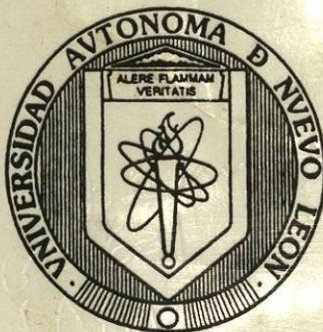


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**EFFECTO DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS
Y TRES NIVELES DE AZUFRE EN EL RENDIMIENTO
DEL PASTO TAIWAN (*Pennisetum purpureum* Schumach)**

TESIS

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

PRESENTA

OSCAR GARCIA RAMIREZ

MARIN, N.L.

MARZO DE 1995

040,631
FA2
1995
C.5

T

SB20

.T3

G3

c.1



1080062300

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**EFFECTO DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS
Y TRES NIVELES DE AZUFRE EN EL RENDIMIENTO
DEL PASTO TAIWAN (*Pennisetum purpureum* Schumach)**

TESIS

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

PRESENTA

OSCAR GARCIA RAMIREZ

MARIN, N.L.

MARZO DE 1995

11961 ع

T/
SB201
.T3
G3


Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. Tesis


BU Rabi Rangel Fies
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.631
FA2
1995
C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS
Y TRES NIVELES DE AZUFRE EN EL RENDIMIENTO
DEL PASTO TAIWAN (*Pennisetum purpureum* Schumach)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

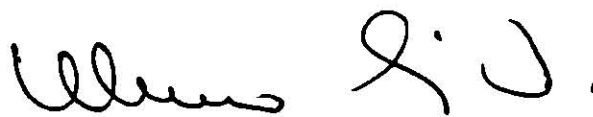
PRESENTA

OSCAR GARCIA RAMIREZ

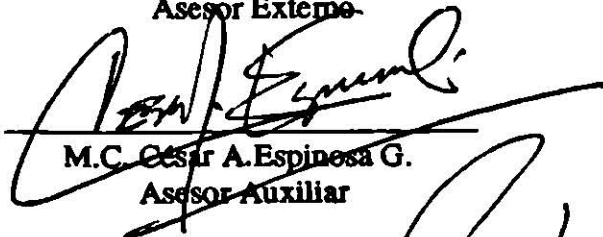
COMISION REVISORA



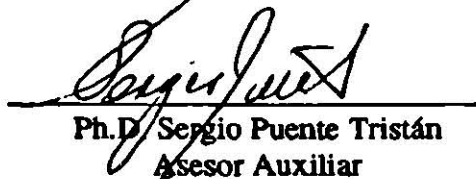
M.C. Ramón Treviño Treviño
Asesor Externo



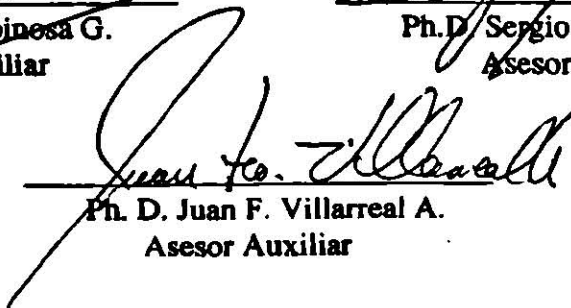
Ph. D. Ulrico R. López D.
Asesor principal



M.C. César A. Espinosa G.
Asesor Auxiliar



Ph. D. Sergio Puente Tristán
Asesor Auxiliar



Ph. D. Juan F. Villarreal A.
Asesor Auxiliar

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	xv
ABREVIATURAS DEL TEXTO.....	xvi
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA	3
Factores determinantes del tipo de pastizal.....	3
Importancia económica de la familia Gramineae.....	4
Fisiología de las gramíneas para ganancia de Materia Seca	4
Acción benéfica de la pradera sobre el suelo	5
El género <i>Pennisetum</i>	6
Clasificación taxonómica de <i>Pennisetum purpureum</i>	7
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach	7
Morfología.....	8
Usos del pasto Taiwan.....	9
Establecimiento y propagación.....	9
Profundidad de siembra y espaciamiento	10
Métodos de siembra.....	11
Densidad de siembra.....	12
Labores culturales.....	12
Manejo del pasto Taiwan.....	12
Madurez del forraje al momento de la cosecha	13
Fertilización, cortes y rendimiento	13
Fertilización de pastos	14
El nitrógeno y los fertilizantes nitrogenados	15
Tipos de fertilizante nitrogenado.....	16
Asimilación del nitrógeno por el pasto.....	17
Abonado con estiércol	18
Fertilización nitrogenada y composición química	19

Influencia de la fertilización en la producción animal	20
Importancia del azufre mineral.....	21
Fuentes de azufre a través de fertilizantes.....	21
Oxidación del azufre.....	22
Los suelos calcáreos del noreste de México.....	23
El azufre y los fertilizantes nitrogenados	24
MATERIALES Y METODOS	25
Ubicación del experimento.....	25
Ecología del área de estudio	25
Descripción del experimento.....	27
Material genético	27
Fecha de siembra	27
Densidad de siembra.....	27
Aplicación de azufre.....	28
Fertilización	28
Riego.....	28
Intervalos de corte	28
Variables medidas	28
Diseño experimental.....	29
Modelo estadístico.....	30
RESULTADOS	31
DISCUSION	48
Fertilización nitrogenada	49
Efecto de la aplicación de azufre.....	52
CONCLUSIONES.....	54
LITERATURA CITADA	55
APENDICE	63

EFFECTO DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS Y TRES NIVELES DE AZUFRE EN EL RENDIMIENTO DEL PASTO TAIWAN (*Pennisetum purpureum* Schumach).

RESUMEN

Para estudiar la respuesta del pasto Taiwan a tres fertilizantes nitrogenados: urea (U), nitrato de amonio (NA) y sulfato de amonio (SA) (150 kg/ha) y a tres niveles de azufre (S) 0, 6,000 y 12,000 kg/ha/año, se condujo en 1990-1992 una investigación de campo en un suelo de tipo calcáreo en la localidad de Marín, N.L., México.

El arreglo de tratamientos fue un parcelas divididas en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los niveles de azufre y las parcelas chicas los fertilizantes nitrogenados. El estudio reveló efectos significativos ($P < 0.0001$) de la fertilización nitrogenada sobre los rendimientos acumulados de materia verde (RMV), altura (A), hojas verdes (HV), y número de plantas (NP)* en todos los cortes. En el segundo corte no mostraron significancia las variables: materia seca de hojas (MS/H), materia seca de tallos (MS/T), materia seca por planta (MS/P), y materia verde por planta (MV/P). Los niveles aplicados de azufre sólo tuvieron efecto significativo ($P < 0.0001$) sobre MS/P y A en el primer y cuarto cortes. La interacción (S*N) fue significativa pero no consistente en todos los cortes para todas las variables.

Los mayores RMV (29.789 y 28.817 ton/ha/corte) se obtuvieron a 45 días durante el verano y otoño; el rendimiento decreció en el invierno y principio de la primavera, lo cual probablemente está determinado por las condiciones de cada estación. El orden de efectividad de los fertilizantes en general fue $U > SA > NA$ en el primero y segundo cortes y $SA > U > NA$ en el cuarto corte. Los niveles de S (6,000 y 12,000 kg/ha) aplicados, produjeron incrementos en el RMV desde un 0.87 hasta un 35.97%, en los cuatro cortes. Los resultados indicaron que el azufre aplicado junto con los fertilizantes, no incrementó satisfactoriamente el rendimiento de materia verde del pasto Taiwan.

Bajo buen manejo, el pasto Taiwan se presenta como una alternativa para producir forraje en los períodos críticos del año en el noreste del país, donde la vegetación nativa o las praderas de temporal no aportan el suficiente volumen y calidad de forraje. Desde luego, se requiere un mayor conocimiento acerca de su manejo y de las limitaciones de su cultivo para poder obtener la mayor cantidad y calidad de forraje, de manera sostenida.

(NP)*= número de hijuelos

INDICE DE TABLAS

TABLA		PAGINA
	Diferentes métodos de siembra del pasto Taiwan (Barracoa y Herrera, 1981)	12
2	Requerimientos de azufre agrícola en (kg/ha) para corrección de suelos salinos de acuerdo al tipo de textura (Rodríguez, 1982).....	22
3	Propiedades fisico-químicas de los suelos de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía , U.A.N.L. Marín, N.L.....	27
4	Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 1; 12-08-91).....	32
5	Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 2; 12-10-91).....	32
6	Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 3; 13-03-92).	33
7	Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrógenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 4; 01-05-92).....	33
8	Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) (Corte 1).....	34
9	Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) (Corte 2).....	34
10	Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) (Corte 3).....	35
11	Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) (Corte 4).....	35
12	Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento promedio de materia verde (RMV, ton/ha) del pasto Taiwan.	37

13	Efecto de los niveles de azufre en el rendimiento promedio de materia verde (RMV, ton/ha) del pasto Taiwan.....	37
14	Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del primer corte.....	64
15	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del primer corte.....	64
16	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del primer corte.....	64
17	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del primer corte.....	64
18	Análisis de varianza para la variable hojas totales (HT) del primer corte.....	65
19	Comparación de medias para la variable hojas totales (HT) con el factor azufre del primer corte.....	65
20	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas totales (HT) del primer corte.....	65
21	Comparación de medias para la variable hojas totales (HT) con el factor nitrógeno del primer corte	65
22	Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del primer corte.....	66
23	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del primer corte.....	66
24	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del primer corte	66
25	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del primer corte.....	66
26	Análisis de varianza para la variable hojas secas (HS) del primer corte ..	67
27	Comparación de medias para la variable hojas secas (HS) con el factor azufre del primer corte	67
28	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas secas (HS) del primer corte	67

29	Comparación de medias para la variable hojas secas (HS) con el factor nitrógeno del primer corte	67
30	Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del primer corte.....	68
31	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del primer corte.....	68
32	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del primer corte	68
33	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del primer corte	68
34	Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del primer corte.....	69
35	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del primer corte	69
36	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de tallos (MS/T) del primer corte	69
37	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor nitrógeno del primer corte	69
38	Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del primer corte.....	70
39	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del primer corte	70
40	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del primer corte.....	70
41	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del primer corte.....	70
42	Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del primer corte.....	71
43	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del primer corte.....	71

44	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del primer corte.....	71
45	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del primer corte	71
46	Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha) del primer corte.....	72
47	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha) con el factor azufre del primer corte.....	72
48	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha) del primer corte.....	72
49	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha) con el factor nitrógeno del primer corte.....	72
50	Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del primer corte.....	73
51	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del primer corte.....	73
52	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del primer corte.....	73
53	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del primer corte	73
54	Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del segundo corte.....	74
55	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del segundo corte.....	74
56	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del segundo corte.....	74
57	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	74
58	Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del segundo corte...	75
59	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del segundo corte.....	75

60	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del segundo corte.....	75
61	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	75
62	Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del segundo corte.....	76
63	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del segundo corte.....	76
64	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del segundo corte.....	76
65	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	76
66	Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del segundo corte.....	77
67	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del segundo corte.....	77
68	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del segundo corte.....	77
69	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	77
70	Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del segundo corte.....	78
71	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del segundo corte.....	78
72	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P,gr) del segundo corte.....	78
73	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	78
74	Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del segundo corte.....	79

75	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del segundo corte.....	79
76	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del segundo corte	79
77	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	79
78	Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del segundo corte.....	80
79	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del segundo corte.....	80
80	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del segundo corte.....	80
81	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	80
82	Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del segundo corte... ..	81
83	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del segundo corte.....	81
84	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del segundo corte.....	81
85	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del segundo corte.....	81
86	Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del tercer corte.....	82
87	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del tercer corte.....	82
88	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del tercer corte.....	82
89	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del tercer corte.....	82
90	Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del tercer corte.....	83

91	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del tercer corte.....	83
92	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del tercer corte.....	83
93	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del tercer corte.....	83
94	Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del cuarto corte.....	84
95	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del cuarto corte.....	84
96	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del cuarto corte.....	84
97	Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	84
98	Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del cuarto corte.....	85
99	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del cuarto corte.....	85
100	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del cuarto corte.....	85
101	Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	85
102	Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del cuarto corte.....	86
103	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del cuarto corte.....	86
104	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del cuarto corte.....	86
105	Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	86
106	Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del cuarto corte.....	87

107	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del cuarto corte.....	87
108	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del cuarto corte.....	87
109	Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	87
110	Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del cuarto	88
111	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del cuarto corte.....	88
112	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del cuarto corte.....	88
113	Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte	88
114	Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del cuarto corte.....	89
115	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del cuarto corte.....	89
116	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable (MV/P, gr) del cuarto corte.....	89
117	Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	89
118	Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del cuarto corte.....	90
119	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del cuarto corte.....	90
120	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable (RMV, ton/ha) del cuarto corte.....	90
121	Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	90
122	Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del cuarto corte.....	91

123	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del cuarto corte.....	91
124	Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del cuarto corte.....	91
125	Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del cuarto corte.....	91

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Ciclo del N en el ecosistema del pastizal (Bazán, 1971).....	16
2	Condiciones climatológicas prevaecientes durante el desarrollo del experimento (noviembre de 1990 - mayo de 1992). Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía, UANL.....	26
3	Distribución espacial de los tratamientos en el campo. Niveles de azufre en kg/ha (0= 0; 1= 6,000; 2= 12,000). Fuentes nitrogenadas (0= testigo; 1= urea; 2= nitrato de amonio; 3= Sulfato de amonio).....	30
4	Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 1).....	36
5	Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 2).....	36
6	Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 3).....	36
7	Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 4).....	36

ABREVIATURAS DEL TEXTO

A.....	Altura de la planta
Ca.....	Calcio
CA.....	Carga animal
CaCO ₃	Carbonato de calcio
ELN.....	Extracto libre de nitrógeno
FAD.....	Fibra ácido detergente
FC.....	Fibra cruda
FND.....	Fibra neutro detergente
HS.....	Hojas secas
HT.....	Hojas totales
HV.....	Hojas verdes
K.....	Potasio
Mg.....	Magnesio
Mo.....	Molibdeno
MS.....	Materia seca
MS/H.....	Materia seca de hojas
MS/P.....	Materia seca por planta
MV/P.....	Materia verde por planta
MS/T.....	Materia seca del tallo
N.....	Nitrógeno
NA.....	Nitrato de amonio
NH ₄ ⁺	Ion amonio
NP.....	Número de plantas
NO ₃ ⁻	Ion nitrato
P.....	Fósforo
PC.....	Proteína cruda
RMV.....	Rendimiento de materia verde
S.....	Azufre
SA.....	Sulfato de amonio
Si.....	Sílice
SO ₄ ⁻²	Ion sulfato
U.....	Urea

INTRODUCCION

El manejo adecuado de los pastizales se ha enfocado principalmente en producir una mayor cantidad de forraje de buena calidad, para resolver uno de los problemas primordiales en ganadería, que es la alimentación de los animales, los cuales convertirán éste forraje en carne y leche. El forraje es insustituible en la producción pecuaria debido a su bajo costo, y constituye en ciertas tierras la única producción vegetal posible que al ser utilizada por animales rinde un producto útil al hombre .

La distribución y frecuencia impredecible, además de la irregular duración de la temporada de lluvias, afectan el crecimiento y el rendimiento de los pastos en las zonas semitropicales y semi-áridas del noreste de México. Presentándose una producción estacional abundante durante la época de lluvias, para reducirse, y a veces casi suspenderse por completo en la estación seca, originando graves problemas a la ganadería por falta de alimento para los animales.

En la región hay una necesidad grande de forrajes, aún en las épocas que no son críticas, esto en virtud de los miles de cabezas de ganado estabulado que se tiene que alimentar. Esto también ocurre en los ranchos en donde las épocas críticas hacen estragos, no tan sólo por la alta mortalidad, sino por la baja productividad y reproducción del ganado, debido a una deficiente nutrición.

En éstas condiciones, la introducción de cultivos forrajeros como el pasto Taiwan tiene gran importancia, pues ofrece una alternativa en el incremento de la producción de forraje que se traduciría en una producción de alimentos para el consumo humano.

El establecimiento y mantenimiento de las praderas exigen experiencia y cuidados. Las praderas artificiales perennes son caras de establecer y normalmente ocupan la tierra durante varios años, cuanto más tiempo pueda mantenerse la pradera en buena producción, más barato será el costo del forraje producido, en comparación con la producción de forrajes de ciclo anual.

Por otra parte, es necesario tener presente las condiciones de los suelos donde se planten los cultivos, pues en el noreste del país son del tipo calcáreo y la acumulación de carbonatos, en especial los de calcio, trae consigo un incremento en el pH provocando una baja disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Dentro de esta perspectiva es conveniente tomar como una medida para solucionar el problema citado, la aplicación de fertilizantes de residuo ácido como el sulfato de amonio, nitrato de amonio y el azufre agrícola.

El pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach), es una gramínea perenne tropical, de corte, de gran rendimiento, buena calidad, apetitosa, de fácil propagación y resistente a la sequía. Es de reciente introducción en ésta zona y se ha observado que responde bien a las condiciones imperantes, pero se desconoce su comportamiento y manejo. Conscientes de que el presente estudio marca el inicio de las investigaciones sobre este pasto y dadas las condiciones antes citadas, se proponen los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de tres fertilizantes nitrogenados, tres niveles de azufre y su interacción en el rendimiento del pasto Taiwan.
- Responder a la necesidad de producir forraje en la zona norte durante la estación climática caliente, época en que la producción de las gramíneas nativas desciende grandemente.
- Proponer una alternativa de producir forraje en forma perenne en zonas semiáridas de suelos calcáreos y con problemas de fertilidad.

REVISION DE LITERATURA

Las áreas tropicales presentan gran diversidad de climas que van desde el más seco (*Awo*), hasta el más húmedo (*Af*); por lo tanto, existe en éstas áreas una irregularidad en la distribución de las lluvias que trae como consecuencia períodos de escasa, suficiente o excesiva humedad durante un mismo año (García, 1973; Córdoba y Garza, 1981).

Rzedowzki (1978) clasificó la vegetación con estas condiciones como "bosque tropical caducifolio". Se desarrolla en nuestro país entre los 0 y 1900 metros de altitud, en temperaturas mínimas extremas que no van más abajo de 0°C y temperaturas medias anuales entre 20 a 29°C.

En cuanto a humedad, su distribución a través del año es desigual, dividiéndose en dos estaciones bien marcadas: la lluviosa, cuyo monto de precipitación media anual varía entre 600 y 1200 mm y la seca que puede ser de 5 a 8 meses consecutivos entre octubre y mayo, con una precipitación menor de 500 mm.

Para Huss y Aguirre (1976) el tipo de vegetación "bosque espinoso", se encuentra a través del mundo en las áreas tropicales secas, y consideran este bioma de poco valor como pastizal para el ganado, debido a su crecimiento muy denso que limita el desarrollo de especies herbáceas y también a que las especies arbustivas son de baja palatabilidad. El bajo valor forrajero de estos tipos vegetativos puede ser modificado satisfactoriamente introduciendo especies altamente productoras de forraje.

Factores determinantes del tipo de pastizal

Los tipos ecológicos de las pasturas dependen fundamentalmente de las diferencias de humedad y temperatura. Estos factores son los responsables principales de la gran diversidad de los tipos de suelos y plantas que en éstos crecen. El suelo también es de gran influencia, ya que las distintas características que puede presentar en combinación con las variaciones de la humedad y temperatura pueden dar origen a tipos muy distintos de vegetación. Ejemplos de esto serían *Poa annua* L. de las zonas húmedas, *Bromus* spp. anuales de las regiones semiáridas en las zonas templadas, y *Pennisetum purpureum* de los trópicos, caracterizados por dos prolongadas estaciones anuales, una húmeda y otra seca.

Estas diferencias ecológicas no sólo inciden sobre el tipo de vegetación sino también sobre el uso que de ella puede hacerse (Semple, 1974).

Importancia económica de la familia Gramineae

La familia Gramineae, es una de las familias más grandes y por mucho es la más importante de las plantas con flores. De acuerdo a Gould (1968), citado por Jones (1985), contiene cerca de 600 géneros y 7,500 especies. Se clasifica como tercera en número de géneros, después de las compuestas y las orquídeas, y en quinto lugar en número de especies detrás de las familias de las compuestas, orquídeas, leguminosas y rubiáceas.

Una alta proporción de los suelos más productivos y fértiles del mundo, fue desarrollada bajo una cubierta vegetal de gramíneas (Gould, 1968). Estas plantas poseen una inigualada capacidad de cubrir rápidamente los suelos desnudos, de protegerlos contra la erosión, de absorber la lluvia y restaurar su fertilidad (Semple, 1974).

Por añadidura, esta familia en términos de importancia a los humanos, lo es mucho más que ninguna otra, debido a que contiene cereales tales como el trigo, arroz, maíz, cebada, sorgo y mijo perla. Además es la más importante fuente mundial de sacarosa, y la mayoría del forraje y alimentos concentrados consumidos por los animales domésticos son producidos por los pastos.

En los países en vías de desarrollo ubicados en los trópicos, los mijos menores juegan un importante aspecto nutricional en áreas restringidas. Estas especies incluyen mijo finger (*Eleusine coracana*), mijo japonés "patio de granja" (*Echinochloa frumentaceae*), tef (*Eragrostis tef*), mijo común (*Panicum miliaceum*), mijo enano (*Panicum sumatrense*), mijo kodo (*Paspalum scrobiculatum*) y el mijo cola de zorra (*Setaria italica*) (Jones, 1985).

Fisiología de las gramíneas para ganancia de Materia Seca

Los pastos pueden ser divididos en dos grandes grupos, diferenciándose a partir de la anatomía interna de la hoja y su adaptación ecológica. La vía fotosintética C3 corresponde a los pastos de afinidades templadas, como la mayoría de otras plantas verdes, y la vía C4 corresponde a los grupos de zacates tropicales y a muchos templados de estación caliente.

