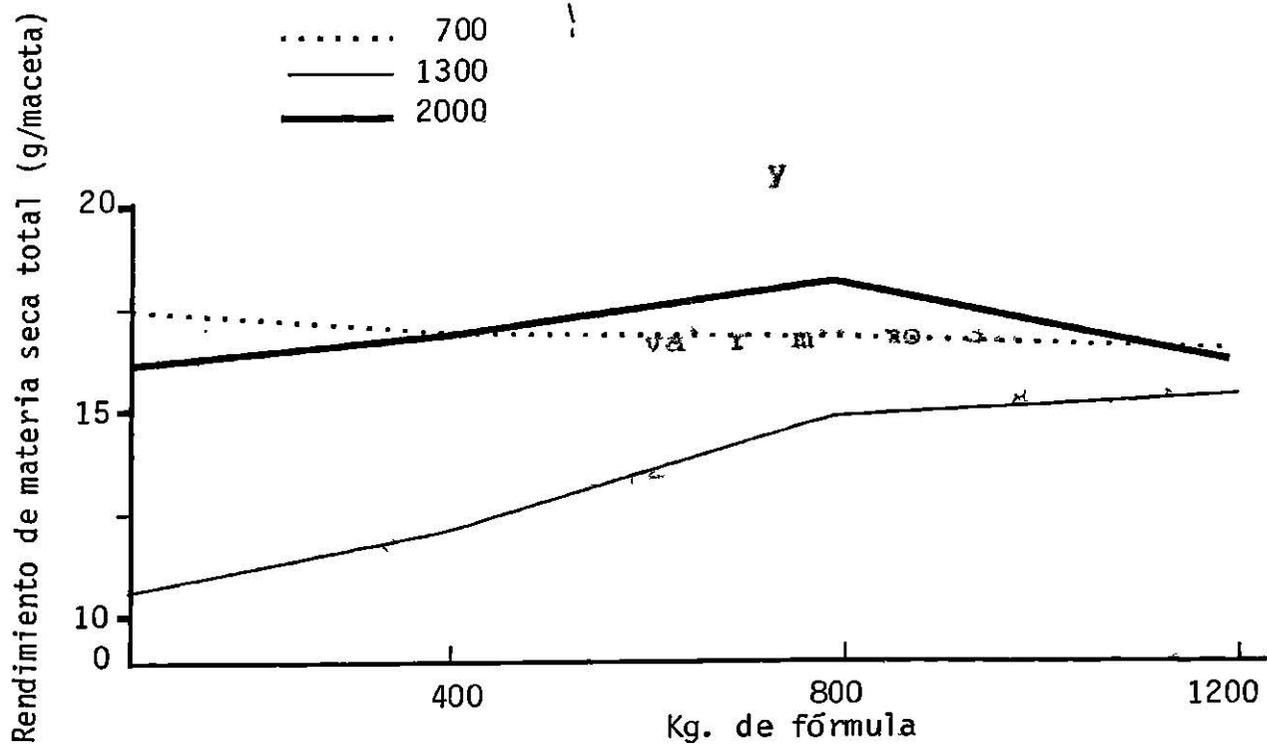


Figura 3. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca total (g/maceta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L.

nutrimentos en una baja proporción se obtienen plantas de menor crecimiento, existe debilitamiento, clorosis, necrosis, y en algunos casos caída de hojas.

Por otro lado cuando se aplicó 1300 kg/ha de la F2 combinada con dosis de 400 y 800 kg de la F1, el rendimiento de materia seca se incrementó. Siendo estos dos niveles diferentes al obtenido con 0 y 1200 kg de la F1.

De forma similar, al aplicar 2000 kg/ha de la F2, el rendimiento alcanzó su valor máximo (3.65 g/maceta). Cuando se aplicó esta dosis en combinación con 800 kg/ha de la F1, aunque no existió diferencia estadística entre los tratamientos, se observó que esta combinación fue mayor al valor obtenido con 1300 kg de la F2 y 800 kg de la F1. Tomando en cuenta esta diferencia se consideró que la dosis más adecuada fue 2000 kg/ha de la F2 y 800 kg de la F1.

Las aplicaciones altas de N, P y S (143-342; 120-180 y 54-102 kg/ha, respectivamente) aportaron nutrientes ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , entre otros). Asimismo como la disminución del pH del suelo (de 7.8 a 7.2) aparentemente ocasionó la solubilización de microelementos como el Zn, Cu, Mn y Fe. La absorción de todos estos nutrimentos por la planta se reflejó en una mayor altura, incremento del área foliar y por consiguiente un incremento en la producción de

materia seca respecto al testigo. Estos resultados son similares a los encontrados por Birch y Stewart (1989). Por su parte Raj y Patel (1988) demostraron que con aplicaciones altas de N se incrementa el rendimiento de materia seca.

En general, se encontró que con dosis mayores de 800 kg/ha de la F1, el rendimiento de materia seca tiende a disminuir considerablemente con 700 y 2000 kg/ha de la F2. Lo cual es congruente con lo encontrado en el rendimiento de materia verde.

Lo anterior probablemente se debió a la acumulación de sales por la aplicación de  $H_3PO_4$  y  $H_2SO_4$  en el suelo. Las sales formadas en el suelo pueden ser sulfato de calcio ( $CaSO_4$ ) y sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ), además de que el ácido sulfúrico y el ácido fosfórico participan en la solubilización de sales que no se encuentran solubles en el suelo como el carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), según lo ha señalado Ordoñez (1961).

Finalmente, cuando se aplicaron dosis altas de nitrógeno, es posible que la absorción de éste en condiciones salinas puede disminuir debido a la reducción de la permeabilidad de las raíces (Frota y Toker, 1978). Además el nitrógeno absorbido por las plantas es incorporado con menos eficiencia en las proteínas que en condiciones normales (Langdale, et al., 1973).

### 5.2.2. Peso seco de panojas.

Los resultados de rendimiento de peso seco de panojas se encuentran en el cuadro 15A. Estas presentan diferencias significativas ( $\alpha = 0.03$ ) (Cuadro 16A). La comparación de medias respectiva se presenta en el Cuadro 9.