La vía fotosintética C4 generalmente capacita a los pastos C4 a crecer rápidamente y a hacer eficiente el uso del agua en medios ambientes cálidos. Algunos de los cultivos más importantes del mundo son pastos C4. Estos incluyen el maíz (*Zea mays*), sorgo de grano (*Sorghum bicolor*), mijo perla (*Pennisetum americanum*), y la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Los zacates C4 están también entre los forrajes y plantas de agostadero más importantes del mundo, y son la base de la producción de leche y carne en los trópicos y subtropicos a elevaciones hasta de 2,500 m . Veinte de los más importantes zacates forrajeros son: *Andropogon gayanus*, *Andropogon gerardii* var. *gerardii*, *Bouteloua gracilis*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria mutica*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria decumbens*, *Eragrostis curvula*, *Hemarthria altissima*, *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia rufa*, *Panicum coloratum*, *Panicum maximum*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Pennisetum clandestinum*, *Pennisetum purpureum* y *Setaria anceps* (Jones, 1985).

Acción benéfica de la pradera sobre el suelo

Es general la opinión, comprobada en diversos países, es que las gramíneas y leguminosas constituyen los agentes más eficientes y baratos para el mejoramiento de la estructura del suelo y del nivel de nitrógeno necesario para la producción de otros cultivos (Semple, 1974).

En primer lugar se observa que después de haber tenido una pradera temporal queda en el terreno una estructura más fina, con gránulos de tierra más grumosos, lo que, unido a la importante aportación de materia orgánica de la pradera, hacen que sea aconsejable la implantación de una pradera temporal como el medio más eficaz para mejorar el nivel de fertilidad de un suelo.

Una buena pradera temporal bien abonada puede dejar en el suelo de 4 a 10 ton/ha de materia orgánica seca, teniendo en cuenta raíces y deyecciones animales, lo que supone un buen estercolado . Además, esta materia orgánica queda perfectamente repartida y las raicillas ocupan todos los intersticios del suelo. Por otra parte es obvio que al quedar el suelo sin labores de cultivo durante varios años, la destrucción del humus estabilizado es pequeña (Guerrero, 1992).

Bajo condiciones tropicales, el zacate elefante es sobresaliente en su capacidad para mejorar la textura del suelo (Semple, 1972). En Uganda, Martin (1944) citado por Mc Ilroy (1973), demostró con el pasto elefante la regeneración de la estructura del suelo y la restauración de su fertilidad, que se producen cuando a un período de cultivo continuo sucede otro de reposo.

Griffith (1949), citado por Mc Ilroy (1973), demostró que un período de tres años de barbecho con pasto elefante en Uganda, produjo un incremento de 673 Kg de nitrógeno por hectárea en la capa superficial de 30 cm del suelo, o sea, 224 Kg de nitrógeno por hectárea y por año. *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon plectostachyus* y *Paspalum notatum*, fueron también eficientes para la restauración de la fertilidad del suelo (Mc Ilroy, 1973).

El nitrógeno es sin duda, al final, el elemento clave en el efecto beneficioso de la pradera sobre posteriores cultivos, aunque hay otros hechos que influyen en el aumento de la producción, como es la mejora de las propiedades físicas de los suelos, tales como permeabilidad, estabilidad de los agregados, capacidad de retención de agua y penetración de raíces (Muslera y Ratera, 1991).

El género *Pennisetum*

Dentro del patrimonio agrostológico tropical y subtropical y a ambos lados de los hemisferios, el género *Pennisetum* con aproximadamente 80 especies (Gould, 1975), es sobresaliente. Posee especies para grano como *P. americanum*; especies para forraje como *P. clandestinum*, *P. orientale*, *P. pedicillatum*, *P. stramineum*, *P. villosum* y la especie de corte más importante de las zonas tropicales *P. purpureum*; que abarca varios climas y extensas áreas y dispone además de híbridos interespecíficos, ecotipos, variedades y cultivares que aumentan considerablemente su explotación como forraje tropical (Whyte *et al.* 1975; Gonzalez y De Menezes, 1983).

Algunas de estas especies, a causa de su plasticidad se han hecho cosmopolitas y se las ha introducido en todos los continentes. Han sido ensayadas en condiciones ecológicas muy diversas y las hay que sirven para rehacer suelos empobrecidos, protegiéndolos bien de la erosión, o aportándoles notables cantidades de materias húmicas mediante sus residuos orgánicos (Havard-Duclos, 1969).

Originarias de Africa, las especies del género *Pennisetum* son gramíneas perennes de talla alta, de crecimiento rápido, pudiendo alcanzar de 2.00 a 3.00 m en suelo fértil. Son excelentes forrajeras, muy nutritivas cuando jóvenes, con numerosas cosechas anuales y un muy elevado tonelaje de materia verde por hectárea. Son hierbas de corte o de pastoreo, y las numerosas especies anuales y perennes crecen en lugares más bien húmedos. Por su elevado rendimiento exigen una tierra rica y bien abonada.

Las especies de *Pennisetum* se reproducen por vástagos o por esqueje de cepa. No es aconsejable la multiplicación por semillas, ya que éstas germinan mal y las plántulas que nacen de granos arrastran una vida de deficiente vigor durante su primer año, utilizándose esta manera de reproducción únicamente con fines de mejoramiento genético (Havard-Duclos, 1969).

Al ser pastos perennes tienen ventajas sobre el maíz y el sorgo, además de tener menor ataque de plagas (Canudas y Ortega, 1992).

Clasificación taxonómica de *Pennisetum purpureum*

Reino:	Plantae	Familia:	Poaceae
División:	Embriophyta	Sub-familia:	Panicoideae
	Siphonogama	Tribu:	Paniceae
Sub-división:	Angiospermas	Género:	<i>Pennisetum</i>
Clase:	Monocotyledoneae	Especie:	<i>Purpureum</i>

Nombre técnico: *Pennisetum purpureum* Schumach, Beskr. Guin. Pl. 64. 1827. Guinea, Africa
(Hitchcock, 1971)

Número cromosómico: $2n = 28$ (Brunken, 1977)

Nombre común: Elephant grass, Napier grass, Merkeron, Taiwan

***Pennisetum purpureum* Schumach**

Pocas especies forrajeras han sido tan estudiadas en las zonas intertropicales como *P. purpureum*. La abundante información justifica el interés de los investigadores en no menos de veinte países.

A excepción de algunas variedades, híbridos y cultivares, éste pasto es citado en los trabajos de investigación con el mismo nombre técnico *Pennisetum purpureum* y recibe diferente nombre común: elephant grass (Guerrero *et al.* 1970; Chin y Hong, 1975; Umoh, 1975; Jones, 1985), Napier grass (Nishihara *et al.* 1973; Devendra, 1975; Abou-Ashour *et al.* 1984) y Merkeron (Robles, 1990).

A algunos cultivares de *P. purpureum* se les ha denominado como: hierba elefante cv. Candelaria (Paretas y Gómez, 1972), Napier, Mineiro, Merkeron, Taiwan A- 143, Taiwan A- 144,

Taiwan A- 146, Taiwan A- 148, 801- 4, CRA- 265 (Pedreira *et al.* 1975; Machado, 1985; Santana *et al.* 1985), y pasto elefante enano cv. Mott (Dean y Clavero, 1992; Canudas y Ortega, 1992).

Híbridos de *P. purpureum* X *Pennisetum americanum*: 7001 y 7007 (Yeh, 1988), King grass (Ramos *et al.* 1980) y Napier-bajra (Tiwana *et al.* 1975).

En México, los informes disponibles hacen referencia a *Pennisetum purpureum* con sólo dos nombres comunes: pasto elefante (Fernández, 1985; Ortega *et al.* 1986; Valles y De Lucía, 1988; Valles y Fernández, 1989) y pasto Taiwan (Espinoza y Moreno, 1984; Bertolini, 1986; Palomo y Méndez, 1991; Canudas y Ortega, 1992; Castillo y Rivas, 1993).

Este pasto fue introducido a la región, específicamente al municipio de General Zuazua, N.L., por productores de ganado mayor hacia el año 1986, proveniente del trópico mexicano, con el nombre de zacate Taiwan. Acorde con los investigadores de otros países y de México, ésta revisión de literatura hace alusión al nombre de pasto elefante o pasto Taiwan indistintamente, puesto que se trata de la misma gramínea.

Morfología

El pasto elefante es una planta robusta, perenne, con cañas de 2 a 4 metros de altura (Gould, 1968). Nativo de Africa tropical, entre las latitudes 10° Norte y 20° Sur (Hughes *et al.* 1966), donde aparece naturalmente en regiones cuya precipitación no sea inferior a 40 pulgadas (Whyte *et al.* 1975). Crece y produce bien desde el nivel del mar hasta los 1,500 metros de altitud, siempre y cuando no se presenten fuertes heladas, ya que estas dañan las cepas (Robles, 1990).

Esta gramínea se desarrolla en macizos de 20 a 200 tallos, en forma parecida a la caña de azúcar (Hughes *et al.* 1966). Sus hojas son lanceoladas, con o sin pubescencia, pudiendo llegar a tener un ancho de hasta 5 cm en su lámina (Canudas y Ortega, 1992), y 90 cm de longitud (Jones, 1985).

La inflorescencia es una panícula cilíndrica y compacta de 10 a 30 cm de largo y de 15 a 30 mm de ancho (Jones, 1985; Canudas y Ortega, 1992). Su sistema radicular es abundante y así puede resistir la sequía y las altas temperaturas en verano; entra en dormancia en el invierno, para

rebrotar con vigor en la primavera. Las hojas y tallos son suaves y contienen aproximadamente 10.9 % de proteína cruda y son palatables a los animales (Hughes *et al.* 1966; Blair *et al.* 1986).

Usos del pasto Taiwan

Blair *et al.* (1986), mencionan que este pasto es ampliamente cultivado en China, y que es el más importante alimento para vacas lecheras en la provincia de Guangdong. En otras regiones es igualmente utilizado para alimentar conejos y peces. En la región de Sunte los piscicultores siembran *Pennisetum* en la orilla de los estanques de peces, al borde del camino, al lado de los campos de arroz o en cualquier parte de tierra que no es utilizada; éste es cortado y dado como alimento a los peces. Asimismo, en 1982, 1,100 ha de este pasto fue plantado en Sunte produciendo un total de 600 ton/ha/año de forraje fresco.

Establecimiento y propagación

Caracterizado por su alto rendimiento y valor nutritivo, el pasto Taiwan es sumamente fácil de establecer, no es muy exigente de suelos, y responde con notable rapidez a la fertilización (De Alba, 1971), además de tener un crecimiento continuo durante un largo período de años (Gaztambide, 1975).

Esta especie se cultiva mejor en suelos profundos con una precipitación de 30 pulgadas en adelante y con gran capacidad de retención de humedad, con textura variable de moderada a bastante pesada (Whyte *et al.* 1975), tolera los suelos ácidos o moderadamente alcalinos, pero no la presencia de sal (Havard-Duclos, 1969), a condición de que los suelos sean secos, profundos y permeables, no prosperando en los terrenos de difícil desagüe y en los que se encharquen (Calvino, 1952; Flores, 1980).

El pasto Taiwan se propaga mediante material vegetativo, por estaca, caña, cepa, y por corona y raíz. La edad de los tallos debe ser de 3 a 9 meses (Robles, 1990; Canudas y Ortega, 1992).

La época para realizar la siembra dependerá de si el terreno es de riego o de temporal. En condiciones de temporal lo más conveniente es hacer la plantación en primavera, o al comenzar la estación de lluvias. Cuando el terreno es de riego, la época no es determinante para establecerlo, pero en cualquier caso, la plantación debe quedar supeditada siempre a la disponibilidad de

humedad en el suelo y de la temperatura adecuada, a fin de facilitar una rápida brotación y emergencia de las yemas (Barracoa y Herrera, 1981; Muslera y Ratera, 1991).

Córdoba *et al.* (1980) evaluaron seis pastos tropicales y reportan que el establecimiento más rápido fue para *Cynodon plectostachyus* y *Digitaria decumbens*, con una cobertura de 100 y 95% a los 60 días, respectivamente. *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* se comportaron como intermedios a los 90 y 105 días del establecimiento y *Cynodon dactylon* e *Hyparrhenia rufa*, resultaron los más lentos con 120 y 135 días, respectivamente. Los autores encontraron también, que debido al tiempo de establecimiento, el área cubierta, la resistencia a plagas e invasión de malezas, *Cynodon plectostachyus* y *Pennisetum purpureum*, mostraron buenas perspectivas para el mejoramiento de potreros en la región de Matías Romero, Oax.

En tierras fértiles abonadas con regularidad, lo corriente es que una plantación dure de seis a ocho años, de otro modo, es preciso rehacerla cada cuatro años (Havard- Duclos, 1969).

Profundidad de siembra y espaciamento

La preparación del terreno es de manera convencional, la cual incluye barbecho, uno o dos pasos de rastra y surcado. La siembra se debe hacer sobre tierra húmeda y el método que se escoja dependerá de las condiciones tales como la topografía, pedregosidad, textura y de la maquinaria con que cuente el productor. La plantación se efectúa en hileras, cuya distancia varía según se quiera pastorear la planta en el lugar que crece, o cultivarla para corte. Para pastoreo, la separación es de 0.50 a 1.00 m y para corte un poco más ancha. La distancia más recomendada es de 0.80 m entre surcos (Havard-Duclos, 1969; Canudas y Ortega, 1992).

Ramos *et al.* (1980) enfatizaron la buena preparación del suelo para facilitar el establecimiento y controlar malezas, y recomiendan sembrar a 75 cm entre surcos y 10 a 15 cm de profundidad, utilizando material vegetativo.

Ayala *et al.* (1984) evaluaron tres profundidades de siembra en el establecimiento del zacate King en Cuba. A 5 cm de profundidad dio el más alto porcentaje de germinación y densidad de población vegetal, pero el rendimiento de forraje y materia seca (MS) de ambos, en el primero y segundo corte, fueron más altos a 10 cm de profundidad de siembra. Los rendimientos de forraje total y de MS fueron 44.8 y 8.0 ton/ha, respectivamente, con siembras a 15 cm, y de 78.6 y 13.6 ton/ha con siembras a 10 cm. La siembra a 5 cm dio rendimientos ligeramente más bajos que a 10

cm. Sembrando a 5 ó 10 cm, resultó mejor la supresión de malezas y mayor la altura en plantas de zacate King, que sembrando a 15 cm de profundidad.

Métodos de siembra

Estacado: La siembra por estaca consiste en utilizar trozos de caña con 3 o 4 nudos y sembrarlos inclinados, enterrando cuando menos 2 de éstos. Las estacas deben quedar a 20 cm una de otra y las hileras a un metro de separación (Robles, 1990). Una ventaja de este sistema es, que no se utiliza ninguna labor cultural ya que el material vegetativo se puede sembrar sobre bordos de la cosecha anterior, cuando el terreno contenga suficiente humedad. Este método resulta fácil y económico, pero el establecimiento del cultivo tarda más tiempo (Lagunes, 1986).

La siembra se puede realizar también colocando las estacas en forma perpendicular y continúa en el surco, cubriéndolas a vuelta de arado, resultando ser el mejor procedimiento de multiplicación (Havard-Duclos, 1969; Lagunes, 1986).

Cepas: Consiste en sacar hijuelos que se desahíjan del macollo. La cantidad será variable según el vigor de cada planta, pero por lo general se desahíja de un 40 - 60% por planta (Barracoa y Herrera, 1981). La siembra es en surcos de 0.80 m de separación y 0.50 m entre hijuelos.

Caña completa: Cerda y Ortega citados por Lagunes (1986), mencionan que se utiliza la caña completa sin trozarla. Se deshoja y despunta, cuidando de no dañar las yemas axilares. Se deposita en el fondo del surco cubriéndola con una capa de tierra de 5 cm . Si se tiene suficiente material vegetativo, se puede utilizar el método de doble línea o sea dos tallos en el fondo del surco, de esta manera se asegura el éxito de la siembra.

De Carvalho y Mozzer (1980) señalaron que los sistemas de siembra que utilizan estacas completamente enterradas son más eficientes en la obtención de un buen porcentaje de brotes de vástagos, sobre todo cuando las condiciones pluviométricas inmediatamente después de la siembra son desfavorables. Por otra parte también encontraron que los sistemas de siembra que utilizan tallos enteros presentaron producciones más elevadas en comparación con los sistemas de estacas, aunque esta diferencia tendió a disminuir después del primer corte.

Densidad de siembra

La densidad de siembra dependerá básicamente del método que se vaya a utilizar (Tabla 1).

Tabla 1. Diferentes métodos de siembra del pasto Taiwan (Barracoa y Herrera, 1981)

METODO DE SIEMBRA	TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD NECESARIA, kg/ha
Estacado	Trozos de caña de 40-45 cm	1,500
Cepas	Hijuelos	1,500
Caña completa simple	Caña despuntada	1,800-2,000
Caña completa doble	Caña despuntada	3,600-4,000

Labores culturales

A partir de la primera cosecha, que dependerá de la riqueza del terreno y que tendrá lugar a los tres o cuatro meses después de la plantación, se efectúa un aporcado a fondo para que la planta produzca vástagos. Esto impide que retoñe la vegetación adventicia.

Los deshierbes se deben hacer si se requieren, dependiendo de la cantidad de malezas. Una buena preparación del terreno, buen material vegetativo, fertilización y distancia adecuadas, son los factores que no permiten el crecimiento de plantas invasoras, ya que este pasto en pleno rendimiento recubre rápidamente el suelo y es suficiente con escardar dos veces al año (Havard-Duclos, 1969; Canudas y Ortega, 1992).

Manejo del pasto Taiwan

El rápido crecimiento del pasto Taiwan durante la época de lluvias, aunado a sus características de adaptación a un amplio rango de condiciones de suelos, con pocos problemas relativos a plagas y enfermedades (Tergas, 1984), sugieren una utilización más intensiva de esta gramínea. Asimismo, como planta productiva y persistente, requiere de atención y cuidado en su manejo. Como pasto de corte debe cosecharse cuando tiene buena calidad y cantidad de forraje,

evitando la madurez, ya que ésta incrementa el rendimiento pero trae consigo un bajo valor nutritivo, lo que se refleja en baja producción animal (Canudas y Ortega, 1992).

Madurez del forraje al momento de la cosecha

A medida que crece el pasto, desde su nacimiento hasta la madurez, el contenido de proteína disminuye y el de celulosa bruta aumenta. Esto determina una reducción gradual del valor nutritivo; además de madurar la planta, disminuye la digestibilidad de éstos componentes. Por lo anterior, es de mucha importancia realizar la recolección en la fase adecuada de maduración del forraje.

Un punto importante, por otro lado, es el rendimiento total por hectárea. Un aumento en la producción de forraje, debido a lo tardío de la recolección, puede determinar una cantidad total mayor de formas digeribles de proteína, celulosa y energía; esto a pesar de la disminución en el porcentaje de digestibilidad. El punto de corte óptimo sería cosechar lo suficientemente temprano para obtener un forraje con alta digestibilidad, y lo suficientemente tarde para lograr una producción relativamente alta por hectárea (López, 1991).

Fertilización, cortes y rendimiento

Tomer *et al.* (1974) en experimentos con Napier híbrido (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetum americanum*) cv. Pusa Giant obtuvieron una más alta producción de forraje fresco (137.1 ton/ha) por cortes a 50 días de intervalo, que por cortes a 30 días (111 ton/ha), 40 (122.4 ton/ha) ó a 60 días de intervalo (110.9 ton/ha); y por cortes se obtuvo un mayor rendimiento a una altura de 30 y 45 cm (124 y 124.78 ton/ha), respectivamente, que por cortes a 15 cm (112.37 ton/ha). El contenido de proteína cruda (PC) decreció con el retraso en el intervalo de corte, pero la producción de PC fue alta cuando se cortó a 50 días de intervalo.

Pinzón y González (1978) probaron intervalos de corte (46, 60 y 75 días) y dosis de nitrógeno (0, 50, 100 y 200 kg/ha) en el rendimiento de materia seca y la composición química del pasto elefante P1 300-086, conocido en Panamá como "King grass". Se encontraron diferencias ($P < 0.01$) entre intervalos de corte y dosis de N aplicado en la producción de MS. Tanto los intervalos entre los cortes, como las dosis de N aplicados al pasto no afectaron significativamente ($P > 0.01$) los contenidos de PC, fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg). Se efectuó un análisis económico de tipo insumo-producto, el cual permitió recomendar las siguientes dosis óptimas de fertilizante a

diferentes intervalos entre cortes: 100 kg/ha a 15 días, 200 kg/ha a los 60 días y 50 kg/ha a los 75 días. Las dosis mayores fueron justificadas económicamente.

Bertolini (1986) realizó un estudio con el pasto Taiwan aplicando dosis de fertilizante 75-40-40 kg/ha de N- P- K. Hubo una respuesta altamente significativa cortando a 30 y a 45 días, donde el crecimiento en dos semanas aumenta en más del 100% la producción de materia seca y forraje verde para todos los tratamientos. El porcentaje de PC a los 30 días alcanzó los niveles más altos: 12 y 13% para hojas y 11 y 12% para tallos. A los 45 días la PC decreció sus niveles hasta 10 y 11% para hojas y 9 - 11% para tallos. Se concluyó que el efecto de la fertilización que determina el rendimiento de materia seca y forraje verde justifica el corte a los 30 días.

Andrade y Gomide (1971) estudiaron los cambios en el valor nutritivo del zacate elefante cv. Taiwan A- 146, a través del crecimiento y vigor de crecimiento. Se realizaron cortes a 28, 56, 84, 112, 140, 168 ó 198 días después de un corte general. El zacate creció rápido al inicio y la elongación del tallo fue temprana, mostrada por la eliminación total de todos los puntos de crecimiento en el corte a 56 días. El máximo recrecimiento ocurrió después de la cosecha del día 28. El valor nutritivo declinó abruptamente del 28^{vo} a el 56^{vo} día y después declinó lentamente. El contenido de PC cayó de 15.3% a los 28 días, a 2.3% a los 196 días y la digestibilidad in vitro de la MS también descendió de 50.3% a 22.1%. Se concluyó que el zacate elefante debe ser cosechado cuando tenga 1.7 m de altura (56 días).