En la Figura 4 se observa la relación encontrada entre el rendimiento de peso seco de panojas y las dosis aplicadas de los fertilizantes líquidos F1 y F2. En esta se muestra que con la aplicación de 700 kg/ha de la F2, el rendimiento de peso seco de panículas alcanzó su valor máximo (3.65 g/planta), cuando esta dosis se combinó con 400 kg/ha de la F1. El rendimiento encontrado fue superior al reportado por García, 1992 (Cuadro 25A). De forma similar con 1300 kg/ha de la F2 + 800 kg/ha de la F1 el rendimiento aumentó; se encontró que ambas dosis son diferentes ( $\alpha = 0.03$ ) respecto al testigo, pero no entre éstas, por lo que económicamente la dosis de 700 kg/ha de la F2 + 400 kg/ha de la F1 se consideró como la más conveniente, debido a que se utilizó menor cantidad de fertilizante y se encontró mayor rendimiento.

Sánchez (1992)<sup>1</sup> señala que, cantidades mínimas de nitrógeno combinado con altas de fósforo en la nutrición de las plantas favorece altos rendimientos en el peso seco de

<sup>1</sup> Comunicación personal.

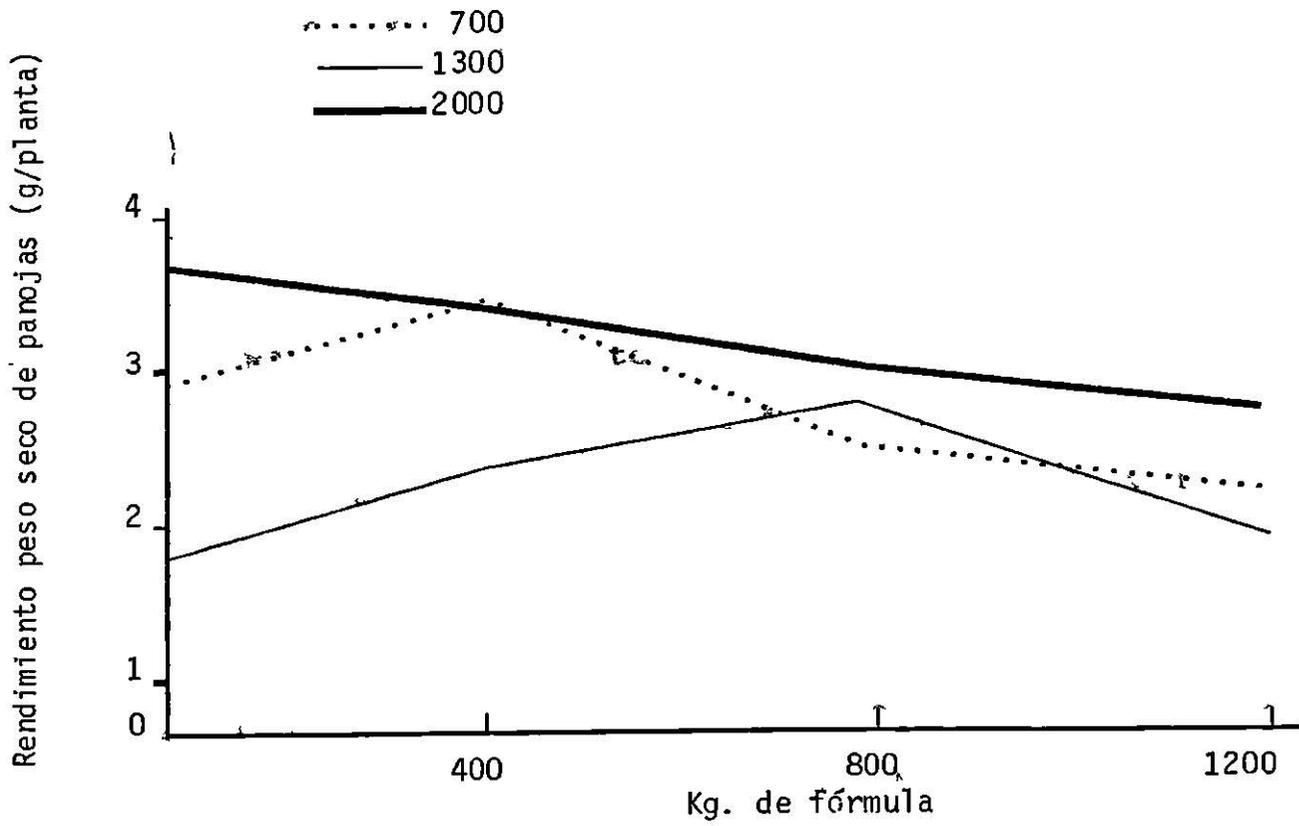


Figura 4. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L.

panojas del sorgo.

Cuando se aplicaron 2000 kg/ha de la F2, el rendimiento de peso seco de panojas disminuyó gradualmente, cuando se combinó esta dosis con 400 y 800 kg/ha de la F1. Estos dos tratamientos fueron diferentes entre sí ( $\alpha=.03$ ). Asimismo, cuando se aplicaron dosis mayores de 800kg/ha de la F1 en combinación con los tres niveles (700, 1300 y 2000 kg/ha) de la F2 el rendimiento disminuyó en forma considerable. El menor rendimiento se encontró en los tratamientos con las dosis 1200 kg/ha de la F1 combinados con 700 y 1300 kg/ha de la F2, los cuales fueron estadísticamente iguales.

Este decremento en el rendimiento fue atribuido a las altas cantidades de nitrógeno (134-342 kg/ha) aplicadas, que incrementaron la acumulación de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo y que causaron toxicidad a las plantas al ser absorbido en grandes cantidades. Velázquez-Mendoza (1985), menciona que cuando la

**Cuadro 9** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta).

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
13	3.650	A	00	2000
6	3.500	A	400	700
15	3.325	AB	800	2000
16	3.075	ABC	1200	2000
11	3.025	ABC	800	1300
5	2.950	ABC	00	700
7	2.625	ABC	800	700
8	2.350	ABCD	1200	700
14	2.275	ABCD	400	2000
2	2.075	ABCD	400	00
12	2.075	ABCD	1200	1300
4	1.800	BCD	1200	00
9	1.700	CD	00	1300
3	1.650	CD	800	00
1	1.525	CD	00	00
10	0.900	D	400	1300

DMS= 1.5782       $\alpha = 0.05$       C.V.=46.083 %

absorción del  $\text{NH}_4^+$  es alta, éste no se puede acumular en el tejido vegetal debido a que la planta lo transforma en aminoácidos, entonces la energía requerida (ATP) para el rendimiento será canalizada para reducir el efecto tóxico del amonio. se ha encontrado que cuando se aplican dosis altas de urea (150 ppm), la planta consume mas energía que la producida en la fotosíntesis, resultando así en la mayoría de los casos un decremento en la producción de materia seca<sup>2</sup> Sánchez (1989).

### 5.2.3. Porcentaje de materia seca total.

Los resultados del porcentaje de materia seca total, se encuentran en el cuadro 17A. y muestran diferencia significativa ( $\alpha = 0.07$ ; Cuadro 18A) entre los tratamientos. La comparación de medias respectiva se presenta en el Cuadro 10.

En general, se encontró que los porcentajes de materia seca aumentaron por arriba del testigo con aplicaciones de 1200 kg/ha de la F1 y 2000 kg/ha de la F2. Con estas fórmulas el porcentaje de materia seca producida fue mayor (40.77 %) que el testigo. Este valor fue considerablemente mayor al encontrado por García, 1992 (Cuadro 25A). Estos valores altos se atribuyeron a la aplicación de altas dosis de nitrógeno, fósforo y azufre (134-342, 120-180 y 54-102 kg/ha, respectivamente), favorecieron que las plantas tuvieran mayor cantidad de nutrientes en el suelo ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) aportados por los fertilizantes y además que hubiera una mayor solubilidad de iones como el  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ . Estos resultados son congruentes a lo que reportó Aceves (1981).

Díaz (1991) ha señalado que existe una mayor permanencia del nitrógeno en el suelo al disminuir la velocidad de la hidrólisis de la urea, por el descenso del pH; esto permite que el nitrógeno en forma de  $\text{NO}_3^-$  permanezca más tiempo y sea

aprovechado por las plantas en éstos suelos de tipo calcáreo, además de disminuirse las pérdidas de volatilización del amoníaco.

**Cuadro 10** Comparación de medias del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total.

TRATAMIENTO	MEDIA		F1 (kg/ha)	F2 (kg/ha)
16	40.7700	A	1200	2000
7	38.7425	AB	800	700
15	38.1850	AB	800	2000
1	37.7875	AB	00	00
3	37.0725	ABC	800	00
13	35.6000	ABCD	00	2000
5	34.7775	ABCD	00	700
14	34.4525	ABCD	400	2000
9	33.9775	ABCD	00	1300
6	33.8925	ABCD	400	700
12	32.9500	BCD	1200	1300
4	32.5075	BCD	1200	00
8	32.4675	BCD	1200	700
11	30.8000	CD	800	1300
10	30.5325	CD	400	1300
2	29.7875	D	400	00
DMS= 6.8877			$\alpha = 0.05$	
			C.V.= 13.969 %	

En este estudio se pudo observar que cuando se aplicaron dosis de 0, 800 y 1200 kg/ha de la F1 y dosis de 700 y 2000 kg/ha de la F2, el porcentaje de materia seca fue mayor en comparación con el testigo; mientras que con aplicación de 400 kg de la F1 y 0 de la F2 el porcentaje se redujo al mínimo (29.79%). Estos resultados se debieron probablemente, a que las dosis aplicadas proporcionaron baja cantidad de

nutrientes a las plantas, ya que como lo mostraron los resultados el testigo rindió más que estos tratamientos. Lo anterior se atribuyó a una baja cantidad de nutrientes absorbida por las plantas, además de que el pH del suelo (7.6) no se modificó ( $P > 0.05$ ) como para solubilizar los microelementos del suelo (Zn, Fe, Cu, Mn, entre otros). Resultados similares han sido encontrados por Sánchez (1989) quien señala que en suelos de tipo calcáreo, con altas cantidades de  $\text{CaCO}_3$  (11%) y pH alcalino (7.8), son pobres en nitrógeno y algunos micronutrientes como el Zn, Cu, B, Fe, Mn en forma natural en el suelo.

#### 5.2.4\* Hojas y tallos.

Los resultados del rendimiento de materia seca de hojas y tallos se encuentran en los Cuadros 19A y 20A, respectivamente. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para ambas variables (Cuadros 21A y 22A).

Los resultados mostraron, en ambas variables que, cuando se aplicaron dosis altas de fertilizante líquido los rendimientos se incrementaron considerablemente, en comparación con el testigo. Esto fue ocasionado posiblemente por la disminución del pH (de 7.8 a 7.4) del suelo causado por la aplicación de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  directamente al suelo, solubilizando iones como  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , así como mayor

disponibilidad del N y el P. Según lo ha señalado Aceves (1981).

Por otro lado, este descenso del pH ayuda a amortiguar el proceso alcalinizante causado por la acumulación de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) durante la hidrólisis de la urea, disminuyendo las pérdidas de amoníaco por volatilización y facilitando una mayor permanencia de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo (Díaz, 1991). Existen evidencias experimentales (Jayaram, 1978 citado por Troyo, 1984), que muestran que las aplicaciones de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  junto con fuentes nitrogenadas aumentan el rendimiento de los cultivos.

En resumen, los resultados de esta investigación muestran que el rendimiento de hojas y tallos así como la de materia seca total, materia verde de hojas y tallos y planta completa tuvieron los menores rendimientos con el tratamiento 9, con una dosis de 0 + 1300 kg/ha de la F1 y F2, respectivamente.

#### **5.2.5. Relación hoja/tallo.**

Los resultados de la relación hoja/tallo de materia seca se encuentran en el Cuadro 23A y 24A. No se encontró diferencia significativa.