Por su parte Crespo (1974) estudió con 6 pastos tropicales seis niveles de nitrógeno después de cada corte y las parcelas fueron regadas cada catorce días. La producción anual de MS de todas las especies mostró una repuesta lineal al N. Se encontró que la aplicación de N mejoró la eficiencia del uso del agua en todas las especies. Los rendimientos de MS fueron positivamente correlacionados con el nivel de N disponible en el suelo y con la altura de la planta.

Fertilización de pastos

Las plantas forrajeras como cualquier otro cultivo, requieren de los elementos minerales del suelo para su crecimiento. Los pastos de corte con su elevado rendimiento, extraen grandes cantidades de nutrientes del suelo y el descenso de su producción se puede evitar con la aplicación de abonos (De Alba, 1971).

El efecto que la fertilización tiene en los pastizales depende del clima, los suelos y la dosis. Algunos de los factores más importantes que influyen en el éxito de la fertilización de los pastizales incluyen: tipo de suelo, nivel de fertilidad, temperatura del suelo y del aire y cantidad y distribución de la precipitación pluvial durante la temporada de crecimiento (González y Campbell, 1973).

Los elementos minerales además de participar en los procesos metabólicos de la asimilación, pasan a formar parte de los compuestos orgánicos esenciales para el crecimiento de la planta en cantidades variables según el tipo de elemento y planta. La producción de una pradera está por tanto condicionada a la obtención del agua y minerales que necesita (Muslera y Ratera, 1991).

Debido a la tendencia de los elementos constitutivos de los fertilizantes a perderse del suelo por lixiviación o inmovilización, la localización del fertilizante y la oportunidad de su aplicación son de gran importancia. En este sentido, el nitrógeno merece especial mención, debido a que es fácilmente lixiviado y por ello su aplicación en forma tardía y fraccionada repercute en una mayor eficiencia. En el cultivo de los pastos, rara vez se consigue una recuperación mayor al 60% del nitrógeno aplicado como fertilizante; el resto se pierde por varios conductos por ejemplo: lixiviación, desnitrificación, volatilización, etc. Por otro lado, de $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ partes del P agregado al suelo se pierde por inmovilización. Con el K la situación tampoco es muy diferente, pues algo se pierde por lixiviación, pero la mayor parte es inmovilizado directamente por el suelo, aunque ésta fracción es eventualmente liberada para la planta. La máxima eficacia del fertilizante depende de conseguir un balance adecuado de los nutrimentos en el suelo (Bazán, 1971).

El nitrógeno y los fertilizantes nitrogenados

Generalmente los rendimientos en pastos aumentan en proporción directa al suministro de nitrógeno al suelo, sin indicar cifras límite debido a que cuanto mayores son las dosis aplicadas, las pérdidas por lixiviación o volatilización pueden igualmente ser considerables.

Siendo los pastos muy susceptibles a responder favorablemente a la fertilización nitrogenada, es elevado el número de investigaciones realizadas en diversos aspectos relacionados con la fertilización nitrogenada y la composición de los pastos. Ward (1959), citado por López (1991), en una revisión de numerosos experimentos sobre el efecto del N sobre el rendimiento del forraje, concluye que éste fue incrementado y sólo en muy pocos casos la respuesta fue pobre o no la hubo.

La Figura 1, nos da una clara visión de la posición del nitrógeno dentro del ecosistema de una pradera. Las diferentes fases del llamado ciclo del nitrógeno varían en importancia de acuerdo con el tipo de pasto y su manejo, siendo los factores de mayor importancia la presencia o ausencia de leguminosas, tipo de pasto (de corte o pastoreo) y presencia o ausencia de adiciones de nitrógeno (Bazán, 1971).

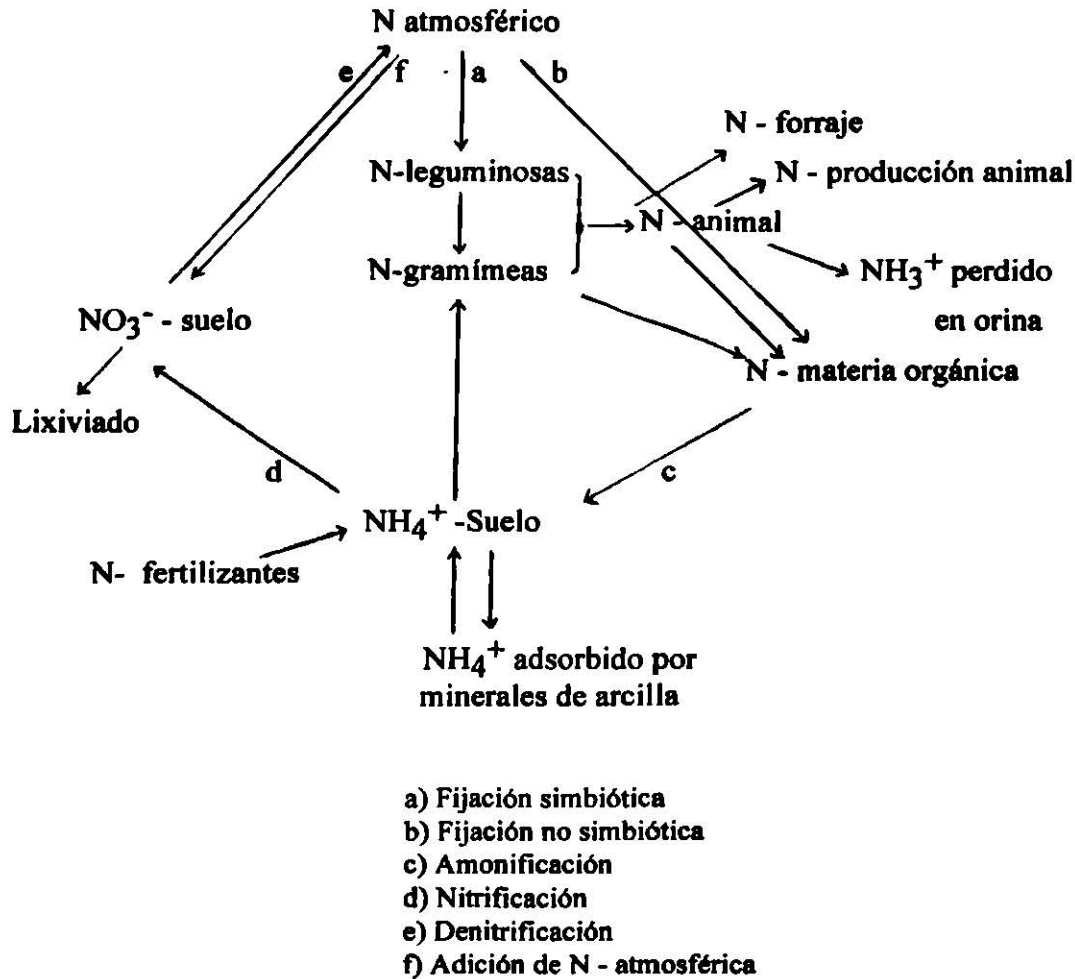


Figura 1. Ciclo del N en el ecosistema del pastizal (Bazán, 1971)

Tipos de fertilizante nitrogenado

La nitrificación es decir, la oxidación del ion amonio a nitrato realizada por los microorganismos, ha sido considerada como la principal fuente de nitrógeno para las plantas, pero una forma rápida y eficiente de restituir los nutrientes es la incorporación de fertilizantes. Existen varios tipos: nitratos, amoniacales, urea y mixtos.

Los **nitratos** por su solubilidad tienen una acción rápida, al ser absorbidos rápidamente por la planta, pero también por la misma razón pueden ser fácilmente lixiviados, produciéndose en ocasiones pérdidas importantes.

Los **amoniacales** (sulfato amónico, fosfato amónico) tienen la ventaja de ser retenidos en el suelo por el complejo arcillo- húmico y, por tanto, se producen menos pérdidas de arrastre por el agua. Necesitan descomponerse a nitratos para que la planta los tome, ya que en forma amoniacal el nitrógeno sólo es absorbido en pequeñas cantidades, por lo que su acción es más lenta. En época de temperaturas altas, pueden producirse pérdidas de nitrógeno por volatilización en las aplicaciones de abonos amoniacales en suelos alcalinos.

La **urea** debe seguir el proceso de paso a forma amoniacal por acción de la ureasa, presente en plantas y suelo, para luego pasar a su vez a nitrato. En ese proceso se pueden producir pérdidas en las aplicaciones superficiales por volatilización del amoníaco. Una vez incorporado al suelo con el agua, es inmovilizada y va transformándose en nitrato lentamente.

Las formas **mixtas**, sean sólidas o líquidas, combinan las ventajas de unos y de otros productos (nitrato amónico, nitrosulfato amónico) (Muslera y Ratera, 1991).

Asimilación del nitrógeno por el pasto

Los pastos tienen una gran capacidad para absorber nitrógeno dependiendo de la edad y el suministro del elemento, siendo siempre mayor en la fase vegetativa de la planta. Normalmente absorben el nitrógeno en las formas $N-NO_3$ y $N-NH_4$, aunque es posible que la mayor parte sea siempre bajo la primera forma, puesto que la segunda, en condiciones normales de suelo, pasa rápidamente a la primera en el proceso de la nitrificación. Las plántulas jóvenes prefieren la forma amoniacal $N-NH_4$; por otra parte, con el pH a valores cercanos al neutro, la forma $N-NO_3$ es la preferida, mientras que a valores más bajos (pH ácido) la fracción amoniacal preferida por la planta es $N-NH_4$.

Una vez en el interior de las raíces, los iones NO_3 son translocados hacia diferentes órganos y partes de la planta y transformados. La reducción de $N-NO_3$ y conversión a formas proteicas es un proceso rápido que se efectúa en las hojas (Bazán, 1971).

Dada la gran capacidad de recuperación del nitrógeno por las gramíneas, se deducen dos consecuencias prácticas:

- Si el forraje se va a utilizar en un plazo corto después de la aplicación del nitrógeno, es aconsejable hacer pequeñas aplicaciones fraccionadas, pues las plantas harían en el caso contrario un consumo excesivo. El nitrógeno es exportado y la planta rebrota con menos vigor.
- Cuando el forraje va a ser utilizado más tardíamente la aplicación de nitrógeno se puede realizar de una vez al comienzo del período. La absorción por las gramíneas reduce el peligro de las pérdidas por lavado y la planta va a utilizar el exceso de nitrógeno inicial en su crecimiento (Muslera y Ratera, 1991).

Abonado con estiércol

Generalmente la fertilización mineral representa un alto porcentaje del costo total de la producción de forrajes. El estiércol vacuno u otros residuos orgánicos de la ganadería pueden utilizarse como complementos e incluso como sustitutos de los abonos químicos en una considerable proporción.

Resultados encontrados por Arteaga *et al.* (1981) citados por Crespo y Curbelo (1992), indicaron que en suelos pardos en Cuna, Cuba, la aplicación de N- 150, P- 30, K- 60 kg/ha más 25 ton/ha de estiércol vacuno, en pastos estoloníferos, produjo mayores rendimientos y de una forma más estable que la aplicación de N- 300, P- 60 y K- 120 kg/ha ; o sea, que el estiércol permitió reducir en 50% la dosis de fertilizante químico.

Crespo y Curbelo (1992) estudiaron diferentes combinaciones de fertilizante mineral y estiércol en el rendimiento forrajero del cultivar King grass en un suelo ferralítico rojo, típico de Cuba. Los rendimientos acumulados de tallos y hojas fueron significativamente menores en el testigo absoluto, y no se encontraron diferencias significativas entre los restantes tratamientos. El pH del suelo no se afectó por los tratamientos, pero la aplicación de estiércol de 40 ton/ha incrementó en 20% el contenido de MO en el suelo y permite sustituir hasta el 50% la dosis de fertilizante en condiciones de riego en este pasto.

Por otra parte Castillo y Rivas (1993) en suelos poco profundos y altamente pedregosos de Yucatán, México, evaluaron la respuesta productiva del zacate Taiwan con diferentes niveles de estiércol de nitrógeno. Los niveles de abono (estiércol bovino en base seca) de 0, 3, 6, 9, 12, 15 y 18 ton/ha y de nitrógeno 0 y 100 kg/ha/año. La producción de forraje se incrementó a medida que

se aumentaron los niveles de abono en 4.3, 7.4, 9.1, 9.6, 11.1, 13.1 y 17.2 ton/ha/año de MS. La adición de estiércol en cualquiera de los niveles incrementó de manera importante ($P < 0.05$) la densidad de tallos/macollo y la altura del zacate, siendo para los niveles de 0 y 18 toneladas de abono, valores en ese mismo orden de 2.5 y 3.1 tallos/macollo y de 1.1 y 1.7 m. El N no tuvo influencia en la respuesta productiva del pasto y se concluyó que la adición de 18 ton/ha de abono mejora las tasas productivas del pasto Taiwan.

Havard-Duclos (1969) sugiere abonar la tierra para el establecimiento de *Pennisetum* spp. con estiércol de granja a razón de 30,000 a 40,000 kg/ha; después dos veces al año, al momento del corte, aplicar entre hileras 10,000 kg/ha. Esto asegura una recolección mantenida durante varios años.

Fertilización nitrogenada y composición química

Las fertilizaciones excesivas con nitrógeno y otros elementos cambian la composición mineral y botánica de una pradera, afectan la composición química del forraje y pueden tener un efecto directo en la toma de otros minerales del suelo (López, 1991).

El suministro de nitrógeno puede actuar modificando la composición química o modificando la magnitud y tendencia de procesos ontogénicos tales como la senescencia foliar. A medida que la planta crece y madura hay un aumento en el rendimiento de materia seca, pero al mismo tiempo hay un incremento en el contenido de fibra cruda, fibra total o fibra neutro detergente, lignina y celulosa, mientras que ocurre una disminución en el contenido de proteína y en la digestibilidad (Novoa, 1983).

Mislevy *et al.* (1989) reportaron que generalmente altas dosis de N ocasionan altos rendimientos de PC y aumentan la digestibilidad de la materia orgánica in vivo en plantas de *P. purpureum* durante los estados fisiológicos tempranos de crecimiento y tuvieron un efecto de disminución cuando las plantas alcanzaron la madurez. Por su parte Obeid *et al.* (1984), encontraron que el N aplicado incrementó la proteína cruda, calcio y los carbohidratos solubles, pero redujo la concentración de potasio y la digestibilidad de la materia seca.

Miyagi (1983) al evaluar la aplicación anual de 0 - 900 kg N/ha en la composición química y digestibilidad del zacate Napier, reportó que contenidos de PC, fibra cruda (FC) y Grasa cruda se incrementaron, mientras que el extracto libre de nitrógeno (ELN) y los contenidos de Ceniza cruda

decrecieron con el incremento del nivel de nitrógeno. El contenido de Lignina de las hojas se incrementó y el contenido de sílice (Si) decreció con la alta dosis de N. En las hojas, la fertilización nitrogenada no afectó la Fibra Acido Detergente (FAD), la Fibra Neutro Detergente (FND), ni la celulosa y hemicelulosa, pero en los tallos incrementaron la FAD, celulosa y lignina, y decreció la hemicelulosa. La digestibilidad de MS de tallos y hojas decreció con el incremento de la dosis de N de 56.37% sin fertilizante a 47.55% con 600 kg N/ha.

Influencia de la fertilización en la producción animal

En cuanto a los requerimientos de nitrógeno por los rumiantes, se indica que la dieta debe contener por lo menos 1.4% de N, equivalente al 9% de proteína cruda, que es la necesaria para una actividad adecuada de los microorganismos del rumen. Generalmente un nivel de 10% de PC en el forraje satisfacen en lo que refiere a PC las necesidades del animal (Agricultural Research Council, 1967 - 1969; Bazán, 1971).

Algunos investigadores han reportado incrementos en la digestibilidad del forraje fertilizado con nitrógeno. Muldoon y Pearson (1977) observaron que el contenido de Proteína en *P. purpureum* híbrido se incrementó al aumentar la dosis de N. La proteína y digestibilidad fueron adecuadas para la producción animal, excepto a mitad del verano, cuando el rápido desarrollo de la planta bajo riego y con alta cantidad de N resultó en valores de digestibilidad del 60%.

Sollemberger y Jones (1989) compararon dos pastizales fertilizados con N en la producción de carne; el pasto elefante enano (*P. purpureum* Schum. cv. Mott) y el pasto bahía (*Paspalum notatum* Flugge cv. Pensacola). El promedio de la ganancia diaria de peso vivo (GDP) fue de 0.97 kg para Mott y 0.38 kg para Pensacola. En ambos pastizales el promedio de la carga animal (CA) fue de aproximadamente 4 novillos/ha y la producción total de carne promedio/ha fue de 483 kg para Mott y de 318 kg para Pensacola. Las diferencias en GDP y valor nutritivo entre los pastizales fueron notables, particularmente durante el período final del verano y los comienzos del otoño, etapa en donde GDP en Pensacola fue bastante baja. En los tres años evaluados, la acumulación estimada de materia seca en las pasturas Mott y Pensacola promediaron 8.2 y 7.1 ton/ha/año.

Importancia del azufre mineral

El azufre es un elemento que compite en importancia con el nitrógeno y el fósforo en la formación de proteínas, además de ser un componente integral de ciertas vitaminas y enzimas. Es un nutriente esencial para los integrantes del reino animal y vegetal.

Sin embargo, a pesar de su abundancia en la corteza terrestre, el azufre se encuentra en el suelo en cantidades subóptimas o en formas no aprovechables, de manera que no es raro observar respuesta a los fertilizantes que contienen azufre.

La principal reserva del elemento (S) en el suelo está en la fracción orgánica y sólo puede existir libre acceso a ese almacén mediante la descomposición microbiológica.

El azufre se incorpora al suelo en forma de residuos vegetales, fertilizantes químicos y agua de lluvia, y es adquirido por el sistema radicular de la planta principalmente como ion sulfato SO_4^{2-} . En regiones áridas se le encuentra en estado de sulfatos de calcio, magnesio, sodio y de potasio.

El azufre también es componente de varios pesticidas y fungicidas. Ocasionalmente, el azufre elemental es deliberadamente agregado para el control de algunos patógenos de plantas o para la corrección de suelos alcalinos por su efecto acidificante (Bazán, 1971; Alexander, 1980; Juscafresa, 1983; Muslera y Ratera, 1991).

Fuentes de azufre a través de fertilizantes

El azufre se provee a través del sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, con un 34% de azufre; el sulfato de potasio, $\text{K}_2 \text{SO}_4$, con 18% de azufre, los superfosfatos simple y triple con un 12% y 10% de azufre, respectivamente.

Tanto el azufre en polvo, como el yeso CaSO_4 , sirven para reducir la alcalinidad de los suelos. Según Rodríguez (1982), en la corrección de suelos salinos se utilizan grandes cantidades de azufre en polvo (90% de S) para bajar el pH del suelo a 6.5 o 7. La Tabla 2, presenta las distintas cantidades en kg de S/ha requeridos, según el tipo de suelo y el pH en que se encuentra el mismo.

Tabla 2. Requerimientos de Azufre agrícola en (kg/ha) para corrección de suelos salinos de acuerdo al tipo de textura (Rodríguez, 1982).

pH INICIAL	SUELO ARENOSO	SUELO ARCILLOSO
7.5	600	1,000
8	1,400	1,900
8.5	2,000	2,200 o más

Oxidación del azufre

El azufre que se encuentra en forma reducida y que es liberado en la mineralización de la materia orgánica es oxidado de azufre elemental a SO_4^{2-} , principalmente por bacterias del género *Thiobacillus* spp. Este género contiene ocho especies de las cuales las más clásicas son: *T. denitrificans*, *T. ferrooxidans*, *T. novellus*, *T. thiooxidans*, *T. thioparus*. La oxidación de azufre pulverizado produce considerable ácido sulfúrico, debido a la actividad de los tiobacilos.

Sin embargo, la oxidación del azufre no está restringida a bacterias del género *Thiobacillus*. Los géneros *Beggiatoa* spp., *Thiotrix* spp., y *Thioplaca* spp., también bajo condiciones aeróbicas, producen ácido sulfúrico, el cual reduce el pH del suelo (Tisdale y Nelson, 1975; Alexander, 1980; Fasbender, 1984).

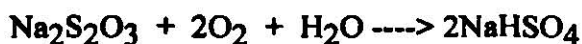
Según Alexander (1980) la adición de azufre elemental al suelo es esencialmente equivalente a la aplicación de H_2SO_4 , debido a la actividad de los tiobacilos; cuando las tasas de aplicación son elevadas, el pH de un suelo neutro puede disminuir hasta un valor de 3 ó a veces de 2, después de varios meses. Generalmente *Thiobacillus thiooxidans* es el principal organismo responsable, pero *T. denitrificans* y *T. thioparus* también metabolizan el azufre libre.

La transformación se aumenta, disminuyendo el tamaño de la partícula de azufre e incrementando la temperatura dentro del intervalo mesofílico y es afectada por el pH y el contenido de agua. Cuando se agrega azufre elemental a suelos alcalinos, siempre que estén presentes los tiobacilos, el ácido sulfúrico generado neutralizará la alcalinidad y conducirá al suelo a una productividad potencial.

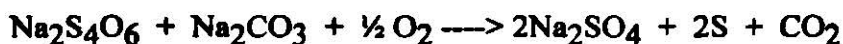
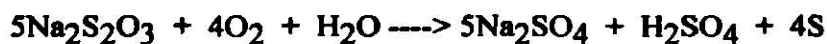
La oxidación de azufre elemental provoca la solubilización de los minerales del suelo. El ácido sulfúrico que se forma reacciona con los minerales y otros materiales insolubles, causando una movilización de nutrientes. Así la oxidación aumenta la cantidad de fosfato, potasio, calcio, manganeso, aluminio y magnesio solubles.

Las siguientes ecuaciones según Alexander (1980), caracterizan las transformaciones catalizadas por los tiobacilos. Las reacciones también son llevadas a cabo por otras especies de *Thiobacillus*. diferentes a las enlistadas.