En la Figura 5 se muestra la relación hoja/tallo encontrada en los diferentes tratamientos. Se observa que la

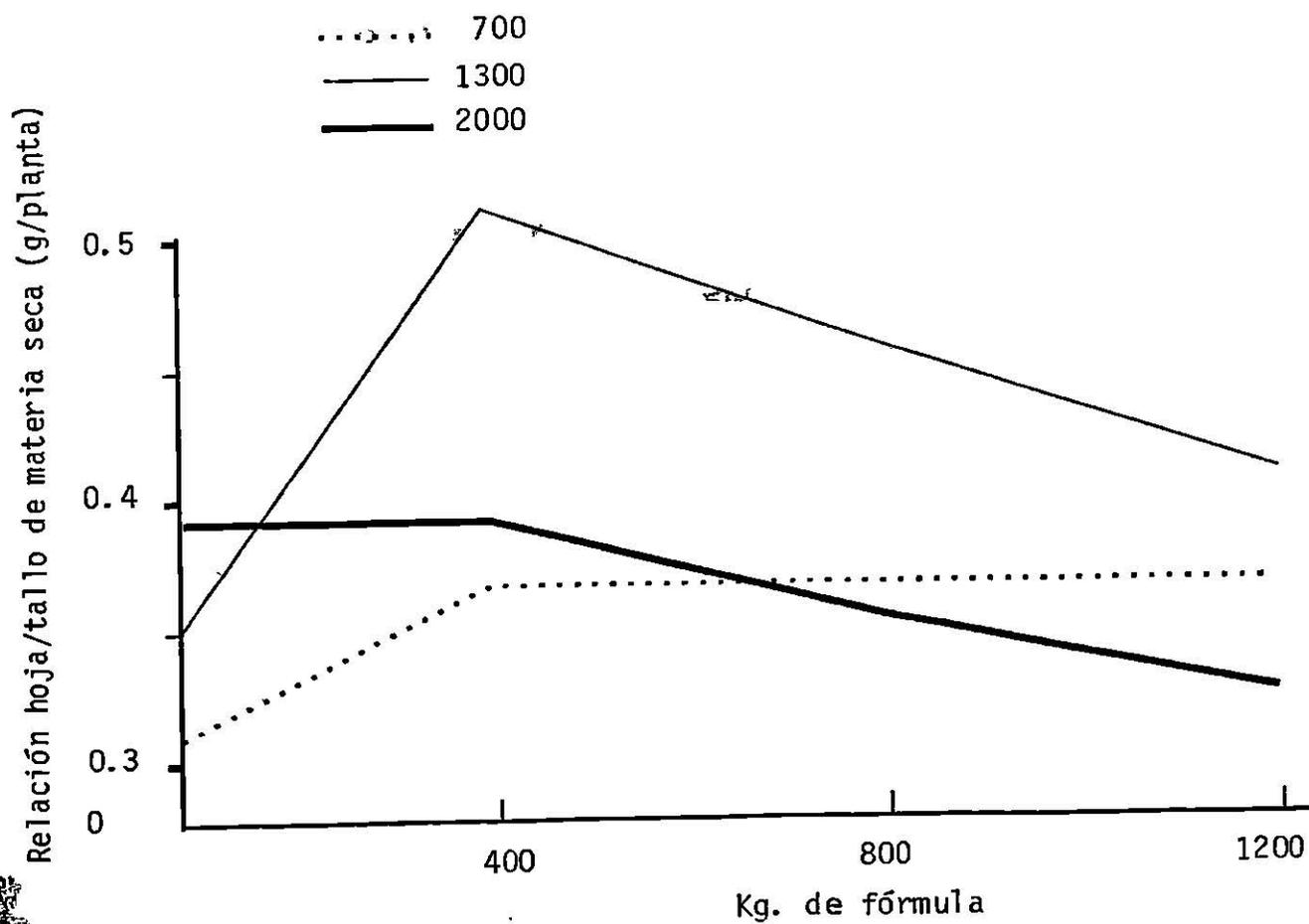


Figura 5. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta) del sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín, N.L.

aplicación de 700 kg/ha de la F2, incrementó la relación hoja/tallo. Este alcanzó su máximo valor con 1300 kg/ha de la misma fórmula, y se observó un efecto de toxicidad o exceso al aplicar 2000 kg/ha de la F2.

Cuando se aplicaron 1300 kg/ha de la F2 en combinación con 800 kg/ha de la F1, se presentó el máximo rendimiento (0.5115 g/planta) y descendió con niveles de 800 y 1200 kg/ha de la F1.

Al no encontrar diferencia estadística entre estas dosis, se considera a 400 kg/ha de la F1 y 1300 kg/ha de la F2 como la dosis más adecuada.

El incremento en la relación hoja/tallo se debió aparentemente a que las dosis aplicadas contienen cantidades altas de nitrógeno (134-342 kg/ha), fósforo (120-180 kg/ha) y azufre (54-102 kg/ha) lo cual ocasionó que el rendimiento de forraje se incrementara considerablemente.

Por otra parte, la aplicación de 2000 kg/ha de la F2, con todos los niveles de la F1 (400, 800 y 1200 kg/ha) mostraron efectos depresivos sobre la relación hoja/tallo. El descenso en la relación hoja/tallo se ve influenciado por la toxicidad de iones  $\text{NH}_4^+$ , debido a su acumulación en exceso en el suelo por la adición de grandes cantidades de nitrógeno fertilizante (2000 kg/ha de la F2).

La toxicidad de los fertilizantes amoniacales se presenta cuando el ion amonio se acumula en grandes cantidades en la zona de las raíces debido a altas dosis de  $\text{N-NH}_4$  en el suelo (Barker y Mills, 1980). Kissell, et al,. (1985), señalaron que cuando se aplican altas dosis de fertilizante sobre suelos calcáreos, fuentes nitrogenadas como el amoníaco anhidro y la urea pueden resultar en niveles tóxicos de amoníaco en la cercanía del sitio de aplicación, con ello la nitrificación puede disminuir considerablemente.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales en las que se desarrolló el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se observó efecto positivo de las fórmulas 1 y 2 sobre el rendimiento de materia verde y seca del sorgo forrajero en los suelos calcáreos del Noreste de México ( $\alpha = 0.05$ ). Con lo cual se rechaza la hipótesis 1.
2. En general, todas las dosis fertilizantes evaluadas incrementaron significativamente ( $\alpha = 0.05$ ) el rendimiento del cultivo de sorgo forrajero. Por lo que se rechaza la hipótesis 2.
3. Se observó que las mejores dosis fueron 400 + 700, 400 + 1300, 800 + 1300 y 800 + 2000 kg/ha de la F1 y F2 respectivamente. Siendo la más apropiada para fertilizar suelos calcáreos la dosis 800 + 2000 kg/ha.
4. Se encontró que la aplicación de dosis mayores de 800 kg/ha de la F1 combinada con 700, 1400 y 2000 kg/ha de la F2 disminuyen el rendimiento del cultivo por efecto tóxico.

## 7. RECOMENDACIONES

Para futuros experimentos en los cuales se trabaje con fertilizantes líquidos de reacción ácida, se recomienda aplicar dosis fertilizantes con cantidades menores a las utilizadas en este estudio. Debido a que con estas dosis se determinó una mayor acumulación de sales en el suelo (CE de 0.4 a 1.5 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  a 25 °C, en una relación 1:5), por lo que se observó efecto tóxico sobre las plantas.

También se sugiere que aparte de las dosis fertilizantes se incluyan dosis de mejoradores del suelo para evaluar el efecto conjunto en la solubilidad de los nutrientes en el suelo.

Debido a los resultados obtenidos, se recomienda realizar mayor número de experimentos con fertilizantes líquidos de reacción ácida.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Aburtó, J.J. 1987. Oxidation of Agricultural Sulfur by two species of Thiobacillus. Thesis of Master of Science in Agronomy. New Mexico State University. Las Cruces. New Mexico. 71p.
- Aceves, L.A. 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México 244p.
- ADIFAL 1988. La industria de los fertilizantes en el Ecuador. Asociación para el Desarrollo de la Industria de los Fertilizantes de America Latina A.C. No.27 9:18-26.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo 2a. ed. México. 491 p.
- Albalade, y de A.J.F. 1992. Efecto del azufre sobre el nitrógeno fertilizante en suelos calcáreos de Marín, N.L. Tesis profesional. FAUANL. 79p.
- Ayanaba, A. and B.T. Kang. 1976. Urea transformation in some tropical soil. Soil Biol. Biochem. 8:313-316.
- Barker, A.V. and F.P.C. Mills. 1980. Ammonium and nitrate nutrition In: Horticultural Reviews, Janik, J. Ed. AVI Publishing Company Inc. USA pp. 395-423.
- Birch, C.J. and A.D. Stewart. 1989. The effect of nitrogen fertilizer rate and timing on the yield of hybrid forage sorghum from serial harvests. Brisbane, Queensland. Australia. Australian Institute of Agricultural Science 2:41-48.
- Birch, C.J; and J.D. Ash. 1989. The response of forage sorghum to nitrogen fertilizer applied at planting and after cutting. Brisbane, Queensland. Australian Institute of Agricultural Science 2:34-40.

- Bord, J.J. 1948. Chemistry of the phosphate ion in soil systems. Soil Science 65:227-248.
- Boswell, F.C.; J.J. Melisinger and N.L. Case. 1985. Nitrogen fertilizers. IN: Fertilizers technology and use. Engeltad. O.P. ed. SSSA. Madison, Wisconsin. USA. pp.254-271.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. 2a. edición. Montaner y Simon. Barcelona, España pp. 135-144.
- Cajuste, L.J. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 200.
- Díaz, H.R. 1991. Efecto del azufre sobre la nitrificación de los fertilizantes nitrogenados en suelos de Marín, N.L. Tesis profesional FAUANL. 87 p.
- Donahue, R.L., R.W. Miller y J.C. Shickluna. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 3a. edición. Prentice/Hall. Madrid, España. 624 p.
- Durón, A.A. 1987. Fertilización nitrogenada al suelo y follaje en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) Marín, N.L. Tesis profesional FAUANL. 49 p.
- Fassbender, W.H. 1982. Química de suelos con énfasis a suelos de America Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Turrialba, Costa Rica. 251 p.
- Flores, C.R. 1990. Manual del amoníaco. Marín N.L. Seminario (opción III-C) FAUANL. 65 p.
- Flowers, T.H. and J.R. O'Callaghan. 1983. Nitrification in soils incubated with pig slurry or ammonium sulphate. Soil Biol. Biochem. 15:337-342.
- Foth, H.D. 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3a. ed. CECSA, México. pp. 37, 134, 207-224.

- Prota, J.N.E. and T.C. O'tuker. 1978. Absorption rates of ammonium and nitrate by kidney beans under salt and water stress. *Soil Sci Am. J* 42:753-756.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2a. edición. México. UNAM. pp. 7-150
- García, Z. A. 1992. Comportamiento por rendimiento, componentes y calidad de híbridos interespecíficos (Sorghum bicolor Moench.X Sorghum sudanense L.) experimentales y un testigo comercial. Marín, N.L. verano de 1990. Tesis profesional FAUANL. 81 p.
- Gutiérrez, de la R.F.J. 1984. Niveles de fertilización nitrogenada utilizando tres fuentes en el cultivo de maíz (Zea mays L.) de riego para grano en el Municipio de Marín, N.L. Tesis profesional FAUANL. 40 pp.
- Jacob, A. y H.V. Vexkull. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4a. edición. Ediciones Euroamericanas, México. pp 47-48; 68-69.
- Kissell, D.E.; D.H. Sander and R. Ellis. 1985. Fertilizer-plant interactions in alkaline soils. In: *Fertilizer technology and Use*. ed. Engelstad, O.P. SSSA. Madison, Wisconsin USA 3:136-147
- Langdale, G.W., J.R. Thomas and T.G. Littleton. 1973. Nitrogen metabolism of stargrasses as affected by nitrogen and soil salinity. *Agronomy Journal*, 65:468-470.
- Magalhaes, A.M.T.; D.W. Nelson and P.M. Chalk. 1987. Nitrogen transformations during hydrolysis and nitrification of urea. 1. Effect of soil properties and fertilizer placement. *Fertilizer Research* 11:161-172.