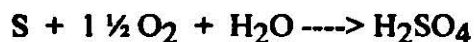
T. thiooxidans y *T. novellus*



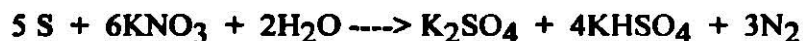
T. thioparus



T. thiooxidans



T. denitrificans



Los suelos calcáreos del noreste de México

El estado de Nuevo León, se ubica en el noreste de la República Mexicana. Esta región es considerada como semiárida con clima semiseco extremoso. Sus suelos son de desarrollo moderado o alto, profundos, de textura arcillosa limosa, compactos, con contenidos relativamente bajos de materia orgánica y poseen una alta concentración de CaCO_3 .

Según FitzPatrick (1984) los carbonatos de calcio son las primeras sustancias que se empiezan a acumular a medida que el clima se vuelve árido y su presencia domina el curso del desarrollo del suelo, ya que en cantidades tan pequeñas como de 1% del suelo, es suficiente para elevar el pH por encima de la neutralidad.

Las condiciones de alcalinidad en los suelos provoca deficiencias nutricionales en las plantas, debido a que los nutrientes en general y en especial los micronutrientes u oligoelementos tienden a producir formas insolubles, lo que causa que aún cuando existan esos elementos en el suelo, éstos no se encuentren disponibles para la planta. Lo anterior, cabe aclarar, no es válido para el elemento molibdeno (Mo), ya que es el único que bajo condiciones alcalinas produce formas solubles asimilables por las plantas.

También como consecuencia del desequilibrio entre nutrientes causado por la alcalinidad, y las condiciones ambientales, el efecto de la fertilización nitrogenada se reduce y se incrementan las pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco, en su proceso de descomposición en el suelo.

El azufre y los fertilizantes nitrogenados

La aplicación de fertilizantes químicos que posean un efecto acidificante para suelos alcalinos es provechosa, ya que la acidez que provocan servirá como amortiguador contra la alcalinidad; así, los elementos afectados por el pH alto tendrían menor posibilidad de fijarse y su solubilidad se incrementa, estando disponibles para las plantas (Morales, 1985).

El efecto acidificante del azufre es favorable al amortiguar el efecto alcalinizante del amonio después de la fertilización; retarda la hidrólisis de la urea, incrementa la permanencia del amonio en el suelo y consecuentemente la nitrificación de los fertilizantes, además de disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización (Albalade, 1992).

Kissel *et al.*(1985) citados por Díaz (1991), señalaron que fuentes nitrogenadas con efecto residual ácido, como el sulfato y nitrato de amonio, pueden nitrificar más rápido inmediatamente después de su aplicación sobre suelos calcáreos, debido a la capacidad de amortiguamiento del pH del suelo ejercida por el CaCO_3 .

Sin embargo, en resultados obtenidos por Díaz (1991) bajo condiciones de laboratorio, mostraron que independientemente de la fuente de fertilizante, la producción de NO_3 disminuye cuando el sulfato, nitrato de amonio y urea se aplican juntos con azufre. Consideró que este efecto se debe posiblemente al medio tóxico que se forma para las bacterias nitrificantes, por la acumulación de amonio cuando el azufre es mezclado con fertilizantes que contienen nitratos; o por el efecto que tiene el azufre como reductor del pH del suelo, como también por la intervención del azufre en la disminución de los nitratos del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el km 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, municipio de Marín, Nuevo León. Dio inicio el 22 de noviembre de 1990 y finalizó el 1 de mayo de 1992.

Ecología del área de estudio

El área de estudio pertenece a la Provincia Llanura Costera del Golfo, Subprovincia Llanuras y Lomeríos, y su ubicación es a 25° 23' latitud norte y 100° 03' longitud oeste, teniendo una altitud de 367 msnm. La temperatura promedio de la región es 21°C, con una media anual máxima de 28.4°C y una media anual mínima de 16.6°C . La precipitación pluvial promedio anual es de 466 mm y una humedad relativa anual de 75%, según datos de la Estación meteorológica de la FAUANL.

El clima, según la clasificación climatológica de Koppen, modificada por García (1973), es un BS1 (h')h x' (e'). Donde BS1 es seco o árido con un cociente P/T mayor de 22.9, que son los menos secos de los mismos ; (h')h que corresponde a cálidos con una temperatura sobre 22°C; x' con lluvias repartidas durante todo el año; y (e') muy extremoso. La Figura 2, muestra las condiciones climatológicas que prevalecieron durante el desarrollo del experimento.

El suelo de la región es de color amarillento, tipo arcilloso, pobre en materia orgánica y un pH medianamente alcalino de 7.9.

La Tabla 3, muestra las características específicas de los suelos de la Estación Experimental, donde se realizó el experimento. La condición alcalina del suelo favorece la deficiencia de nutrientes y las pérdidas por volatilización del nitrógeno.

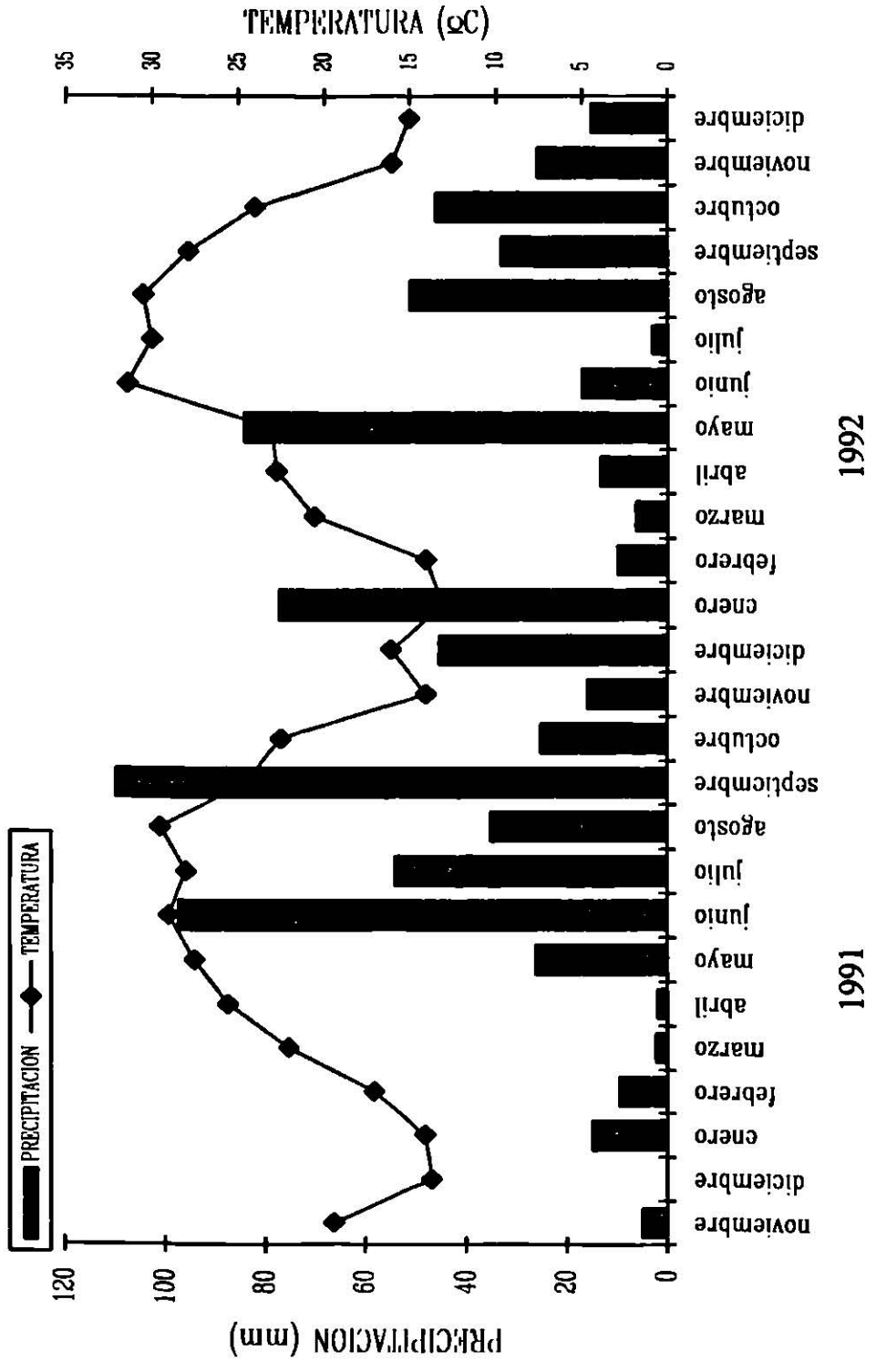


Figura 2. Condiciones climatológicas prevalecientes durante el desarrollo del experimento (noviembre de 1990 - mayo 1992). Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, UANL.

Tabla 3. Propiedades físico- químicas de los suelos de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

CARACTERISTICAS	VALOR MEDIO	CLASIFICACION
pH	8.1	mod. alcalino
(CE) mmhos/cm	0.4	no salino
Textura	-	arcillosa
Color	-	café grisáceo
Mat. orgánica, %	2.1	medio
(N) total, %	0.1	med. pobre
Fósforo extractable, ppm	3.8	pobre
Potasio extractable, kg/ha	336.0	med. rico

Tomado de López, 1991.

Descripción del experimento

El experimento se estableció en el campo bajo condiciones de riego. Se realizaron las labores culturales de barbecho, rastreo y surcado. Se utilizó un espaciamento entre surcos de 90 cm. La siembra se realizó en seco mediante el método "estacado", colocándose los trozos de caña en forma horizontal y continua en el fondo del surco a 8 cm de profundidad y se cubrieron con azadón en forma manual, dándose riegos pesados cada vez que el cultivo lo necesitara. El manejo del cultivo se describe en las siguientes secciones.

Material genético

El material genético utilizado fue pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach), graminéa de origen tropical introducida recientemente a esta región.

Fecha de siembra

El pasto se sembró el 22 de noviembre de 1990.

Densidad de siembra

Se utilizaron 1,800 kg/ha de material vegetativo el cual fue cortado en trozos de 50 cm con aproximadamente 5 yemas cada uno.

Aplicación de azufre

Una vez que el pasto alcanzó la altura promedio de 65 cm y sin cortarlo; se realizó una sola aplicación de azufre mineral como un mejorador del suelo, en niveles de 0, 6,000 y 12,000 kg/ha/año. Se distribuyó sobre suelo mullido espolvoreándose manualmente en toda el área del surco y se incorporó mediante azadoneo; inmediatamente se dio un riego pesado y 15 días después se fertilizó.

Fertilización

Los fertilizantes fueron: Urea, Nitrato de amonio y Sulfato de amonio. La dosis señalada de nitrógeno fue de 150 kg/ha para cada uno. La aplicación se realizó en dos fracciones después de cada corte; la primera aplicación se hizo una vez hecho el corte y la segunda 15 días después. La dosis total de (N) fue de 600 kg/ha al año.

Riego

El primer riego se dio inmediatamente después de la siembra del pasto. Durante el periodo de establecimiento se realizaron riegos cada 15 días. Iniciado el experimento, el riego se aplicó al momento de la fertilización fraccionada y se siguió regando según lo requería el cultivo. El total de riegos aplicados fue de 17, con un lapso promedio de 29 días entre cada uno.

Intervalos de corte

Para todos los tratamientos la altura de corte fue de 15 cm sobre el nivel del suelo. El primer corte se hizo a los 263 días considerando el periodo de establecimiento. Para los siguientes se determinaron intervalos de 45 días, a excepción del tercero que se prolongó a 160 días debido a la estación de invierno, y donde se evaluaron solamente dos variables (RMV, ton/ha y NP/2 m). El total de cortes fue de cuatro, siendo las fechas las siguientes: 12 de agosto de 1991; 01 de octubre de 1991; 13 de marzo de 1992 y 01 de mayo de 1992.

Variables medidas

Las variables agrobiológicas determinadas se midieron al momento de la cosecha y fueron: altura (A, m), hojas totales (HT), hojas verdes (HV), hojas secas (HS), materia seca de hojas

(MS/H, gr.), materia seca de tallos (MS/T, gr.), materia seca por planta (MS/P, gr.), materia verde por planta (MV/P, gr.), rendimiento de materia verde en toneladas por hectárea (RMV, ton/ha) y número de plantas en 2 m lineales del surco (NP/2 m)*.

Diseño experimental

El diseño experimental al que se sometieron los tratamientos fue el de Bloques al Azar con arreglo de Parcelas Divididas, en donde las parcelas grandes fueron los niveles de azufre: 0, 6,000 y 12,000 kg/ha, y las parcelas chicas las fuentes de fertilizante nitrogenado: sin nitrógeno, urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio . La dosis de N fue de 150 kg/ha por corte dando un total de 600 kg/ha/año.

La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de cuatro surcos separados a cada 90 cm teniendo éstos una longitud de 6 m. La parcela útil estuvo constituida por los dos surcos centrales y restando un metro de cada cabecera de la parcela. De esta unidad útil se seleccionaron 20 plantas al azar, de las cuales se derivó la información. Los tratamientos se repitieron tres veces y fueron:

1. Urea, 0 kg/ha de Azufre
2. Urea, 6,000 kg/ha de Azufre
3. Urea, 12,000 kg/ha de Azufre
4. Nitrato de Amonio, 0 kg/ha de Azufre
5. Nitrato de Amonio, 6,000 kg/ha de Azufre
6. Nitrato de Amonio, 12,000 kg/ha de Azufre
7. Sulfato de Amonio, 0 kg/ha de Azufre
8. Sulfato de Amonio, 6,000 kg/ha de Azufre
9. Sulfato de Amonio, 12,000 kg/ha de Azufre
10. Sin Nitrógeno, 0 kg/ha de azufre
11. Sin Nitrógeno, 6,000 kg/ha de azufre

La Figura 3, muestra el croquis con la distribución de los tratamientos del experimento en el campo.

* En ésta variable se contabilizó el número de hijuelos.

N ←

I	0-1	0-2	0-3	0-0	1-1	1-3	1-2	2-3	2-1	2-2	1-0
II	1-0	1-2	1-1	1-3	2-2	2-3	2-1	0-0	0-2	0-3	0-1
III	2-1	2-2	2-3	0-3	0-1	0-2	0-0	1-0	1-3	1-2	1-1

Figura 3. Distribución espacial de los tratamientos en el campo. Niveles de azufre en kg/ha (0 = 0; 1 = 6,000; 2 = 12,000). Fuentes nitrogenadas (0 = Sin nitrógeno; 1 = urea; 2 = nitrato de amonio; 3 = sulfato de amonio).

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + E_{ij}(a) + N_k + AN_{jk} + E_{ijk}(b)$$

donde:

- Y_{ijk} variable respuesta
 μ media poblacional
 β_i efecto de bloques
 A_j efecto del azufre
 $E_{ij}(a)$ error experimental de las parcelas grandes
 N_k efecto del nitrógeno
 AN_{jk} efecto de la interacción del azufre j y nitrógeno k
 $E_{ijk}(b)$.. error experimental de las subparcelas

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del experimento, se sometieron a análisis estadístico mediante el procedimiento del Modelo Lineal General del paquete estadístico SAS. Las Tablas 4-7 resumen los resultados; el análisis de varianza e interpretación general se presenta por cortes y de forma independiente para cada variable (Tablas 8-11; 14-125). La comparación de medias se realizó mediante el método de Duncan.

Primer corte (12 /08/91) . En la Tabla 8 se observa que en general hubo respuesta altamente significativa ($P < 0.0001$) a la fertilización nitrogenada, con excepción de la variable materia verde por planta (MV/P). El cultivo respondió a los fertilizantes nitrogenados en el orden: urea > sulfato de amonio > nitrato de amonio. El testigo mostró una ligera superioridad en seis variables respecto a la urea y a las otras fuentes nitrogenadas (Tabla 4). El rendimiento medio total de materia verde (forraje) fue de: 28.817, 25.133, 24.378 y 20.739 ton/ha para urea, testigo, sulfato de amonio y nitrato de amonio respectivamente (Tabla 12).

El azufre tuvo un efecto confundido con bloques; aun cuando interactúa con los fertilizantes y tiene efecto en las variables, los niveles aplicados no presentan diferencia significativa, resultando que en lo general el nivel 0 > 12,000 > 6,000 kg/ha (Tabla 4). En este corte, urea y sulfato de amonio en su efecto en la producción de materia verde, decrecen a medida que se incrementa el nivel de azufre, mientras que el testigo y nitrato de amonio tienden a incrementarse con el aumento en los niveles de azufre (Figura 4). El rendimiento medio de materia verde fue de: 25.561, 24.529 y 24.317 ton/ha para los niveles 12,000; 6,000 y 0 kg/ha, respectivamente; lo que representa un 5.11 y 0.87% en incremento en la producción cuando se aplicó 12,000 y 6,000 kg/ha de azufre (Tabla 13).

Segundo corte (01/10/91). En forma general se vio que los efectos de la fertilización nitrogenada, son significativos en cuatro variables ; igualmente la interacción (S*N) sólo afectó a la altura (A), al rendimiento de materia verde (RMV) y al número de plantas (NP) (Tabla 9). La respuesta del cultivo a la fertilización fue: urea > sulfato de amonio > nitrato de amonio; asimismo, el testigo y nitrato de amonio, aunque estadísticamente son iguales, el testigo es el tratamiento de menor respuesta (Tabla 5). El rendimiento medio total de materia verde (forraje) fue de: 29.789, 24.978, 24.833 y 20.850 ton/ha para urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y el testigo, respectivamente (Tabla 12).

Tabla 4 . Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 1; 12-08-91).

VARIABLES TRATAMIENTOS	A m	HT	HV	HS	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2 m
0 Testigo	2.41	17.70	10.76	6.95	57.23	55.63	112.87	346.91	23.083	29.33
0 Urea	2.50	17.78	10.10	7.68	50.48	55.64	106.12	327.58	31.666	33.33
0 Nitrato	2.23	15.43	8.78	6.63	42.90	45.31	88.21	292.33	16.766	23.33
0 Sulfato	2.43	16.15	8.93	7.21	46.58	53.54	100.13	304.58	25.750	23.33
6,000 Testigo	2.30	17.65	10.88	6.88	49.76	50.96	100.72	289.83	27.183	33.33
6,000 Urea	2.49	16.51	8.33	8.35	44.81	52.66	97.47	297.66	28.033	31.66
6,000 Nitrato	2.33	15.25	8.83	6.41	40.03	40.71	80.74	295.33	17.983	27.66
6,000 Sulfato	2.41	16.80	9.75	7.13	47.88	49.66	97.55	316.94	24.916	24.66
12,000 Urea	2.38	17.55	9.51	8.03	51.56	54.21	105.78	309.00	26.750	26.33
12,000 Nitrato	2.43	16.50	8.25	8.30	46.75	53.40	100.15	307.83	27.466	27.66
12,000 Sulfato	2.42	15.88	8.48	7.40	43.28	45.74	89.03	279.36	22.466	24.66

Tabla 5. Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 2; 01-10-91).

VARIABLES TRATAMIENTOS	A m	HV	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2 m
0 Testigo	1.95	9.28	14.59	10.08	24.67	208.83	18.316	47.66
0 Urea	1.99	9.28	15.16	9.93	25.10	212.00	31.100	58.33
0 Nitrato	1.95	9.31	15.60	9.70	25.31	213.33	21.733	55.00
0 Sulfato	1.97	10.61	15.76	10.16	25.92	207.83	23.950	47.00
6,000 Testigo	1.92	8.57	15.02	9.30	24.33	197.50	23.383	53.00
6,000 Urea	2.07	9.88	15.93	10.24	26.18	230.50	31.716	54.00
6,000 Nitrato	1.92	8.55	14.93	8.80	23.73	199.76	20.316	55.00
6,000 Sulfato	1.98	9.40	15.07	10.01	25.09	209.66	25.883	58.00
12,000 Urea	1.98	9.25	15.32	10.07	25.39	210.83	26.550	50.33
12,000 Nitrato	1.99	9.08	14.84	9.54	24.38	209.66	32.883	49.66
12,000 Sulfato	2.02	9.45	15.89	9.13	25.03	208.16	24.666	55.66

Tabla 6. Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 3; 13 -03-92).

VARIABLES TRATAMIENTOS	RMV ton/ha	NP 2 m
0 Testigo	15.933	38.00
0 Urea	26.050	34.33
0 Nitrato	16.583	36.66
0 Sulfato	18.325	38.66
6,000 Testigo	21.700	33.66
6,000 Urea	25.800	34.66
6,000 Nitrato	22.433	41.00
6,000 Sulfato	21.566	36.33
12,000 Urea	25.033	34.66
12,000 Nitrato	30.016	37.00
12,000 Sulfato	23.366	38.00

Tabla 7. Efecto de los tratamientos (Fertilizantes nitrogenados y Niveles de azufre) en las variables agrobiológicas (Corte 4; 01-05-92).

VARIABLES TRATAMIENTOS	A m	HV	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2m
0 Testigo	1.49	9.76	13.71	6.33	20.04	136.00	13.466	29.66
0 Urea	1.64	8.61	14.74	5.35	20.09	155.50	18.483	36.66
0 Nitrato	1.57	9.83	15.07	5.37	20.45	150.66	18.266	35.66
0 Sulfato	1.60	9.40	15.09	4.87	19.96	145.16	16.700	35.00
6,000 Testigo	1.48	9.21	17.21	7.38	24.60	150.16	12.383	26.00
6,000 Urea	1.54	8.76	12.61	5.83	18.44	129.16	18.450	33.00
6,000 Nitrato	1.47	8.73	13.07	4.77	17.84	119.33	15.400	35.33
6,000 Sulfato	1.60	10.20	17.53	5.92	23.45	165.50	16.300	24.66
12,000 Urea	1.59	9.20	15.14	4.32	19.47	153.66	17.933	39.00
12,000 Nitrato	1.63	8.95	13.89	5.98	19.88	146.25	17.616	31.00
12,000 Sulfato	1.68	10.43	16.10	7.42	23.53	171.50	17.250	29.00

Tabla 8. Cuadros medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach) (Corte 1).