- Magalhaes, A.M.T. and P.M. Chalk. 1987. Nitrogen transformations during hydrolysis and nitrification of urea. 2. Effect of fertilizer concentration and nitrification inhibitors. *Fertilizer Research* 11:173-184.
- McInnes J.K., R.B. Ferguson, D.E. Kissel, and E.T. Kanemasu. 1986. Ammonia Loss from Applications of Urea-Ammonium Nitrate Solution to Straw Residue. *Soil. Sci. Am. J.* 50:969.
- Meléndez, G.R. 1983. Efecto de la fertilización con urea común, fluída y recubierta, en maíz (*Zea mays* L.) de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, México. 215 p.
- Monsivais, L.R. 1989. Evaluación de la fertilización nitrogenada y fosforada en el cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo riego en Marín, N.L. Tesis profesional FAUANL. 80 p.
- Ordoñez, A.J. 1961. Aplicación de azufre inoculado y flor de azufre a 6 diferentes niveles respectivamente, para establecer su comportamiento como acidificantes y sus relaciones en la aprovechabilidad del N y P en suelos no lixiviados. Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Universidad de Coahuila. Buena Vista, Saltillo, Coah. México. 29p.
- Petroquímica de México, S.A. 1982. Seminario de productividad en la fabricación, manejo y aplicación de los fertilizantes fluídos. Memorias. Mexicali, B.C. México. 105 p.
- Raj, M.F. and B.K. Patel. 1988. Influence of nitrogen on quality of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) hybrids. *Gujarat Agricultural University Research Journal* 14 (1): 61-63.
- Reynoso, R. 1978. Respuesta de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a aplicaciones de azufre y sulfato en suelos con deficiencias nutrimentales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México 105p.

- Robinson, G.W. 1967. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Introducción a la edafología, 2a. ed. OMEGA. Barcelona, España. 515 p.
- Rodríguez, S.F. 1982. Fertilizantes y nutrición vegetal. A.G.T. México, 157 p.
- Russell, E.J. y Russell E.W. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas, 4a. edición. AGUILAR. Madrid, España, 341 p.
- Sánchez, A.E.J. 1988. Interacción del fósforo fertilizante en suelos alcalinos. Curso de uso y tecnología de fertilizantes EDA-633. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. Apuntes de clase. Material no publicado.
- Sánchez, A.E.J. 1989. Dinámica de urea y sulfato de amonio en suelos calcáreos del Estado de Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- Sánchez, A.E.J., H. Rodríguez F. y F. Albalade y de A. 1991. La oxidación del azufre en suelos calcáreos de Marín, N.L. Ciencia Agropecuaria. FAUANL. 4(1) 21.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Síntesis Geográfica de Nuevo León. INEGI. México. pp. 34-37.
- Serrato, T.C. 1989. Fertilización nitrogenada en la variedad Tecmon-1 de girasol (Helianthus annuus L.) en Marín, N.L. Tesis profesional. FAUANL. 77 p.
- en
- Stromberg, L.K. and S.L. Tisdale. 1979. Treating irrigated arid land soils with acid forming sulphur compounds. Technical Bulletin number 24. The Sulphur Institute, Washington 26p.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, Y.P. Bali y R.L. Donahue. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Diana, México. 483 p.

- tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTHEA, México. pp. 427-430 y 593-594.
- Través, S.G. 1962. Abonos. Volúmen II. Editorial SINTES. Barcelona, España. pp. 215-218.
- Troyo, D.E. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada y sin aportaciones de azufre sobre la producción de girasol (*Helianthus annuus* L.) Var. Tecmon-2 bajo condiciones de riego en Apodaca, N.L. Tesis de Maestría en Ciencias. ITESM. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Monterrey, N.L. México. 103p.
- Vázquez, A.R. 1985. Curso de fertilidad de suelos. FAUANL. Marín, N.L. Material no publicado.
- Velázquez-Mendoza, J. 1985. Studies on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to drought stress. Thesis of Doctor of Philosophy Department of Agricultural and food Chemistry. Queen's University of Belfast. Northern Ireland.
- Wetselar R., J.B. Passioura, D.A. Rose and P. Jakobsen. 1973. Banding nitrogen fertilizer in soil: Principles and practice. *Chimie at Industrie-Genie Chimique*. Vol. 106 (9): 567-572.
- Wild and Cameron, K.C. 1980. Soils and Agriculture. Chapter 4 Soil nitrogen and nitrate leaching. Ed. by P.B. Tinker. *Critical Reports on Applied Chemistry* 2:36-69.
- Zweifel, R.T., J.M. Maranville, W.M. Ross and R.B. Clark. 1987. Nitrogen Fertility and Irrigation Influence of Grain Sorghum Nitrogen Efficiency, *Agronomy Journal*. 79 (3): 419-422.

## 9. APENDICE

**Cuadro 1A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta).

TRATAMIENTO	BLOQUES			
1	255.4	172.1	205.1	220.2
2	208.6	262.9	262.6	247.7
3	232.6	224.8	210.2	110.8
4	277.6	235.9	325.8	197.1
5	193.9	280.7	255.3	204.9
6	238.4	267.9	258.6	257.5
7	278.9	188.3	225.4	205.7
8	250.6	270.1	214.3	236.0
9	202.5	193.8	187.8	203.6
10	243.0	277.6	230.4	217.3
11	256.6	243.9	280.2	257.7
12	300.3	182.4	196.6	257.1
13	160.8	198.7	213.6	242.1
14	239.5	207.7	219.4	161.1
15	312.0	245.9	276.8	272.4
16	208.3	211.4	279.5	197.1

**Cuadro 2A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en planta completa (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	35950.7500	2396.71	1.8794 *	0.050
ERROR	48	61212.5000	1275.26		
TOTAL	63	97163.2500			

\* Diferencia significativa  
C.V. = 15.387 %

**Cuadro 3A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUES			
1	2.5	2.6	1.4	1.9
2	9.0	2.8	3.8	6.1
3	2.4	6.0	1.4	0.8
4	6.9	4.5	0.9	3.4
5	5.8	8.5	4.4	3.1
6	3.7	11.4	6.0	6.4
7	8.3	1.5	4.3	5.5
8	6.3	6.2	3.4	5.2
9	4.9	1.8	3.2	2.6
10	2.3	4.1	0.0	1.5
11	5.5	8.9	1.7	5.4
12	6.8	2.2	5.9	2.9
13	4.6	6.3	6.9	10.0
14	2.7	7.1	3.2	3.2
15	10.9	3.5	2.6	5.3
16	3.8	5.9	4.7	4.4