VARIABLES F de V	A m	HT	HV	HS	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2 m
BLOQUE	4.74 **	15.37	88.99 **	67.22 **	83.56	2911.78 **	3981.68 *	1314363.21 **	760.35 **	58.72 *
AZUFRE	0.02	8.93	10.61	27.43 *	993.73 *	1117.28 *	4211.54 *	21871.82	116.14 *	314.07 **
ERROR (a)	0.27	4.79	24.73	12.28	217.43	374.01	152.10	13130.38	1333.43	991.79
NITROGENO	0.51 **	129.56 **	101.74 **	31.85 *	2928.87 **	2206.97 **	9580.75 **	10462.87	1990.83 **	1690.86 **
S * N	0.41 **	23.61 *	27.68 **	17.66 *	660.32 **	1094.46 **	2887.67 *	26888.26 *	1104.01 **	455.70 **
ERROR (b)	0.06	8.77	4.83	6.46	148.19	259.70	703.07	8627.72	22.60	10.30

* Significativa

** Altamente significativa

Tabla 9. Cuadros medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach) (Corte 2).

VARIABLES F de V	A m	HV	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2 m
BLOQUE	1.12 **	30.16	287.38 **	8.24	236.29 **	9183.00 **	1035.32 **	1808.22 **
AZUFRE	0.02	20.13	0.27	11.83	15.29	492.51	447.90 **	966.66 **
ERROR (a)	0.19	16.19	12.84	53.27	57.38	2957.44	361.94	196.56
NITROGENO	0.17 **	30.75 *	17.69	16.68	55.25	6234.95	1684.63 **	565.92 **
S * N	0.10 **	13.13	13.74	12.50	22.97	4700.13	1325.90 **	1202.66 **
ERROR (b)	0.01	11.30	13.25	8.29	33.96	2620.63	27.74	24.00

* Significativa

** Altamente significativa

Tabla 10. Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach) (Corte 3).

VARIABLES F de V	RMV ton/ha	NP 2 m
BLOQUE	92.81 *	41.37
AZUFRE	96.67 *	1.20
ERROR (a)	37.33	35.86
NITROGENO	44.46	25.28
S * N	33.91	13.90
ERROR (b)	20.38	55.13

* Significativa

** Altamente significativa

Tabla 11. Cuadrados medios y significancia de los tratamientos en el estudio del efecto de tres fertilizantes nitrogenados y tres niveles de azufre en el rendimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach) (Corte 4).

VARIABLES F de V	A m	HV	MS/H gr	MS/T gr	MS/P gr	MV/P gr	RMV ton/ha	NP 2 m
BLOQUE	0.86 **	47.71 **	370.13 **	426.25 **	1340.90 **	76883.72 **	102.21 **	324.66 **
AZUFRE	0.41 **	6.24	20.11	33.43 *	104.71	12023.02 *	78.71 **	1224.07 **
ERROR (a)	0.10	44.48	290.03	208.05	223.80	8795.39	334.47	2211.06
NITROGENO	0.36 **	44.13 **	204.21 **	94.66 **	505.31 **	15047.89 **	643.77 **	2308.64 **
S * N	0.10 **	16.72 **	170.36 **	55.90 **	243.92 **	13057.90 **	37.51 **	619.48 **
ERROR (b)	0.01	2.11	29.15	10.07	55.17	2437.08	7.82	12.24

* Significativa

** Altamente significativa

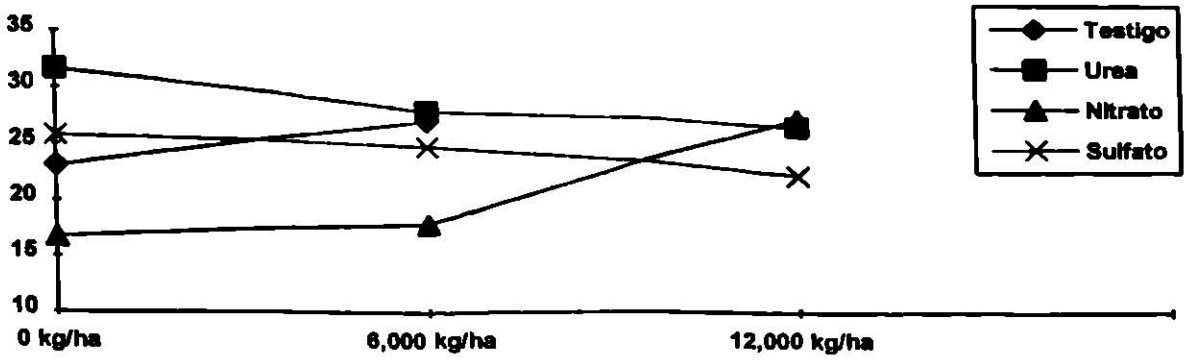


Figura 4. Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 1).

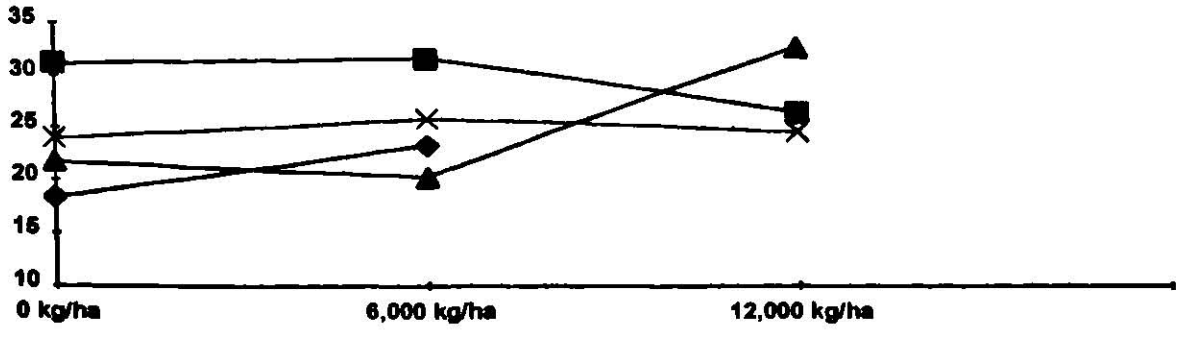


Figura 5. Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 2).

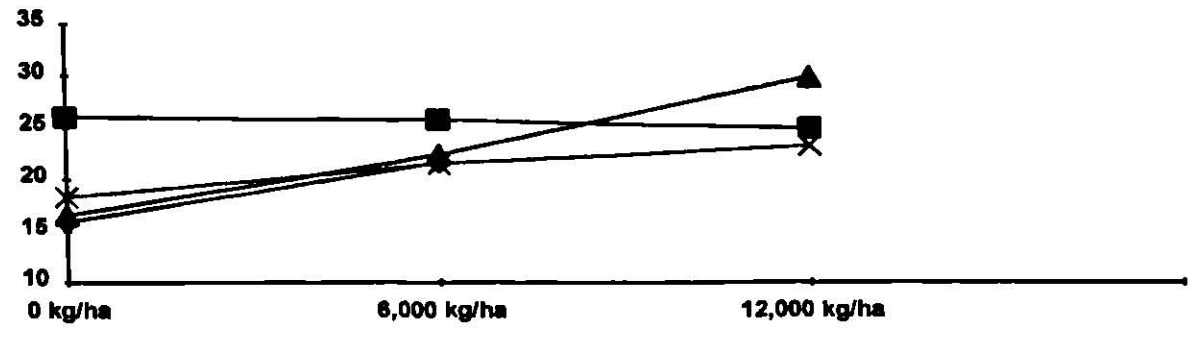


Figura 6. Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 3)

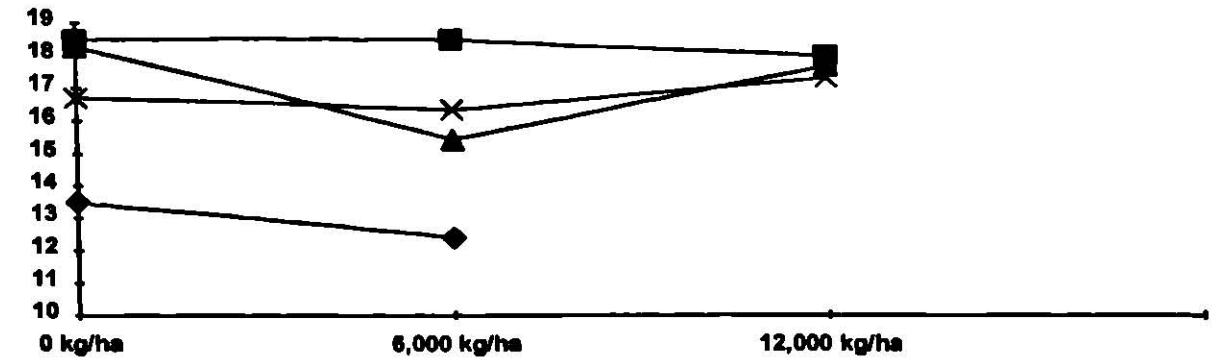


Figura 7. Efecto de los niveles de azufre y fertilizantes nitrogenados en la producción de materia verde (Corte 4)

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

Tabla 12. Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento promedio de materia verde (RMV, ton/ha) del pasto Taiwan .

TRATAMIENTOS N° de CORTE	TESTIGO	UREA	NITRATO	SULFATO
PRIMER CORTE	25.133	28.817	20.739	24.378
SEGUNDO CORTE	20.850	29.789	24.978	24.833
TERCER CORTE	18.817	25.628	23.011	21.086
CUARTO CORTE	12.925	18.289	17.094	16.750

Tabla 13. Efecto de los niveles de azufre en el rendimiento promedio de materia verde (RMV, ton/ha) del pasto Taiwan.

N° de CORTE NIVELES DE AZUFRE	1	2	3	4
0 kg/ha	24.317	23.775	19.223	16.729
6,000 kg/ha	24.529 0.87*	25.325 6.51	22.875 18.99	15.633 (-)
12,000 kg/ha	25.561 5.11	28.033 17.90	26.139 35.97	17.600 5.20

* = % en incremento en base a 0 kg S/ha

EL azufre tuvo un efecto confundido con el de bloques. Los niveles aplicados no presentaron diferencia significativa en su comportamiento, aun cuando están afectando a las variables evaluadas; en lo general el nivel $0 > 12,000 > 6,000$ kg/ha (Tabla 5). En este corte, urea y sulfato de amonio en su efecto en la producción de materia verde, presentan un ligero incremento en el nivel intermedio de azufre y decrecen en el más alto nivel, mientras que el testigo y nitrato de amonio siguen una tendencia positiva a medida que se incrementa el nivel de azufre (Figura 5). El rendimiento medio de materia verde fue de: 28.033, 25.325 y 23.775 ton/ha para los niveles 12,000; 6,000 y 0 kg/ha, respectivamente; lo que representa un incremento de 17.90 y 6.51% en la producción cuando se aplicó azufre en 12,000 y 6,000 kg/ha (Tabla 13).

Tercer corte (13/03/92). La Tabla 10 presenta las dos variables evaluadas de este corte: rendimiento de materia verde (RMV) y número de plantas (NP), donde sólo la primera es significativa en su respuesta al azufre, más no a los fertilizantes. También no hubo significancia en la interacción (S*N). El cultivo respondió a los fertilizantes nitrogenados en el orden: nitrato de amonio > urea > sulfato de amonio, siendo el testigo de menor respuesta (Tabla 6). El rendimiento medio total de materia verde (forraje) fue de: 25.628, 23.011, 21.086 y 18.817 ton/ha para urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y el testigo, respectivamente (Tabla 12)

Referente a los niveles de azufre aplicados cuyo efecto está confundido con bloques, éstos no muestran diferencia significativa, siendo el nivel $12,000 > 6,000 > 0$ kg/ha (Tabla 6). En este corte urea y sulfato de amonio que afectan la producción de materia verde, presentan una tendencia a decrecer a medida que se aumenta el nivel de azufre; mientras que el testigo y nitrato de amonio tienden a incrementarse a medida que aumenta el nivel de azufre aplicado (Figura 6). El rendimiento medio de materia verde fue de: 26.139, 22.875 y 19.223 ton/ha para los niveles 12,000; 6,000 y 0 kg/ha, respectivamente; lo que representa un incremento de 35.97 y 18.99% en la producción cuando se aplicó azufre en 12,000 y 6,000 kg/ha (Tabla 13).

Cuarto corte (01/05/92). En este corte los efectos de la fertilización nitrogenada fueron consistentes en todas las variables, mostrando alta significancia ($P < 0.0001$) al factor nitrógeno. La interacción (S*N) y el factor azufre en cinco de las ocho variables evaluadas (Tabla 11) también fue significativa. La respuesta del cultivo a los fertilizantes fue en el orden: sulfato de amonio > urea > nitrato de amonio, siendo el testigo el tratamiento de menor respuesta (Tabla 7). El rendimiento medio total de materia verde (forraje) fue de: 18.289, 17.094, 16.750 y 12.925 ton/ha para urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y el testigo, respectivamente (Tabla 12).

El azufre tuvo efecto confundido con bloques, y los niveles aplicados no presentaron diferencia significativa en su comportamiento a excepción de la variable altura (A); así, en lo general el nivel $12,000 > 0 > 6,000$ kg/ha (Tabla 7). En este corte, los fertilizantes en su efecto en la producción de materia verde, se comportan como sigue: sulfato de amonio presenta una tendencia positiva a medida que aumentan los niveles de azufre, mientras que urea tiende a decrecer en el nivel más alto; nitrato de amonio decrece en el nivel intermedio y se incrementa en el nivel más alto de azufre y el testigo muestra una tendencia negativa a éste factor (Figura 7). El rendimiento medio de materia verde fue de: 17.600, 16.729 y 15.633 ton/ha para los niveles 12,000; 0 y 6,000 kg/ha, respectivamente; lo que representa un incremento de 5.20% en la producción cuando se aplicó azufre en 12,000 kg/ha (Tabla 13).

RESULTADOS POR VARIABLE Y POR CORTE

Primer corte (12-08-91)

Altura de la planta (A, m)

No se encontraron diferencias significativas a la aplicación de azufre con respecto a la variable altura, pero se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con la fuente nitrogenada (Tabla 14).

En la Tabla 15 se muestran las medias del factor azufre donde se prueba que no existió efecto significativo. La Tabla 16 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 17 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; la urea es el tratamiento más alto, pero estadísticamente es igual al sulfato; el testigo es igual a nitrato estadísticamente, siendo el nitrato el peor tratamiento.

Hojas totales (HT)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable hojas totales; pero se encontró efecto ($P < 0.0001$) de las fuentes de nitrógeno y existió interacción ($P < 0.0203$) del azufre con la fuente nitrogenada (Tabla 18).

La Tabla 19 muestra las medias del factor azufre donde se prueba que no existe efecto significativo. La Tabla 20 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 21 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde el testigo es el tratamiento más alto y es igual estadísticamente a urea; sulfato es igual estadísticamente a nitrato, siendo el nitrato el peor

tratamiento.

Hojas verdes (HV)

No hubo diferencias significativas con la aplicación de azufre respecto a la variable hojas verdes; pero se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 22).

La Tabla 23 presenta las medias del factor azufre donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 24 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 25 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde el testigo es el tratamiento más alto, seguido de urea, la cual es estadísticamente igual a sulfato, siendo el nitrato el peor tratamiento.

Hojas secas (HS)

Diferencias significativas ($P < 0.0147$) se encontraron con la aplicación de azufre con respecto a la variable hojas secas. Las fuentes de nitrógeno también mostraron efecto ($P < 0.0022$) y existió interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 26).

La Tabla 27 contiene las medias del factor azufre, donde se muestra que no existe efecto. La Tabla 28 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 29 presenta la comparación de medias para el factor fuentes de nitrógeno donde el tratamiento más alto fue urea, seguido de sulfato, nitrato y el testigo.

Materia seca de hojas (MS/H, gr.)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0013$) con la aplicación de azufre respecto a la variable materia seca de hojas; igualmente las fuentes nitrogenadas mostraron efecto ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0005$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 30).

La Tabla 31 contiene las medias para el factor azufre donde se muestra que no existe efecto. La Tabla 32 presenta las medias de tratamientos y en la Tabla 33 se encuentra la comparación de medias para el factor fuentes nitrogenadas donde el testigo es el tratamiento más alto seguido de urea; sulfato es estadísticamente igual a nitrato, pero nitrato es el peor tratamiento.

Materia seca de tallos (MS/T, gr.)

Diferencias significativas ($P < 0.0139$) se encontraron con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca de tallos. También se encontró efecto significativo de las fuentes

de nitrógeno ($P < 0.0001$), como de la interacción ($p < 0.0009$) del azufre con las fuentes de nitrógeno (Tabla 34).

La comparación de medias del factor azufre muestra que no hubo efecto (Tabla 35). La Tabla 36 muestra las medias de tratamientos y en la Tabla 37 se muestra las medias para fuentes de nitrógeno, donde urea fue el tratamiento más alto y es igual estadísticamente al testigo; sulfato es mejor que nitrato y estadísticamente son iguales, siendo el nitrato el más bajo.

Materia seca por planta (MS/P, gr.)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0026$) con la aplicación de azufre respecto a la variable materia seca por planta. También se encontró efecto ($P < 0.0001$) de las fuentes de nitrógeno, y existió interacción ($P < 0.0011$) del azufre con las fuentes de nitrógeno (Tabla 38)

La Tabla 39 presenta las medias del factor azufre, donde se muestra que el nivel 0 es mejor que el nivel máximo de 12,000 y que el nivel intermedio de 6,000 kg/ha de azufre. La Tabla 40 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 41 contiene la comparación de medias del factor fuentes nitrogenadas, donde el testigo es el tratamiento más alto e igual estadísticamente a urea; sulfato es igual a nitrato, siendo nitrato el peor tratamiento.

Materia verde por planta (MV/P, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre respecto a la variable materia verde por planta. No se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno, pero existió interacción ($P < 0.0087$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 42).

La Tabla 43 contiene las medias del factor azufre, donde se muestra que no existe efecto. La Tabla 44 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 45 presenta la comparación de medias para el factor fuentes de nitrógeno, donde todos los tratamientos son iguales estadísticamente, siendo el testigo el mejor seguido de urea sulfato y nitrato.

Rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha)

Diferencias significativas ($P < 0.0061$) se encontraron con la aplicación de azufre con respecto a la variable rendimiento de materia verde por planta. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 46).

La Tabla 47 muestra las medias del factor azufre donde se prueba que no existió efecto. La Tabla 48 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 49 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde urea es el tratamiento más alto, seguido del testigo el cual es estadísticamente igual a sulfato, siendo el nitrato el peor tratamiento.

Número de plantas en 2 metros (NP/2 m)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) con la aplicación de azufre con respecto a la variable número de plantas en 2 metros. Las fuentes nitrogenadas presentaron efecto ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 50).

La Tabla 51 presenta las medias del factor azufre, donde se muestra que no hubo efecto. En la Tabla 52 se muestran las medias de tratamientos. La Tabla 53 presenta la comparación de medias del factor fuentes nitrogenadas, donde el testigo es el tratamiento más alto seguido de urea y nitrato; siendo sulfato el peor tratamiento.

Segundo corte (01-10-91)

Altura (A, m)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable altura, pero se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 54).

La comparación de medias para el factor azufre prueba que no existe efecto (Tabla 55). La Tabla 56 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 57 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde el tratamiento urea es el más alto, pero estadísticamente igual a sulfato; el nitrato es mejor que el testigo, siendo el testigo el peor tratamiento.

Hojas verdes (HV)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable hojas verdes; pero se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0437$) y no existió interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 58).

La comparación de medias del factor azufre muestra que no existió efecto (Tabla 59). La Tabla 60 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 61 presenta la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde sulfato es el tratamiento más alto pero estadísticamente es igual a

urea; urea es estadísticamente igual a nitrato y al testigo, siendo el testigo el más bajo.

Materia seca de hojas (MS/H, gr.)

No hubo diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca de hojas; asimismo, no hubo efecto de las fuentes de nitrógeno ni en la interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 62).

La Tabla 63 presenta las medias del factor azufre, donde se prueba que no existió efecto. La Tabla 64 muestra las medias de tratamientos y en la Tabla 65 se muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde sulfato fue el tratamiento más alto, pero fue igual estadísticamente a urea, nitrato y al testigo.

Materia seca de tallos (MS/T, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca de tallos. Asimismo, no hubo efecto de las fuentes nitrogenadas ni se presentó interacción entre el azufre y las fuentes de nitrógeno (Tabla 66).

La Tabla 67 presenta las medias del factor azufre, donde se muestra que no existe efecto. En la Tabla 68 se muestran las medias de tratamientos. La Tabla 69 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde urea es el tratamiento más alto pero estadísticamente igual a sulfato y al testigo, siendo el nitrato el peor.

Materia seca por planta (MS/P, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca por planta. Igualmente no hubo efecto de las fuentes de nitrógeno ni se presentó interacción entre ambos factores evaluados (Tabla 70).

La Tabla 71 muestra las medias del factor azufre, donde se manifiesta que no hubo efecto. La Tabla 72 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 73 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde estadísticamente los tratamientos fueron iguales, siendo el mejor urea, seguido de sulfato el testigo y nitrato.

Materia verde por planta (MV/P, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia verde por planta; igualmente no se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno y

no hubo interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 74).

La Tabla 75 presenta las medias del factor azufre donde se muestra que no existe efecto. En la Tabla 76 se muestran las medias de tratamientos y la Tabla 77, muestra la comparación de medias para fuentes de nitrógeno; donde urea fue el mejor tratamiento, pero estadísticamente fue igual a sulfato y nitrato; siendo el testigo el peor tratamiento.

Rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) con la aplicación de azufre con respecto a la variable rendimiento de materia verde. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 78).

La Tabla 79 presenta las medias del factor azufre donde se muestra que no existió efecto. En la Tabla 80 se muestran las medias de tratamientos y la Tabla 81 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde urea fue el tratamiento más alto, el nitrato y sulfato fueron iguales estadísticamente y el testigo fue el peor tratamiento.

Número de plantas en dos metros (NP/2 m)

Diferencias significativas ($P < 0.0001$) se encontraron con la aplicación de azufre respecto a la variable número de plantas en 2 metros. Igualmente hubo efecto ($P < 0.0001$) de las fuentes de nitrógeno y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 82).

La Tabla 83 presenta las medias del factor azufre donde se prueba que no existió efecto. La Tabla 84 muestra las medias de tratamientos. La Tabla 85 contiene la comparación de medias de fuentes nitrogenadas, donde estadísticamente fueron iguales los tratamientos urea sulfato y nitrato; siendo el testigo el más bajo.

Tercer corte (13-03-92)

Rendimiento de materia verde (RMV,ton/ha)

Se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable rendimiento de materia verde ($p < 0.0241$). Asimismo, no hubo efecto de las fuentes de nitrógeno ni se presentó interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 86).

La Tabla 87 presenta las medias para el factor azufre, donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 88 se muestra las medias de tratamientos y la Tabla 89 se encuentra la comparación de medias para fuentes de nitrógeno; donde urea fue el mejor tratamiento, pero fue estadísticamente igual a nitrato y a sulfato, siendo el testigo el peor.

Número de plantas en 2 metros (NP/2 m)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable número de plantas en 2 metros. Asimismo no hubo efecto de las fuentes de nitrógeno ni se presentó interacción con el azufre aplicado (Tabla 90).

La Tabla 91 muestra las medias del factor azufre donde se prueba que no hubo efecto. La Tabla 92 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 93 muestra la comparación de medias de fuentes de nitrógeno; donde todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente, siendo nitrato el mejor, seguido de sulfato, el testigo y urea.

Cuarto corte (01-05-92)

Altura de la planta (A, m)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) con la aplicación de azufre con respecto a la variable altura. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción del azufre ($P < 0.0001$) con las fuentes nitrogenadas (Tabla 94).

La Tabla 95 presenta las medias para el factor azufre, donde se muestra que el nivel 12,000 es el tratamiento más alto, pero estadísticamente igual al nivel 0 kg/ha; siendo el nivel 6,000 el más bajo pero igual estadísticamente al nivel 0 kg/ha.

La Tabla 96 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 97 presenta la comparación de medias para fuentes nitrogenadas, donde el sulfato fue el mejor tratamiento; seguido de urea, nitrato y el testigo; siendo el testigo el peor tratamiento.

Hojas verdes (HV)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable hojas verdes. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 98).

La Tabla 99 muestra las medias para el factor azufre donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 100 muestra las medias de tratamientos y en la Tabla 101 se muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde sulfato fue el tratamiento más alto seguido del testigo; el testigo fue estadísticamente igual a nitrato y nitrato fue igual a urea.

Materia seca de hojas (MS/H, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca de hojas; pero se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción del azufre ($P < 0.0001$) con las fuentes nitrogenadas (Tabla 102).

En la Tabla 103, se muestran las medias del factor azufre donde se prueba que no existió efecto. La Tabla 104 presenta las medias de tratamientos y la Tabla 105 muestra la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde el sulfato fue el tratamiento más alto pero estadísticamente igual al testigo; urea fue estadísticamente igual a nitrato, siendo nitrato el peor tratamiento.

Materia seca de tallos (MS/T, gr.)

Diferencias significativas ($P < 0.0368$) se encontraron con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca de tallos. Se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción del azufre con las fuentes nitrogenadas ($P < 0.0001$) (Tabla 106).

La Tabla 107 muestra las medias del factor azufre, donde se muestra que no existió efecto. En la Tabla 108 se muestra las medias de tratamientos y en la Tabla 109 se presenta la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde el testigo fue el tratamiento más alto pero estadísticamente igual a sulfato; sulfato fue estadísticamente igual a nitrato, y nitrato fue igual a urea, siendo urea el peor tratamiento.

Materia seca por planta (MS/P, gr.)

No se encontraron diferencias significativas con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia seca por planta; pero hubo efecto ($P < 0.0001$) de las fuentes nitrogenadas y existió interacción entre los dos factores azufre y nitrógeno (Tabla 110).

La Tabla 111 presenta las medias del factor azufre, donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 112 muestra las medias de tratamientos, y la Tabla 113 contiene las medias de fuentes nitrogenadas; donde el testigo fue el mejor tratamiento y fue igual estadísticamente a sulfato; nitrato

fue mejor que urea pero son iguales estadísticamente.

Materia verde por planta (MV/P, gr.)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0075$) con la aplicación de azufre con respecto a la variable materia verde por planta. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0004$) y existió interacción del azufre ($P < 0.0001$) con las fuentes nitrogenadas (Tabla 114).

La Tabla 115 contiene las medias del factor azufre donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 116 muestra las medias de tratamientos y en la Tabla 117 se presenta la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde sulfato fue el tratamiento más alto, seguido de urea la cual fue estadísticamente igual al testigo y a nitrato; siendo nitrato el peor tratamiento.

Rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha)

Diferencias significativas ($P < 0.0001$) se encontraron con la aplicación de azufre con respecto a la variable rendimiento de materia verde. También se encontró efecto de las fuentes de nitrógeno ($P < 0.0001$) y existió interacción del azufre ($P < 0.0001$) con la fuente nitrogenada (Tabla 118).

La Tabla 119, muestra las medias del factor azufre, donde se muestra que no existió efecto. En la Tabla 120 se muestran las medias de tratamientos y en la Tabla 121 se presenta la comparación de medias para fuentes nitrogenadas; donde urea fue el tratamiento más alto, seguido de nitrato el cual fue estadísticamente igual a sulfato; el testigo fue el peor tratamiento.

Número de plantas en 2 metros (NP/2 m)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) con la aplicación de azufre con respecto a la variable número de plantas en 2 metros. Igualmente hubo efecto ($P < 0.0001$) de las fuentes de nitrógeno y existió interacción ($P < 0.0001$) del azufre con las fuentes nitrogenadas (Tabla 122).

La Tabla 123 presenta las medias del factor azufre donde se muestra que no existió efecto. La Tabla 124 muestra las medias de tratamientos y la Tabla 125 contiene las medias de fuentes nitrogenadas; donde urea fue el tratamiento mejor, seguido de nitrato y sulfato; siendo el testigo el peor tratamiento.

DISCUSION

Para tener una idea de la producción potencial que un cultivo pueda dar en una situación un tanto diferente al de su lugar de origen, es necesario tener conocimiento aparte del clima, del suelo, que es uno de los factores medio ambientales de mayor significancia que afectan cualquier complejo de vegetación; de las relaciones de crecimiento de la comunidad vegetal, y de la caracterización de un ambiente óptimo para lograr los objetivos deseados (Bazán, 1971).

La expresión final de un cultivo, que es el rendimiento, no depende de aspectos morfológicos, sino del fisiológico y de su interacción con el medio. No sólo cuentan los criterios de selección y aprovechamiento del vigor híbrido y prácticas agrícolas para lograr una mayor expresión de producción; es necesario conocer los criterios que determinan el rendimiento, estudiar el efecto de las condiciones ambientales y de manejo e identificar la mejor combinación ambiente-desarrollo que al relacionarlos con el cultivo nos conduzca a lograr una mejor y mayor producción económica (Zavala, 1984).

Millard *et al.* 1958; Bonner y Galston, 1961; Fribourg *et al.* 1975; Huda *et al.* 1984; Subramanian *et al.* 1988, citados por López (1991) mencionan que muchos factores son importantes por su influencia, sin embargo, todos los efectos combinados del ambiente sobre las características de las plantas, parámetros climáticos y propiedades del suelo, son finalmente expresados en la respuesta productiva de un cultivo. Así, las limitaciones por inadecuada nutrición de las plantas y la influencia de las características del suelo sobre la producción ha sido reconocida y estudiada por décadas.

El pasto Taiwan (elefante) es un cultivo tropical de introducción reciente en el noreste del país, donde se ha observado que se adapta y produce bien en las condiciones ecológicas de la región. Los investigadores nacionales se han avocado en conocer la potencialidad forrajera y su manejo, sin embargo, los trabajos se han realizado en el trópico húmedo; por lo que el presente estudio pretendió conocer el efecto de la fertilización nitrogenada y la aplicación de azufre, como factores que influyen en el rendimiento forrajero del pasto Taiwan en ésta zona, la cual está comprendida dentro del 49.1% del total de zonas áridas del territorio mexicano con clima seco y muy seco (INEGI, 1992).

Fertilización nitrogenada

Existe evidencia de que las gramíneas crecen y producen mejor bajo la acción de fertilizantes, y su capacidad de utilización del nitrógeno es bien conocida. Si éstas no tienen otros factores limitantes como agua, temperatura o nutrientes, utilizan muy eficientemente el nitrógeno aplicado, mostrando una respuesta lineal (Bazán, 1971; Ortega y González, 1990; Muslera y Ratera, 1991).

Los resultados obtenidos en ésta investigación, coinciden en mucho con lo reportado en la literatura en cuanto a la dinámica de crecimiento que provocó el fertilizante. La aplicación de 150 kg N/ha mostró un efecto consistente e incrementó significativamente el rendimiento de materia verde (RMV) en todos los cortes. Semejantes resultados se han obtenido con dosis menores (Mani y Kothandaraman, 1981; Govindaswamy y Manickam, 1988; Khan *et al.* 1989).

La dosis total anual utilizada en éste estudio (600 kg N/ha), puede considerarse como media pues, produciendo el mismo efecto positivo, coincide con reportes de otros investigadores al evaluar dosis menores (Vantour y Valdés, 1987; Jeyaraman, 1988; Khan *et al.* 1989), medias (Pereira y D'oliveira, 1976; Novoa, 1985; Hong, 1987), y dosis mayores (Stern, 1977; Wang, 1985; Yeh, 1988).

Dada la gran capacidad de recuperación de N por las gramíneas, Muslera y Ratera (1991), han sugerido dos consecuencias prácticas para eficientizar el efecto de la fertilización: -hacer pequeñas aplicaciones fraccionadas si el forraje se va a utilizar en un plazo corto posterior a la aplicación de nitrógeno, y -aplicar la dosis de una vez al comienzo del periodo, cuando el forraje va a ser utilizado más tardíamente. Los mismos autores mencionan que las dosis están siempre en función de los intervalos de aprovechamiento y estación del año y con aprovechamientos poco distanciados las dosis de fertilizante pueden reducirse. Fritz (1974) al respecto, encontró que los rendimientos de MS de *Chloris gayana* y *Pennisetum purpureum* fueron más altos cuando el N fue aplicado inmediatamente después del corte, que si éste era aplicado 7, 10 ó 14 días después. En ésta investigación se optó por aplicar la dosis de fertilizante en dos fracciones y su efecto fue evidente al lograrse una producción mayor con cortes a 45 días..

Numerosa es la literatura que señala que a medida que aumenta el nivel de N, los forrajes incrementan el rendimiento de Materia Seca y su valor nutritivo debido a la digestibilidad de la Materia Orgánica y el contenido de Proteína Cruda, además de la disminución de los carbohidratos

estructurales (Herrera y Ramos, 1985; Mislevy *et al.* 1989); incrementa la altura de la planta, el número de brotes, el área foliar, la producción de forraje verde y seco (Kamel *et al.* 1983; Hong, 1987) y se eficientiza el uso de agua (Crespo, 1974). Por otro lado, se ha encontrado que altos niveles de nitrógeno pueden ocasionar una caída en la digestibilidad (Miyagi, 1983; Obeid *et al.* 1984), decremento que se acentúa con la madurez y la tardanza en la defoliación (Novoa, 1983).

Resultados de ésta investigación muestran que los factores ambientales modifican el comportamiento del pasto Taiwan, y consecuentemente el efecto de la fertilización en el rendimiento es muy variable con tendencia a ser menor que en el trópico. Pero dada la agresividad propia de éste pasto perenne, ha demostrado su tolerancia a las condiciones imperantes de ésta zona, donde sólo puede compararse en producción y rendimiento con el sorgo, que tanto uno como otro son forrajes consumibles por los animales ya sea en verde, picado o ensilado.

Comparando la producción y rendimiento de ambos forrajes, se sabe que el sorgo es un cultivo anual que necesita condiciones relativamente secas y cálidas (House, 1980). Debido a que completa su ciclo productivo en un periodo de 110- 120 días, es suficiente para tener dos producciones al año o sembrarse una sola vez y realizar 2 - 3 cosechas, dependiendo de la precocidad de la variedad (Cantú, 1982). Curiel (1985) obtuvo rendimientos promedio de 29.126 y 29.703 ton MV/ha en siembras de temporal en verano. En condiciones de riego la producción de forraje del sorgo es de 40 - 45 ton/ha (SARH, 1980). Por su parte el pasto Taiwan en ésta investigación mostró rendimientos menores (Tabla 12) que los antes citados del sorgo. Esto es explicable al tratarse de una gramínea de origen tropical, cuya producción total anual puede ser superior al poderse efectuar más de cuatro cortes en el año, además de tener la ventaja de menor ataque de plagas que el sorgo y maíz (Tergas, 1984; Canudas y Ortega, 1992).

La necesidad de incrementar la producción forrajera en esta zona tiene inconvenientes. Es necesario considerar que los cultivos forrajeros más productivos en la región son de ciclo anual y esto implica costos para su establecimiento. Los resultados de ésta investigación muestran que el pasto Taiwan se presenta como una alternativa para producir forraje en forma permanente. Su establecimiento aunque es relativamente caro, permite hacer un uso más efectivo de la tierra y como monocultivo en surcos ofrece la posibilidad de mantener la pradera en buena producción por mucho tiempo, abaratando así el costo del forraje producido en comparación con la producción de forrajes de ciclo anual.

En relación con la productividad se menciona que es importante considerar el efecto de la fertilización sobre la fotosíntesis, la fisiología C4 de *Pennisetum purpureum* (Jones, 1985), la acumulación de reservas y los mecanismos de rebrote de las pasturas. Brown y Ashley (1974) citados por Novoa (1983), dicen que el rendimiento de las pasturas depende de su capacidad fotosintética y de la utilización del sustrato formado, así como también de su capacidad para iniciar un nuevo crecimiento luego de una defoliación; todo lo anterior depende del manejo de la nutrición mineral a través de la fertilización que actúa sobre procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta.

Las altas temperaturas y radiación solar características de la región donde se realizó la evaluación, probablemente provocaron un desarrollo más vigoroso del pasto, acelerando el proceso de maduración de la planta y por ende la producción de tallos. Este aumento de biomasa fue notable en el primer corte efectuado a los 263 días, donde el pasto alcanzó la altura promedio de 2.50 m y el ensombrecimiento causó probablemente la senescencia de las hojas basales. En los siguientes cortes, debido al corto periodo de cosecha (45 días), no hubo hojas secas. Mares Martins (1976) y Wilman y Mares Martins (1977) citados por Novoa (1983), mencionan que ésta posible disminución del material senescente en relación con el follaje total debido a la aplicación de nitrógeno, pudiera relacionarse con un aumento de la eficiencia fotosintética de las pasturas fertilizadas.

También se pudo observar que durante el periodo que utilizó ésta investigación, hubo un decrecimiento en el rendimiento y la producción tendió a disminuir desde el final de otoño hasta el inicio de la primavera. Esto se debió a los cambios en las condiciones climatológicas y al efecto que tienen sobre el desarrollo de la planta, ya que el pasto mostró mayor respuesta a la temperatura, que a la fluctuante precipitación pluvial. Los rendimientos obtenidos en éste estudio en el verano y otoño, son similares a los reportados por Castorena (1994) en las mismas condiciones de campo.

En cuanto a la efectividad que tuvieron las fuentes de N utilizadas en el cultivo, se encontró que: Urea>SA>NA en el primero y segundo cortes, y SA>Urea>NA en el cuarto corte. Las variables agrobiológicas evaluadas mostraron diferencias estadísticas en todos los cortes; A, HV, RMV y NP fueron consistentes, a excepción de MS/H, MS/T, MS/P y MV/P que no respondieron en el segundo corte. Las variables A, HV y NP, mostraron una tendencia a estabilizarse, mientras que el RMV varió notablemente y tendió a decrecer.

Efecto de la aplicación de azufre

Debido a la tendencia de los elementos constitutivos de los fertilizantes a perderse del suelo sea por lixiviación, volatilización o inmovilización, en pastos rara vez se consigue una recuperación mayor al 60% del N aplicado como fertilizante (Bazán, 1971).

Estas pérdidas pueden ser considerables e incrementadas por las condiciones climáticas y edáficas de la zona. En ésta región, los suelos son de tipo calcáreo, éstas condiciones de alcalinidad ocasionan deficiencias nutricionales y reducen el efecto de la fertilización nitrogenada en las plantas, debido a que los nutrientes en general y en especial los micronutrientes (excepto Mo), tienden a producir formas insolubles indisponibles para la planta. Una de las medidas para solucionar en parte estos problemas, consiste en aplicar fertilizantes de residuo ácido y azufre agrícola. Kissel *et al.* (1985) citados por Díaz (1991), señalaron que fuentes nitrogenadas con efecto residual ácido como el sulfato y nitrato de amonio, pueden nitrificar más rápido inmediatamente después de su aplicación sobre suelos calcáreos, debido a la capacidad de amortiguamiento del pH del suelo ejercida por el CaCO_3 .

Según Alexander (1980) cuando se agrega azufre elemental a suelos alcalinos, su proceso de oxidación produce considerable ácido sulfúrico, debido a la actividad de las bacterias del género *Thiobacillus spp.*, y con tasas de aplicación elevadas el pH de un suelo puede disminuir hasta un valor de 3 ó a veces de 2, después de varios meses. El ácido sulfúrico generado neutralizará la alcalinidad y conducirá al suelo a una productividad potencial al reaccionar con los minerales y otros materiales insolubles, causando una movilización de nutrientes, aumentando la cantidad de fosfato, potasio, calcio, manganeso, aluminio y magnesio solubles.

En general en ésta investigación se encontró que el efecto de los niveles de azufre probados en el rendimiento del pasto Taiwan, aún cuando interaccionaron con los fertilizantes y tuvieron efecto en las variables, no mostraron diferencia significativa y el orden de efectividad de las dosis fue: $0 > 12,000 > 6,000$ y $12,000 > 0 > 6,000$ kg. S/ha, en el primero, segundo y cuarto cortes, respectivamente. El efecto de los niveles de S en los fertilizantes fue variable, pero se observó que el rendimiento de los tratamientos donde no se aplicó, fueron similares a los que recibieron el más alto nivel. El RMV se incrementó en el rango de un 0.87 a 35.97% en el segundo y tercer niveles, respectivamente (Tabla 13); aumento que no justifica la aplicación de éstas tasas de azufre debido al elevado costo de ésta fuente agroquímica.

Algunos trabajos con aplicaciones de azufre muestran los siguientes resultados: Overstreet citado por Albalade (1992) encontró que aplicaciones de ácido sulfúrico produjeron la mayor cantidad de forraje, seguido por el yeso; la aplicación de azufre elemental por el contrario produjo el menor incremento en la producción de forraje. Por otro lado Vijay y Dwarika (1988) citados por Albalade (1992), realizaron experimentos en sorgo combinando S y N probando dos dosis de N (0 y 120 kg/ha) y dos dosis de S (0 y 120 kg/ha), donde la combinación N+S (120-120) produjo incrementos significativos. Por su parte Eys *et al.* (1985) evaluaron cuatro zacates tropicales y una leguminosa para estudiar el efecto del azufre en la digestión in vitro de la MS y el FND. Encontraron que el efecto promedio de la aplicación de azufre fue negativo; el índice de la digestión de FND para tallos y hojas fue significativamente reducido y fue sugerido que el efecto negativo de la aplicación de azufre está asociado con los cambios en los componentes estructurales de los forrajes y la fuente del inóculo del rumen.

En general los resultados de ésta investigación mostraron que el comportamiento de los fertilizantes (Urea, Nitrato y Sulfato de amonio) no fue mejorado satisfactoriamente, como se esperaba, al aplicarse junto con el azufre.

CONCLUSIONES

- * Los factores agrobiológicos época de cosecha, riego y fertilización influyeron en la productividad y rendimiento del pasto Taiwan.**
- * Las condiciones climatológicas de esta región, principalmente la temperatura y la lluvia, afectan el crecimiento y producción del pasto Taiwan, marcando una alta variación estacional en el rendimiento de forraje verde, siendo mayor éste crecimiento en el verano que en invierno y principio de la primavera.**
- * El pasto Taiwan puede ser una alternativa para la producción de forraje en los periodos críticos del año, épocas en que la vegetación nativa o las praderas de temporal no aportan el suficiente volumen y calidad de forraje.**
- * El mayor rendimiento de forraje verde se logró con la aplicación de urea independientemente de si se aplicó azufre o no.**
- * Esta investigación demostró que los niveles de azufre 6,000 y 12,000 kg/ha aplicados para mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados (Urea, Nitrato y Sulfato de amonio), no incrementaron significativamente el rendimiento de forraje verde del pasto Taiwan, resultando injustificable su aplicación además por el alto costo de ésta fuente agroquímica.**

LITERATURA CITADA

- ABOU-ASHOUR, A.M.; M.S.S. YOUSSEF; S.H.J. EL-KAS-CHAB; M.M. BENDARY. 1984. Evaluation of the nutritive value of Napier grass. *World Review of Animal Production* 20 (1): 3, 13-17.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1967 - 1969. Necesidades nutritivas de los animales domésticos. Vol. 2, Rumiantes. Ed. ACADEMIA. León (España). p. 268.
- ALBALATE, y de A.J.F. 1992. Efecto del azufre sobre el nitrógeno fertilizante en suelos calcáreos de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Fit. Facultad de Agronomía, UANL. p. 2.
- ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT. EDITOR, S.A. México. pp. 373-385.
- ANDRADE, I.F.; J.A. GOMIDE. 1971. Growth curve and nutritive value of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Taiwan A- 146. *Revista Ceres* 18 (100): 431-447.
- AYALA, J.R.; M. SISTACHS; R. TUERO. 1984. Effect of the sowing depth on the establishment of king grass *Pennisetum purpureum* X *Pennisetum typhoides*). *Cuban Journal of Agricultural Science* 18 (2): 205-211.
- BARRACOA, J.; J. HERRERA. 1981. Estudio agronómico del zacate taiwan (*Pennisetum purpureum* Var. 144). *Pastos y Forrajes, Cuba* 4: 97.
- BAZAN, R. 1971. Pastos y forrajes. Curso regular de Postgrado Dictado en Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. pp. 3-27.
- BERTOLINI, M.H.G. 1986. Respuesta del pasto taiwan (*Pennisetum purpureum*) a la aplicación de N P K en condiciones tropicales. Tesis. Ing. Agr. Fit. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, N.L. México. pp. 4, 14-18.
- BLAIR, G.J.; D.A. IVORY; T.R. EVANS. 1986. Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture. Proceeding of an International Workshop held at Cisarua, Indonesia, 19-23 August 1985. *ACIAR PROCEEDINGS* No. 12: 33, 57, 76, 79.
- BRUNKEN, J.N. 1977. A systematic study of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany* 64 (2): 161-176.
- CALVINO, M. 1952. Plantas forrajeras tropicales y subtropicales. Ed. Trucco, México. p. 31.
- CANUDAS, L.E.; R.E. ORTEGA. 1992. Siembra, utilización y producción del Pasto Taiwan. *Revista Mundo Ganadero, México*. 5 (30): 18-25.
- CASTILLO, H.J.; P.F. RIVAS. 1993. Comportamiento productivo del zacate taiwan en Yucatán. *Revista Mundo Ganadero, México*. 7 (41): 21.