**Cuadro 4A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso fresco de panojas (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	136.2704	9.0847	1,6633 *	0.092
ERROR	48	262.1799	5.4619		
TOTAL	63	398.4403			

\* Diferencia significativa  
 C.V. = 51,364 %

**Cuadro 5A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m).**

TRATAMIENTO	BLOQUES			
1	1.28	1.43	1.25	1.06
2	1.22	1.37	0.75	1.60
3	1.16	1.00	0.56	0.94
4	1.37	1.06	0.97	1.14
5	1.44	1.27	1.53	1.24
6	1.11	1.22	1.27	1.19
7	1.27	1.10	1.08	1.13
8	0.93	1.20	1.04	1.05
9	1.23	0.97	0.90	0.67
10	1.27	0.60	1.05	1.16
11	1.25	1.09	1.02	1.24
12	1.32	0.97	0.97	1.21
13	1.08	1.17	1.13	1.25
14	1.21	1.09	0.94	0.95
15	1.18	1.23	1.12	1.04
16	1.15	1.07	0.70	0.79

**Cuadro 6A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la altura de la planta (m).**

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	0.9318	0.0621	1.8139 *	0.060
ERROR	48	1.6439	0.0342		
TOTAL	63	2.5758			

\* Diferencia significativa

C.V. = 16.623 %

**Cuadro 7A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en hojas (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUES			
1	3.4	4.7	2.6	12.1
2	12.6	4.8	13.2	8.5
3	7.0	5.5	11.4	5.1
4	8.9	8.9	3.6	3.4
5	10.1	10.0	4.3	5.4
6	5.2	8.6	7.7	8.9
7	9.8	2.6	6.5	6.7
8	10.5	9.2	6.5	8.0
9	4.5	3.2	8.4	5.8
10	8.6	14.6	9.3	7.2
11	5.7	9.4	5.4	10.3
12	8.0	8.7	12.6	7.3
13	7.6	5.8	6.1	8.4
14	4.8	8.3	10.1	4.5
15	10.0	9.4	6.5	6.6
16	5.5	5.3	6.1	3.7

**Cuadro 8A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en tallos (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	27.5	24.8	17.6	48.2
2	40.0	25.3	38.6	41.3
3	27.2	35.3	30.4	15.1
4	49.8	30.5	11.3	27.3
5	48.0	39.2	36.6	32.4
6	20.5	39.9	42.9	40.2
7	44.8	15.3	33.6	31.5
8	30.8	45.7	35.4	42.8
9	31.1	17.8	26.2	20.2
10	33.1	42.9	23.1	18.6
11	33.4	37.6	31.1	40.0
12	35.5	26.5	36.1	32.9
13	26.6	25.6	28.6	40.7
14	34.0	31.3	29.1	23.4
15	43.0	40.0	31.7	26.5
16	40.0	30.2	34.7	20.0

**Cuadro 9A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en hojas (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	126.3452	8.4230	1.1544 NS	0.338
ERROR	48	350.2348	7.2965		
TOTAL	63	476.5800			

\* Diferencia significativa  
C.V. = 36.518 %

**Cuadro 10A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia verde en tallos (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	1084.4375	72.2958	0.9012 NS	0.568
ERROR	48	3850.7968	80.2249		
TOTAL	63	4935.2344			

NS No significativo  
C.V. = 27.808 %

**Cuadro 11A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia verde (g/planta)

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	0.1236	0.1895	0.1477	0.2510
2	0.3150	0.1897	0.3419	0.2058
3	0.2573	0.1558	0.3750	0.3377
4	0.1787	0.2918	0.3103	0.1245
5	0.2104	0.2551	0.1175	0.1666
6	0.2536	0.2155	0.1795	0.2214
7	0.2187	0.1699	0.1934	0.2127
8	0.3409	0.2013	0.1834	0.1869
9	0.1447	0.1798	0.3206	0.2871
10	0.2598	0.3403	0.4026	0.3871
11	0.1706	0.2500	0.1736	0.2575
12	0.2253	0.3283	0.3490	0.2219
13	0.2857	0.2265	0.2133	0.2064
14	0.1412	0.2652	0.3471	0.1923
15	0.2320	0.2350	0.2050	0.2490
16	0.1375	0.1755	0.1758	0.1850

**Cuadro 12A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia verde (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	0.1194	0.0079	1.9590 *	0.040
ERROR	48	0.1950	0.0040		
TOTAL	63	0.3144			

\* Diferencia significativa  
C.V. = 27.394 %.

**Cuadro 13A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en planta completa (g/maceta).

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	12.2	12.8	9.5	18.5
2	19.7	13.6	19.0	18.2
3	12.3	17.6	17.3	7.7
4	20.0	13.8	5.2	12.0
5	15.7	19.4	19.6	15.4
6	10.2	19.1	20.5	19.2
7	20.0	8.5	17.0	16.1
8	13.9	17.1	18.2	18.2
9	13.2	7.7	13.6	9.6
10	13.8	17.6	9.0	9.4
11	16.6	14.9	10.7	17.4
12	16.0	11.7	20.6	13.5
13	12.4	13.7	17.3	18.9
14	12.6	17.6	15.4	10.4
15	21.8	19.9	17.7	13.7
16	17.9	18.1	16.9	12.9

**Cuadro 14A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en planta completa (g/maceta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	271.7763	18.1184	1.3033 NS	0.237
ERROR	48	667.2978	13.9020		
TOTAL	63	939.0742			

NS= No significativo

C.V. = 24.600 %

**Cuadro 15A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUE				
1	1.9	2.1	0.9	1.2	
2	3.9	1.7	1.8	0.9	
3	1.5	3.6	0.9	0.6	
4	2.9	1.6	0.5	2.2	
5	2.4	4.1	2.7	2.6	
6	1.9	5.6	3.3	3.2	
7	4.1	0.4	2.8	3.2	
8	2.5	2.0	2.0	2.9	
9	2.5	1.4	1.5	1.4	
10	1.2	1.7	0.0	0.7	
11	3.6	4.2	1.4	2.9	
12	2.8	1.5	2.6	1.4	
13	2.1	3.4	3.9	5.2	
14	1.6	4.0	1.6	1.9	
15	6.0	2.3	2.3	2.7	
16	3.0	3.5	3.3	2.5	