- CASTORENA, G. J.S. 1994. Efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas y dosis de azufre sobre el rendimiento y calidad del forraje de zacate Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schumach). Tesis Ing. Agr. Zoot. Facultad de Agronomía, UANL. pp. 64-66.
- CORDOBA, B.A.; T.R. GARZA; S.A. ALUJA. 1980. Evaluación agronómica y económica sobre el establecimiento de zacates tropicales en la región de Matías Romero, Oaxaca, México. Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales, CIAT. Cali, Colombia. 2: 74.
- CORDOBA, B.A.; T.R. GARZA; S.A. ALUJA. 1981. Establecimiento de forrajes en áreas tropicales. Producción y utilización de forrajes tropicales. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Postgrado. pp. 9-10.
- CRESPO, G. 1974. Response of six tropical pasture species to increasing level of nitrogen fertilization. Cuban Journal of Agricultural Science 8 (2): 177-188.
- CRESPO, G.; F. CURBELO. 1992. Influencia del estiércol vacuno y el fertilizante mineral en el rendimiento de *Pennisetum purpureum* cv. King grass en un suelo ferráltico rojo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 26 (1): 79-85
- CURIEL, G. C. 1985. Determinación de la fecha óptima de siembra para sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* Pers) de temporal durante el ciclo primavera-verano en el norte de Tamaulipas. Tesis Ing. Agr. Zoot. Facultad de Agronomía, UANL. pp. 26-28.
- CHIN, F.Y.; K.S. HONG. 1975. Some yield and compositional characteristics of elephant grass (*Pennisetum purpureum*). Kajian Veterinar 7 (2): 37-40.
- De ALBA, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. 2ª Ed. Fournier, México. p. 175.
- De CARVALHO, M.M.; O.L. MOZZER. 1980. Efecto del sistema de siembra en el costo del establecimiento y la productividad de una pradera de *Pennisetum purpureum*. Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales, CIAT. Cali, Colombia. 2: 51.
- DEVENDRA, C. 1975. The intake and digestibility of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) at four, five and six weeks of growth by goats and sheep in Trinidad. Turrialba 25 (3): 226.
- DEAN, G.D.; C.T. CLAVERO. 1992. Características de crecimiento del Pasto Elefante Enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Revista de la Facultad de Agronomía; Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 9 (1): 25-34.
- DIAZ, H.R. 1991. Efecto del azufre sobre la nitrificación de los fertilizantes nitrogenados en suelos de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Fit. Facultad de Agronomía, UANL. pp. 60-65.
- ESPINOZA, M. E.; C.G. MORENO. 1984. Taiwan: Zacate de corte para el centro de Chiapas, México. CIAPAS, INIA. p. 2.

- EYS, J.E. van; S. GINTING; H. PULUNGAN; W.L. JOHNSON. 1985. Sulfur fertilization of five tropical forages.II. Digestibility of dry matter and cell wall constituents. Proceedings of the XV International Grassland Congress, August 24-31. Kioto, Japan. 1296-1297.
- FASSBENDER, H.W. 1984. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José Costa Rica. Instituto de Cooperación para la Agricultura. p. 251.
- FERNANDEZ, R.J.A. 1985. Comparación de la productividad en kg de carne/ha de los pastizales nativos (*Paspalum spp.*, *Axonopus spp.*) con y sin introducción de leguminosas (*Glycine wightii* var. Cooper y *Macrotyloma axillare*) y zacate elefante (*Pennisetum purpureum*). Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales, CIAT. Cali, Colombia. 7 (1): 126.
- FITZPATRICK, E.A. 1984. Suelos su formación, clasificación y distribución. Editorial CECSA, México. p. 149.
- FLORES, M.J.A.1980. Bromatología animal. 3ª Ed. Editorial Limusa, México. pp. 207-211
- FRITZ, J. 1974. Application of fertilizer to fodder grasses. In: Reunion. Colloque sur l'intensification de la production fourragere en milieu tropical humide et son utilisation par les ruminants (24-29 Mai 1971). IRAT, st-Denis-de-la Reunion, Reunion. Reunion. Paris France; INRA. 129-134.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 32-34.
- GARZA, C.J. 1982. Determinación de los niveles óptimos de nitrógeno y fósforo para sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) en Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Zoot. Facultad de Agronomía, UANL. pp. 3, 6, 18.
- GAZTAMBIDE, A.C. 1975. Alimentación de animales en los trópicos. Editorial Diana, México. pp. 35-37.
- GONZALEZ, H.M.; S.R. CAMPBELL. 1973. Rendimiento del pastizal. Editorial Pax, México. p. 115.
- GONCALEZ, D.A.; G.M. De MENEZES. 1983. O capim- elefante. (*Pennisetum purpureum*). Resúmenes Analíticos sobre pastos tropicales, CIAT. Cali, Colombia. 5 (3): 1.
- GOULD, W.F. 1968. Grass Systematics. Editorial McGraw-Hill Book Company. New York. pp. 1, 224.
- GOULD, W.F. 1975. The grasses of Texas. Texas A & M University Press. p. 561.
- GOVINDASWAMY, M.; TS. MANICKAM. 1988. Effect of fertilizers and age of crop on crude protein, phosphorus and calcium contents of BN2 grass. Madras Agricultural Journal 75: 3-4, 89-94.

- GUERRERO, R.; H.W. FASSBENDER; J. BLIDENSTEIN. 1970. Fertilizer application to elephant grass (*Pennisetum purpureum*) in Turrialba, Costa Rica. 2. Effect of N - P combinations. Turrialba 20 (1): 59-63.
- GUERRERO, G.A. 1992. Cultivos herbáceos extensivos. 5ª Ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. p. 678.
- HAVARD-DUCLOS, B. 1969. Las plantas forrajeras tropicales. Editorial Blume, Barcelona. pp. 11, 59-60.
- HERRERA, R.S.; N. RAMOS. 1985. Respuesta de la Bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. Digestibilidad y contenido de sílice. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 19: 207 - 214.
- HITCHCOCK, A.S. 1971. Manual of the grasses of the united states. 2ª Ed., Vol II. DOVER PUBLICATIONS, INC. New York. p. 934.
- HOUSE, L.R. 1981. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for the Semi-arid tropics. India. p.238.
- HONG, KY. 1987. Effects of nitrogen and potassium fertilizers on forage yield and quality of Napier grass. Journal of Taiwan Livestock Research 20: 1, 55-65.
- HUGHES, H.D.; E.M. HEAT; S.D. METCALFE. 1966. Forrajes. Editorial, CECSA. México. p. 330.
- HUSS, D.L.; E.L. AGUIRRE. 1976. Fundamentos de Manejo de Pastizales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, N.L. México. p. 51.
- INEGI 1992. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística e Informática de los Estados Unidos Mexicanos. Aguascalientes, México. pp. 11-13.
- JEYARAMAN, S. 1988. Influence of N levels of crude protein yield of hybrid napier under sewage effluent irrigation. Indian Journal of Agronomy 33: 3. 326-327.
- JONES, C.A. 1985. C4 grasses and Cereals, Growth Development, and stress response. John Wiley & Sons. New York. pp. 2-19.
- JUSCAFRESA, B. 1983. Forrajes fertilizantes y valor nutritivo. 2ª Ed. Editorial Aedos, Barcelona. p. 27.
- KAMEL, M.S.; M.S. ABDELRAOUF; SAT. ELDIN; T. ABBAS. 1983. Effect of cutting height and frequency and nitrogen application rate on growth and forage yield of Napier grass, *Pennisetum purpureum* Schum. Annals of Agricultural Science, Ain Shams University. Egypt. 28: 2, 607-625.

- KHAN, S.U.; K. NASIRUDDIN; S. MOHAMMAD; N. KHAM; M. SADIQ. 1989. Response of B. N. hybrid grass to various levels of N after every cutting in terms of fodder production. *Sarhad Journal of Agriculture* 5: 1, 91-94.
- LAGUNES, L.O. 1986. Evaluación de la calidad nutritiva del zacate taiwan (*Pennisetum purpureum* Var. 144) y su almacenamiento para la época crítica. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, N.L. México. pp. 4-6.
- LOPEZ, D.U.R. 1991. Estudio agrobiológico del Mijo Perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), como alimento para el ganado. Tesis de Doctor en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas, División de Estudios de Postgrado Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp. 15, 16, 18, 22, 46, 95.
- MACHADO, R. 1985. Effect of cutting frequency and cultivar on the chemical composition. *Pastos y Forrajes* 8 (2): 191-203.
- MANI, A.K.; G.V. KOTHANDARAMAN. 1981. Influence of nitrogen and stage of cutting on the yield of hybrid Napier grass varieties. *Madras Agricultural Journal* 68 (7): 421-425.
- Mc ILROY, R.J. 1973. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. Editorial Limusa. México. pp. 15-28.
- MISLEVY, P.; F.G. MARTIN; M.B. ADJEI. 1989. Changes in elephant grass plant components with maturity. II. Crude protein and digestibility. Proceedings of the XVI International Grassland Congress. Nice, France. 4-11 October. 841-842.
- MIYAGI, E. 1983. Studies on the productivity and feeding value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach). The effect of nitrogen fertilizer on the nutritive value of Napier grass. *Journal of Japanese Society of Grassland Science* 29 (3): 232-240.
- MORALES, M.E. 1985. Determinación de DOE para la fertilización nitrogenada y fosfatada en el cultivo de maíz para la región de Marín N.L. Tesis profesional, FAUANL. 43 p.
- MULDOON, D.K.; C.J. PEARSON. 1977. Hybrid *Pennisetum* in a warm Temperate climate. Productivity span and effects of nitrogen fertilizers and irrigation on summer production and survival. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 17 (89): 982-990.
- MUSLERA, P.E. De; G.C. RATERA. 1991. Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento. 2ª Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp. 114, 300-322.
- NISHIHARA, T.; T. TSUNNEYOSHI; Y. HIROSE, M. MATSUMOTO; T. NINOMIYA. 1973. The effects of the forms and amounts of applied nitrogen on the yield and chemical composition of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach). *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Japan*. Nº 23: 171-179.

- NOVOA, B.A.R. 1983. Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico. Compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba Costa Rica. 3: 7-23.
- NOVOA, L. 1985. Dinámica del área basal del pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) en función de manejo agronómico. Informe Anual (1984), Instituto de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela. 57-58.
- OBEID, J.A.; J.A. GOMIDE; J.A. COMASTRI-FILHO. 1984. Effect of fertilizer application on production and nutritive value of elephant grass cv. Mineiro grown on soil under cerrado vegetation. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 13 (4): 488-500.
- ORTEGA, S.J.A.; G.I. LOPEZ; C.J.M. AVILA. 1986. Evaluation of tropical cutting grasses with different intervals of harvesting at an Awl climate. *Journal of Animal Science* 63 (1): 317
- ORTEGA, E.L.; B. GONZALEZ. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada y frecuencia de corte sobre los rendimientos de materia seca y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Revista de Agronomía (LUZ)*. 7 (4): 217-228.
- PALOMO, S.J.; R.A. MENDEZ. 1991. Determinación de la frecuencia de corte del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) bajo condiciones de riego. *Campo Experimental Río Bravo*, INIFAP. Tamaulipas. p. 1.
- PARETAS, J.J.; L. GOMEZ. 1972. Influence of cutting frequency and irrigation on the Ca and P content of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) Cv. Candelaria. *Memoria. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey, Cuba*. pp. 75-84.
- PEDREIRA, J.V.S.; P. NUTI; B. CAMPOS. 1975. Comparison of 8 cultivars of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). *Boletim de Industria Animal, Brazil* 32 (2): 325-329.
- PEREIRA, J.R.; L.O.B.D' OLIVEIRA. 1976. Effect of two nitrogen sources on dry matter yield and crude protein content in elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). *Turrialba* 26 (1): 28-32.
- PINSON, B.R.; J. GONZALEZ. 1978. Evaluación del pasto Elefante Panamá (*Pennisetum purpureum* PI- 300-086) bajo diferentes intervalos de corte y dosis de fertilización nitrogenada. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 1: 29-36.
- RAMOS, W.; R.S. HERRERA; F. CURBELO. 1980. Reseña descriptiva del King grass en Cuba. *Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales. CIAT. Cali, Colombia*. 2: 23.
- ROBLES, S.R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5ª Ed. Editorial Limusa, México. p. 463.
- RODRIGUEZ, S.F. 1982. Fertilizantes. *Nutrición vegetal*. AGT EDITOR, S. A. México. pp. 88-89.

- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México. pp. 189-203.
- SANTANA, H.; O. CECERES; L. RIVERO. 1985. Quality and nutritive value of five forage grasses. *Pastos y Forrajes* 8 (3): 435-447.
- SARH. 1980. Agenda Agrícola. Nuevo Leon. Guia para producir sorgo de grano en el norte de Nuevo León y norte de Tamaulipas. Cd. Anáhuac. p. 85.
- SEMPLE, A.T. 1972. Grassland Improvement. *Plant Science Monographs*. pp. 9-11.
- SEMPLE, A. 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 46-47.
- SOLLENBERGER, L.E.; C.S. JONES Jr. 1989. Beef production from nitrogen- fertilized Mott Dwarf Elephant and Pensacola Bahíagrass pastures. *Tropical Grasslands* 23 (3): 129.
- STERN, J.H. 1977. Tropical forage grass response to nitrogen Andros Island, Bahamas. *Dissertation Abstracts International, B*: 37, 7.
- TERGAS, L.E. 1984. El potencial del Pasto King grass como gramínea forrajera seleccionada para América Tropical. CIAT. Cali, Colombia. 33 p.
- TISDALE, S.L.; W.L. NELSON. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3th edition. MacMillan Publishing Co. New York. U.S.A. pp. 509-511.
- TIWANA, M.S.; D.S. BAINS; G.S. GILL. 1975. The effect of various levels of nitrogen and phosphorus under different spacings on the fodder of Napier- bajra hybrid. *Journal of Research, Punjab Agricultural University, India*. 12 (4): 345-350.
- TOMER, P.S.; R.C. SINGH; K.C. BISHNOI. 1974. Effect of cutting interval and stubble height on yield and quality of Pusa Giant Napier. *Madras Agricultural Journal* 6 (9): 909-910.
- UMOH, J.E. 1975. A short term comparison of the value of maize/ mucuna silage and elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage for milk production. *Samaru Agricultural Newsletter* 17 (2): 57-61.
- VANTOUR, A.; M. VALDES. 1987. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la extracción de los nutrientes por la hierba elefante (*Pennisetum purpureum*). *Ciencias de la Agricultura. Cuba*. 30: 86-91.
- VALLES, De La M.B.; S.G.R. De LUCIA. 1988. Efecto de un regulador del crecimiento en plantas sobre la producción y calidad del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). *Veterinaria (México)* 19 (3): 225.
- VALLES, De La M.B.; R.J.A. FERNANDEZ. 1989. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la producción de forraje en cuatro pastos de clima tropical. *Veterinaria (México)*. 20 (3): 265.

- WANG, Y.C. 1985. Relationship between leaf nitrogen content and photosynthesis in Napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Journal of Taiwan Livestock Research* 18: 1, 159-166.
- WIIYTE, R.O.; T.R.G. MOIR; J.P. COOPER. 1975. Las gramíneas en la agricultura. FAO. Estudios Agropecuarios Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 402-405.
- YEH, M.T. 1988. Response of hybrid Napier grass linea 7001 and 7007 to levels of fertilizers. *Journal of Taiwan Livestock Research* 21 (1): 23-35.
- ZAVALA, G.F. 1984. Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo en México. CIA-FAUANL, pp. 9-10.

APENDICE

MODELO LINEAL GENERAL (SAS)

(PRIMER CORTE)

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	14.10562177	0.88160136	13.70	0.0001

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	9.49851723	4.74925862	73 83	0.0001
AZUFRE	2	0.04160475	0.02080237	0.32	0.7238
ERROR (a)	4	1.11118230	0.27779557		
NITROGENO	3	1.53523893	0.51174631	7.95	0.0001
S*N	5	2.08585357	0.41717071	6.48	0.0001
ERROR (b)	642	41.30005592	0.06433031		
TOTAL	658	55.40567769			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 0.277796

$R^2 = 0.254588$

C.V. = 10.57384

Tabla 15. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	2.4161	180	12,000 kg/ha
A	2.3979	240	0 kg/ha
A	2.3864	239	6,000 kg/ha

Tabla 16. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	2.41783333	0.36691149
0	Urea	60	2.50150000	0.24349033
0	Nitrato	60	2.23616667	0.19763081
0	Sulfato	60	2.43616667	0.20881499
6,000	Testigo	60	2.30850000	0.21877025
6,000	Urea	60	2.49083333	0.22115484
6,000	Nitrato	60	2.33666667	0.25170380
6,000	Sulfato	59	2.41000000	0.27308581
12,000	Urea	60	2.38350000	0.27024675
12,000	Nitrato	60	2.43900000	0.19955629
12,000	Sulfato	60	2.42566667	0.50321801

$\alpha = 0.05$ df= 642 MSE= 0.06433

Tabla 17. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	2.4586	180	Urea
A	2.4240	179	Sulfato
B	2.3632	120	Testigo
B	2.3373	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	566.0952020	35.3809501	4.03	0.0001

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable hojas totales (HT) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	30.7536111	15.3768056	1.75	0.1741
AZUFRE	2	17.8780093	8.9390046	1.02	0.3616
ERROR (a)	4	19.1770202	4.7942551		
NITROGENO	3	388.7043981	129.5681327	14.77	0.0001
S*N	5	118.0858796	23.6171759	2.69	0.0203
ERROR (b)	643	5640.8305556	8.7726758		
TOTAL	659	6206.9257576			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 4.794255

$R^2 = 0.091204$

C.V. = 17.78254

Tabla 19. Comparación de medias para la variable hojas totales (HT) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	16.767	240	0 kg/ha
A	16.644	180	12,000 kg/ha
A	16.554	240	6,000 kg/ha

Tabla 20. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas totales (HT) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	17.7000000	3.10439819
0	Urea	60	17.7833333	2.99203273
0	Nitrato	60	15.4333333	3.43149257
0	Sulfato	60	16.1500000	2.32761608
6,000	Testigo	60	17.6500000	2.59611835
6,000	Urea	60	16.5166667	3.58193048
6,000	Nitrato	60	15.2500000	2.45381060
6,000	Sulfato	60	16.8000000	2.97332776
12,000	Urea	60	17.5500000	3.03887245
12,000	Nitrato	60	16.5000000	2.94296058
12,000	Sulfato	60	15.8833333	2.89998052

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 8.772676

Tabla 21. Comparación de medias para la variable hojas totales (HT) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	17.675	120	Testigo
A	17.283	180	Urea
B	16.278	180	Sulfato
B	15.728	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	818.6189394	51.1636837	10.58	0.0001

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del primer corte

F.V.	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
BLOQUE	2	177.9808333	88.9904167	18.48	0.0001
AZUFRE	2	21.2280093	10.6140046	2.19	0.1122
ERROR (a)	4	98.9340909	24.7335227		
NITROGENO	3	305.2432870	101.7477623	21.04	0.0001
S*N	5	138.4358796	27.6871759	5.73	0.0001
ERROR (b)	643	3109.3750000	4.8357309		
TOTAL	659	3927.9939394			

$\alpha = 0.05$ $df = 4$ $MSE = 24.73352$

$R^2 = 0.208406$

C.V. = 23.56868

Tabla 23. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	9.646	240	0 kg/ha
A	9.450	240	6,000 kg/ha
A	8.750	180	12,000 kg/ha

Tabla 24. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	10.7666667	2.27265742
0	Urea	60	10.1000000	2.75988209
0	Nitrato	60	8.78333333	2.81696836
0	Sulfato	60	8.93333333	2.15396101
6,000	Testigo	60	10.88333333	2.05097469
6,000	Urea	60	8.33333333	2.71009829
6,000	Nitrato	60	8.83333333	1.53121937
6,000	Sulfato	60	9.75000000	2.01372410
12,000	Urea	60	9.51666667	2.06251177
12,000	Nitrato	60	8.25000000	2.41902768
12,000	Sulfato	60	8.48333333	2.03770947

$\alpha = 0.05$ $df = 643$ $MSE = 4.835731$

Tabla 25. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	10.825	120	Testigo
B	9.317	180	Urea
B C	9.056	180	Sulfato
C	8.622	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	435.1920095	27.1995006	4.21	0.0001

Tabla 26. Análisis de varianza para la variable hojas secas (HS) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	134.4562964	67.2281482	10.41	0.0001
AZUFRE	2	54.8644534	27.4322267	4.25	0.0147
ERROR (a)	4	49.1576601	12.2894150		
NITROGENO	3	95.5622844	31.8540948	4.93	0.0022
S*N	5	88.3065755	17.6613151	2.73	0.0187
ERROR (b)	642	4147.4028312	6.4601290		
TOTAL	658	4582.5948407			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 12.28942