**Cuadro 16A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de peso seco de panojas (g/planta)\*

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	37.9375	2.5291	2.0569 *	0.030
ERROR	48	59.0200	1.2295		
TOTAL	63	96.9575			

\* Diferencia significativa

C.V. = 46.083 %

**Cuadro 17A Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total.**

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	36.52	39.87	45.02	29.74
2	31.98	41.34	21.77	24.06
3	33.61	37.61	40.05	37.02
4	30.49	31.44	32.91	35.19
5	24.57	33.62	43.27	37.65
6	34.70	30.05	36.22	34.60
7	31.80	46.45	38.29	38.43
8	29.20	27.99	40.18	32.50
9	32.59	33.77	35.98	33.57
10	31.36	28.57	27.77	34.43
11	37.29	26.66	28.01	31.24
12	32.01	31.29	37.18	31.32
13	31.96	36.87	41.59	31.98
14	30.36	37.69	36.32	33.44
15	36.06	37.62	43.38	35.68
16	36.31	43.72	37.14	45.91

**Cuadro 18A Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el porcentaje de materia seca total.**

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	608.2578	40.550	1.7313 *	0.070
ERROR	48	1124.2344	23.421		
TOTAL	63	1732.4922			

\* Diferencia significativa

C.V. = 13.969 %

**Cuadro 19A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en hojas (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	2.5	2.4	2.2	5.1
2	4.7	2.1	5.1	3.9
3	2.8	2.6	4.1	2.6
4	3.9	3.5	1.5	2.0
5	3.6	4.6	2.0	3.1
6	2.8	3.6	3.7	3.9
7	4.8	2.3	3.1	3.1
8	4.0	3.8	3.4	3.8
9	3.4	1.4	3.2	2.7
10	3.5	5.5	3.3	3.1
11	4.2	4.2	2.8	4.4
12	3.9	3.4	4.8	3.3
13	3.4	3.2	2.7	3.6
14	2.8	3.6	4.4	2.3
15	5.3	3.9	3.8	3.3
16	3.4	3.0	3.6	2.9

**Cuadro 20A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en tallos (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	7.8	8.3	6.4	12.2
2	11.1	9.8	12.1	13.4
3	8.0	11.4	12.3	4.5
4	13.2	8.7	3.2	7.8
5	9.7	10.7	14.9	9.7
6	5.5	9.9	13.5	12.1
7	11.1	5.8	11.1	9.8
8	7.4	11.3	12.8	11.5
9	8.3	4.9	8.9	5.5
10	9.1	10.4	5.7	5.6
11	9.8	6.5	6.5	10.1
12	9.4	6.8	13.2	8.8
13	6.9	7.1	10.7	10.1
14	8.2	9.8	9.4	6.2
15	10.5	13.7	11.6	7.7
16	11.5	11.6	10.0	7.5

**Cuadro 21A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en hojas (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	11.4860	0.7657	0.9430 NS	0.526
ERROR	48	38.9776	0.8120		
TOTAL	63	50.4637			

NS= No significativo

C.V. = 26.346 %

**Cuadro 22A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre el rendimiento de materia seca en tallos (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	110.3349	7.3556	1.1160 NS	0.368
ERROR	48	316.3603	6.5908		
TOTAL	63	426.6953			

NS= No significativo

C.V. = 27.429 %

**Cuadro 23A** Efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta).

TRATAMIENTO	BLOQUE			
1	0.3205	0.2891	0.3437	0.4180
2	0.4234	0.2143	0.4215	0.2910
3	0.3500	0.2281	0.3333	0.5778
4	0.2954	0.4023	0.4687	0.2564
5	0.3711	0.4299	0.1342	0.3196
6	0.5091	0.3636	0.2741	0.3223
7	0.4324	0.3965	0.2793	0.3136
8	0.5405	0.3363	0.2656	0.3304
9	0.2891	0.2857	0.3595	0.4909
10	0.3846	0.5288	0.5789	0.5536
11	0.3265	0.6461	0.4307	0.4356
12	0.4149	0.5000	0.3636	0.3750
13	0.4927	0.4507	0.2523	0.3564
14	0.3414	0.3877	0.4681	0.3709
15	0.5047	0.2847	0.3276	0.4286
16	0.2956	0.2586	0.3600	0.3866

**Cuadro 24A** Análisis de varianza del efecto de los fertilizantes líquidos sobre la relación hoja/tallo de materia seca (g/planta).

FV	GL	SC	CM	F cal	P > F
TRATAMIENTOS	15	0.1504	0.0100	1.0230 NS	0.450
ERROR	48	0.4705	0.0098		
TOTAL	63	0.6209			

NS= No significativo  
C.V. = 26.199 %

**Cuadro 25A** Promedio general de las características agronómicas del híbrido de sorgo forrajero Cowhand.

Característica	Valor
Altura de la planta	205.90 cm.
Peso fresco de panícula	4.55 g.
Longitud de panícula	25.80 cm.
Materia verde total	232.07 g.
Materia verde relación hoja/tallo	0.450 g.
Materia seca relación hoja/tallo	0.250 g.
Peso seco de panícula	2.40 g.
Porcentaje de materia seca total	34.65 g.

Fuente: Valores tomados de García, 1992.

## FE DE ERRATAS

Página	Renclón	Dice	Debe decir
4	7	(26-00-00-05)	(26-00-00-08)
23	11	NH3	NH <sub>3</sub>
29	22	H3PO4	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
31	5	CowHand	Cowhand
36	1	_____	Kg de fórmula 2
36	8	Kg de fórmula	Kg de fórmula 1
38	2	Comunicación personal	_____
39	3	H2SO4, H+, SO42-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
42	1	_____	Kg de fórmula 2
42	8	Kg de fórmula	Kg de fórmula 1
44	21	NH4+	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
50	1	_____	Kg de fórmula 2
50	8	Kg de fórmula	Kg de fórmula 1
54	1	_____	Kg de fórmula 2
54	9	Kg de fórmula	Kg de fórmula 1
59	9	CaCO3	CaCO <sub>3</sub>
61	1	_____	Kg de fórmula 2
61	8	Kg de fórmula	Kg de fórmula 1