$R^2 = 0.094966$

C.V. = 34.51403

Tabla 27. Comparación de medias para la variable hojas secas (HS) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	7.911	180	12,000 kg/ha
A	7.197	239	6,000 kg/ha
A	7.121	240	0 kg/ha

Tabla 28. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas secas (HS) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	6.95000000	3.05555898
0	Urea	60	7.68333333	2.60697673
0	Nitrato	60	6.63333333	2.43537953
0	Sulfato	60	7.21666667	2.07561848
6,000	Testigo	59	6.88135593	2.91301920
6,000	Urea	60	8.35000000	2.79724441
6,000	Nitrato	60	6.41666667	2.61865321
6,000	Sulfato	60	7.13333333	2.41791805
12,000	Urea	60	8.03333333	2.61654881
12,000	Nitrato	60	8.30000000	2.19629889
12,000	Sulfato	60	7.40000000	2.52579908

$\alpha = 0.05$ df= 642 MSE= 6.460129

Tabla 29. Comparación de medias para la variable hojas secas (HS) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	8.022	180	Urea
B	7.250	180	Sulfato
B	7.117	180	Nitrato
B	6.916	119	Testigo

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	14841.68248	927.60516	6.26	0.0001

Tabla 30. Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	167.132633	83 566317	0.56	0.5693
AZUFRE	2	1987 475333	993.737667	6.71	0.0013
ERROR (a)	4	869.756697	217.439174		
NITROGENO	3	8786.623250	2928.874417	19.76	0.0001
S*N	5	3301.633333	660.326667	4.46	0.0005
ERROR (b)	643	95286.93333	148.19119		
TOTAL	659	110128.61582			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 217.4392

$R^2 = 0.134767$

C.V. = 25.68667

Tabla 31. Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	49.301	240	0 kg/ha
A	47.200	180	12,000 kg/ha
A	45.626	240	6,000 kg/ha

Tabla 32. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	57.2333333	13.3966435
0	Urea	60	50.4850000	13.4491487
0	Nitrato	60	42.9000000	10.5921301
0	Sulfato	60	46.5866667	9.5916536
6,000	Testigo	60	49.7666667	12.2590218
6,000	Urea	60	44.8166667	14.2537437
6,000	Nitrato	60	40.0333333	9.9540753
6,000	Sulfato	60	47.8883333	12.3732501
12,000	Urea	60	51.5666667	12.0230945
12,000	Nitrato	60	46.7500000	13.2609085
12,000	Sulfato	60	43.2833333	11.9789245

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 148.1912

Tabla 33. Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	53.500	120	Testigo
B	48.956	180	Urea
C	45.919	180	Sulfato
C	43.228	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	20919.45997	1307.46625	5.03	0.0001

Tabla 34. Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	5823.572744	2911.786372	11.21	0.0001
AZUFRE	2	2234.567808	1117.283904	4.30	0.0139
ERROR (a)	4	1496.050308	374.012577		
NITROGENO	3	6620.926600	2206.975533	8.50	0.0001
S*N	5	5472.313970	1094.462794	4.21	0.0009
ERRER (b)	643	166991.20906	259.70639		
TOTAL	659	187910.66903			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 374.0126

$R^2 = 0.111327$

C.V.= 31.79703

Tabla 35. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	52.534	240	0 kg/ha
A	51.123	180	12,000 kg/ha
A	48.500	240	6,000 kg/ha

Tabla 36. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable (MS/T, gr) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	55.6366667	19.4048305
0	Urea	60	55.6416667	18.3856548
0	Nitrato	60	45.3100000	13.5953718
0	Sulfato	60	53.5466667	14.7854655
6,000	Testigo	60	50.9600000	14.7881102
6,000	Urea	60	52.6600000	16.3953714
6,000	Nitrato	60	40.7116667	14.8810093
6,000	Sulfato	60	49.6683333	17.1333602
12,000	Urea	60	54.2133333	18.7132009
12,000	Nitrato	60	53.4083333	14.4842789
12,000	Sulfato	60	45.7466667	16.2957982

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 259.7064

Tabla 37. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	54.172	180	Urea
A	53.298	120	Testigo
B	49.654	180	Sulfato
B	46.477	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	58833.70504	3677.10656	5.23	0.0001

Tabla 38. Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	7963.37391	3981.68696	5.66	0.0036
AZUFRE	2	8423.08075	4211.54038	5.99	0.0026
ERROR (a)	4	608.41807	152.10452		
NITROGENO	3	28742.27877	9580.75959	13.63	0.0001
S+N	5	14438.36947	2887.67389	4.11	0.0011
ERROR (b)	643	452077.48672	703.07541		
TOTAL	659	510911.19176			

$\alpha = 0.05$ $df = 4$ $MSE = 152.1045$

$R^2 = 0.115154$

C.V. = 27.03630

Tabla 39. Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	101.835	240	0 kg/ha
B	98.323	180	12,000 kg/ha
C	94.126	240	6,000 kg/ha

Tabla 40. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	112.870000	30.6601398
0	Urea	60	106.126667	29.2276098
0	Nitrato	60	88.210000	22.4189440
0	Sulfato	60	100.133333	22.9527641
6,000	Testigo	60	100.726667	25.0571609
6,000	Urea	60	97.476667	29.4499827
6,000	Nitrato	60	80.745000	23.0783883
6,000	Sulfato	60	97.556667	27.8685313
12,000	Urea	60	105.780000	28.1390241
12,000	Nitrato	60	100.158333	25.7585154
12,000	Sulfato	60	89.030000	26.8894239

$\alpha = 0.05$ $df = 643$ $MSE = 703.0754$

Tabla 41. Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Medias	N	NITROGENO
A	106.798	120	Testigo
A	103.128	180	Urea
B	95.573	180	Sulfato
B	89.704	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	2947373.437	184210.840	21.35	0.0001

Tabla 42. Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	2628726.436	1314363.218	152.34	0.0001
AZUFRE	2	43743.644	21871.822	2.54	0.0800
ERROR (a)	4	52521.549	13130.387		
NITROGENO	3	31388.636	10462.879	1.21	0.3042
S*N	5	134441.305	26888.261	3.12	0.0087
ERROR (b)	642	5538997.477	8627.722		
TOTAL	658	8486370.914			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 13130.39

$R^2 = 0.347307$

C.V. = 30.34376

Tablas 43. Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del primer corte

	Media	N	AZUFRE
A	317.85	240	0 kg/ha
A	299.87	239	6,000 kg/ha
A	298.73	180	12,000 kg/ha

Tabla 44. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del primer corte.

Niveles de azufre kg/ha	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	346.916667	140.045670
0	Urea	60	327.583333	127.090958
0	Nitrato	60	292.333333	115.014615
0	Sulfato	60	304.583333	93.922487
6,000	Testigo	60	289.833333	108.635476
6,000	Urea	60	297.666667	139.822729
6,000	Nitrato	60	295.333333	76.279296
6,000	Sulfato	59	316.949153	88.107580
12,000	Urea	60	309.000000	114.117097
12,000	Nitrato	60	307.833333	137.546192
12,000	Sulfato	60	279.366667	74.862578

$\alpha = 0.05$ df= 642 MSE= 8627.722

Tabla 45. Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	318.37	120	Testigo
A	311.42	180	Urea
A	300.21	179	Sulfato
A	298.50	180	Nitrato

(12-08-91)

F.V	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	18411.78611	1150.73663	50.90	0.0001

Tabla 46. Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	1520.700278	760.350139	33.63	0.0001
AZUFRE	2	232.293750	116.146875	5.14	0.0061
ERROR (a)	4	5333.743687	1333.435922		
NITROGENO	3	5972.495139	1990.831713	88.05	0.0001
S*N	5	5520.061806	1104.012361	48.83	0.0001
ERROR (b)	643	14537.88056	22.60946		
TOTAL	659	32949.66667			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 1333.436

$R^2 = 0.558785$

C.V. = 19.22483

Tabla 47. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	25.561	180	12,000 kg/ha
A	24.529	240	6,000 kg/ha
A	24.317	240	0 kg/ha

Tabla 48. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del primer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	23.0833333	7.2378868
0	Urea	60	31.6666667	4.5372905
0	Nitrato	60	16.7666667	4.1993408
0	Sulfato	60	25.7500000	7.49474392
6,000	Testigo	60	27.1833333	8.23287471
6,000	Urea	60	28.0333333	4.31028202
6,000	Nitrato	60	17.9833333	3.35885708
6,000	Sulfato	60	24.9166667	1.94950378
12,000	Urea	60	26.7500000	6.07174618
12,000	Nitrato	60	27.4666667	3.03798922
12,000	Sulfato	60	22.4666667	8.14844618

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 22.60946

Tabla 49. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	28.817	180	Urea
B	25.133	120	Testigo
B	24.378	180	Sulfato
C	20.739	180	Nitrato

(12-08 91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	12735.65657	795.97854	77.25	0.0001

Tabla 50. Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del primer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	117.444444	58.722222	5.70	0.0035
AZUFRE	2	628.148148	314.074074	30.48	0.0001
ERROR (a)	4	3967.171717	991.792929		
NITROGENO	3	5072.592593	1690.864198	164.10	0.0001
S*N	5	2278.518519	455.703704	44.23	0.0001
ERROR (b)	643	6625.55556	10.30413		
TOTAL	659	19361.21212			

$\alpha = 0.05$ $df = 4$ $MSE = 991.7929$

$R^2 = 0.657792$

C.V. = 11.56443

Tabla 51. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del primer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	29.333	240	6,000 kg/ha
A	27.333	240	0 kg/ha
A	26.222	180	12,000 kg/ha

Tabla 52. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del primer corte

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	29.3333333	6.60422737
0	Urea	60	33.3333333	2.37691344
0	Nitrato	60	23.3333333	2.89164001
0	Sulfato	60	23.3333333	1.71401666
6,000	Testigo	60	33.3333333	1.71401666
6,000	Urea	60	31.6666667	4.68197650
6,000	Nitrato	60	27.6666667	7.47122540
6,000	Sulfato	60	24.6666667	2.07214510
12,000	Urea	60	26.3333333	4.22529376
12,000	Nitrato	60	27.6666667	1.25774437
12,000	Sulfato	60	24.6666667	4.53486182

$\alpha = 0.05$ $df = 643$ $MSE = 10.30413$

Tabla 53. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del primer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	31.333	120	Testigo
B	30.444	180	Urea
C	26.222	180	Nitrato
D	24.222	180	Sulfato

(SEGUNDO CORTE)

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	4.38121808	0.27382613	16.87	0.0001

Tabla 54. Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del segundo corte

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	2.24859686	1.12429843	69.25	0.0001
AZUFRE	2	0.04998854	0.02499427	1.54	0.2153
ERROR (a)	4	0.78238141	0.19559535		
NITROGENO	3	0.51879785	0.17293262	10.65	0.0001
S*N	5	0.51856785	0.10371357	6.39	0.0001
ERROR (b)	643	10.43881222	0.01623454		
TOTAL	659	14.82003030			

 $\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 0.195595 $R^2 = 0.295628$

C.V. = 6.428207

Tabla 55. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	2.0044	180	12,000 kg/ha
A	1.9770	240	6,000 kg/ha
A	1.9705	240	0 kg/ha

Tabla 56. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	1.95633333	0.15467809
0	Urea	60	1.99833333	0.10047627
0	Nitrato	60	1.95450000	0.12912253
0	Sulfato	60	1.97283333	0.13149843
6,000	Testigo	60	1.92350000	0.18997614
6,000	Urea	60	2.07283333	0.11885173
6,000	Nitrato	60	1.92283333	0.19326009
6,000	Sulfato	60	1.98900000	0.17242734
12,000	Urea	60	1.98616667	0.13109825
12,000	Nitrato	60	1.99883333	0.12087382
12,000	Sulfato	60	2.02816667	0.11982320

 $\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 0.016235**Tabla 57. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del segundo corte.**

	Media	N	NITROGENO
A	2.0191	180	Urea
A	1.9967	180	Sulfato
B	1.9587	180	Nitrato
B	1.9399	120	Testigo

(1 10 91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	331.5349302	20.7209331	1.83	0.0241

Tabla 58. Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	60.33120698	30.1656034	2.67	0.0702
AZUFRE	2	40.26825133	20.13412567	1.78	0.1693
ERROR (a)	4	64.78070672	16.19517668		
NITROGENO	3	92.27406891	30.75802297	2.72	0.0437
S*N	5	65.69990347	13.13998069	1.16	0.3263
ERROR (b)	638	7213.2223217	11.3059911		
TOTAL	654	7544.757251			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 16.19518

$R^2 = 0.043942$

C.V. = 36.00453

Tabla 59. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	9.629	237	0 kg/ha
A	9.261	180	12,000 kg/ha
A	9.109	238	6,000 kg/ha

Tabla 60. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	59	9.2881356	1.6300079
0	Urea	60	9.2833333	0.7152496
0	Nitrato	58	9.3103448	0.7540975
0	Sulfato	60	10.6166667	10.4720640
6,000	Testigo	59	8.5762712	1.9226723
6,000	Urea	60	9.8833333	1.7378310
6,000	Nitrato	59	8.5593220	1.4770799
6,000	Sulfato	60	9.4000000	0.8067512
12,000	Urea	60	9.2500000	0.7507059
12,000	Nitrato	60	9.0833333	0.9074394
12,000	Sulfato	60	9.4500000	0.6745997

$\alpha = 0.05$ df= 638 MSE= 11.30599

Tabla 61. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	9.822	180	Sulfato
A B	9.472	180	Urea
B	8.983	177	Nitrato
B	8.932	118	Testigo

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	766.5462323	47.9091395	3.61	0.0001

Tabla 62. Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	574.7731194	287.3865597	21.68	0.0001
AZUFRE	2	0.5434468	0.2717234	0.02	0.9797
ERROR (a)	4	51.3875657	12.8468914		
NITROGENO	3	53.0754329	17.6918110	1.33	0.2620
S*N	5	68.7116366	13.7423273	1.04	0.3949
ERROR (b)	643	8522.6993889	13.2545869		
TOTAL	659	9289.2456212			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 12.84689

$R^2 = 0.082520$

C.V. = 23.81490

Tabla 63. Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	15.356	180	12,000 kg/ha
A	15.280	240	0 kg/ha
A	15.244	240	6,000 kg/ha

Tabla 64. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	14.5933333	3.69561658
0	Urea	60	15.1633333	2.83135990
0	Nitrato	60	15.6016667	4.80538158
0	Sulfato	60	15.7600000	3.73717921
6,000	Testigo	60	15.0250000	4.20353463
6,000	Urea	60	15.9366667	3.68312536
6,000	Nitrato	60	14.9366667	3.63802734
6,000	Sulfato	60	15.0783333	3.90115549
12,000	Urea	60	15.3283333	3.36779824
12,000	Nitrato	60	14.8400000	4.19815133
12,000	Sulfato	60	15.8983333	2.82317838

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 13.25459

Tabla 65. Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	15.579	180	Sulfato
A	15.476	180	Urea
A	15.126	180	Nitrato
A	14.809	120	Testigo

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	382.8603636	23.9287727	2.89	0.0001

Tabla 66. Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	16.4822583	8.2411292	0.99	0.3706
AZUFRE	2	23.6606759	11.8303380	1.43	0.2408
ERROR (a)	4	213.1086061	53.2771515		
NITROGENO	3	50.0692593	16.6897531	2.01	0.1108
N*N	5	62.5197407	12.5039481	1.51	0.1851
ERROR (b)	643	5330.8041667	8.2905197		
TOTAL	659	5713.6645303			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 53.27715

$R^2 = 0.067008$

C.V.= 29.60101

Tabla 67. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	9.972	240	0 kg/ha
A	9.592	240	6,000 kg/ha
A	9.582	180	12,000 kg/ha

Tabla 68. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	10.0800000	2.78779422
0	Urea	60	9.9383333	2.83076870
0	Nitrato	60	9.7083333	2.73404721
0	Sulfato	60	10.1600000	3.09451127
6,000	Testigo	60	9.3050000	2.99719784
6,000	Urea	60	10.2450000	2.80975450
6,000	Nitrato	60	8.8000000	3.34197749
6,000	Sulfato	60	10.0166667	3.28128575
12,000	Urea	60	10.0700000	2.82262650
12,000	Nitrato	60	9.5433333	3.16872250
12,000	Sulfato	60	9.1316667	2.21210013

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 8.29052

Tabla 69. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	10.084	180	Urea
A B	9.769	180	Sulfato
A B	9.692	120	Testigo
B	9.351	180	Nitrato

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	1013.218891	63.326181	1.86	0.0209

Tabla 70. Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	472.5910361	236.2955181	6.96	0.0010
AZUFRE	2	30.5889745	15.2944873	0.45	0.6376
ERROR (a)	4	229.5352551	57.3838138		
NITROGENO	3	165.7599329	55.2533110	1.63	0.1819
S*N	5	114.8921366	22.9784273	0.68	0.6413
ERROR (b)	643	21838.181472	33.962957		
TOTAL	659	22851.400364			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 57.38381

$R^2 = 0.44339$

C.V. = 23.29754

Tabla 71. Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	25 251	240	0 kg/ha
A	24 937	180	12,000 kg/ha
A	24.836	240	6,000 kg ha

Tabla 72. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	24.67333333	5.97335515
0	Urea	60	25.10166667	4.92645889
0	Nitrato	5	25.31000000	6.78462119
0	Sulfato	60	25.92000000	5.95855175
6,000	Testigo	60	24.33000000	6.80424344
6,000	Urea	60	26.18166667	5.82765155
6,000	Nitrato	60	23.73666667	5.46489464
6,000	Sulfato	60	25.09500000	6.27476585
12,000	Urea	60	25.39833333	5.07487970
12,000	Nitrato	60	24.38333333	6.74366411
12,000	Sulfato	6	25.03000000	4.46812819

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 33.96296

Tabla 73. Comparación de medias para la variable materia seca (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	25.561	180	Urea
A	25.348	180	Sulfato
A	24.502	120	Testigo
A	24.477	180	Nitrato

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	71242.32020	4452.64501	1.70	0.0424

Tabla 74. Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	18366.00111	9183.00056	3.50	0.0306
AZUFRE	2	985.03426	492.51713	0.19	0.8287
ERROR (a)	4	11829.78687	2957.44672		
NITROGENO	3	18704.86204	6234.95401	2.38	0.0687
S*N	5	23500.69907	4700.13981	1.79	0.1120
ERROR (b)	643	1685067.98889	2620.63451		
TOTAL	659	1756310.30909			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 2957.447

$R^2 = 0.040564$

C.V. = 24.39727

Tabla 75. Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	210.500	240	0 kg/ha
A	209.556	180	12,000 kg/ha
A	209.358	240	6,000 kg/ha

Tabla 76. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	208.833333	52.9179623
0	Urea	60	212.000000	45.0536403
0	Nitrato	60	213.333333	55.1320961
0	Sulfato	60	207.833333	49.9861563
6,000	Testigo	60	197.500000	59.3931172
6,000	Urea	60	230.500000	55.1861257
6,000	Nitrato	60	199.766667	50.6310572
6,000	Sulfato	60	209.666667	59.2886266
12,000	Urea	60	210.833333	39.5436539
12,000	Nitrato	60	209.666667	55.6918479
12,000	Sulfato	60	208.166667	36.9374949

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 2620.635

Tabla 77. Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	217.778	180	Urea
A B	208.556	180	Sulfato
A B	207.589	180	Nitrato
B	203.167	120	Testigo

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	16986.16667	1061.63542	38.26	0.0001

Tabla 78. Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	2070.643333	1035.321667	37.31	0.0001
AZUFRE	2	895.800000	447.900000	16.14	0.0001
ERROR (a)	4	1447.769697	361.942424		
NITROGENO	3	5053.911111	1684.637037	60.71	0.0001
S*N	5	6629.522222	1325.904444	47.78	0.0001
ERROR (b)	643	17841.83333	27.74780		
TOTAL	659	34828.00000			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 361.9424

$R^2 = 0.487716$

C.V. = 20.65732

Tabla 79. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	28.033	180	12,000 kg/ha
A	25.325	240	6,000 kg/ha
A	23.775	240	0 kg/ha

Tabla 80. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	18.3166667	5.24991256
0	Urea	60	31.1000000	4.96410847
0	Nitrato	60	21.7333333	3.06465176
0	Sulfato	60	23.9500000	6.11583108
6,000	Testigo	60	23.3833333	8.13376863
6,000	Urea	60	31.7166667	8.12626348
6,000	Nitrato	60	20.3166667	5.62445226
6,000	Sulfato	60	25.8833333	4.57060122
12,000	Urea	60	26.5500000	3.50012106
12,000	Nitrato	60	32.8833333	2.54462988
12,000	Sulfato	60	24.6666667	7.6175904

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 27.7478

Tabla 81. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	29.789	180	1 Urea
B	24.978	180	2 Nitrato
B	24.833	180	3 Sulfato
C	20.850	120	0 Testigo

(01-10-91)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F	
Model	16	13562.02020	847.6262	6	35.31	0.0001

Tabla 82. Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del segundo corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	3616.444444	1808.222222	75.33	0.0001
AZUFRE	2	1933.333333	966.666667	40.27	0.0001
ERROR (a)	4	786.262626	196.565657		
NITROGENO	3	1697.777778	565.925926	23.57	0.0001
S*N	5	6013.333333	1202.666667	50.10	0.0001
ERROR (b)	643	15435.55556	24.00553		
TOTAL	659	28997.57576			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 196.5657

$R^2 = 0.467695$

C.V. = 9.23863

Tabla 83. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del segundo corte.

	Media	N	AZUFRE
A	55.000	240	6,000 kg/ha
A	52.000	240	0 kg/ha
A	51.889	180	12,000 kg/ha

Tabla 84. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del segundo corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	47.6666667	5.60467924
0	Urea	60	58.3333333	7.78235001
0	Nitrato	60	55.0000000	3.58906059
0	Sulfato	60	47.0000000	3.58906059
6,000	Testigo	60	53.0000000	6.53543146
6,000	Urea	60	54.0000000	4.11693485
6,000	Nitrato	60	55.0000000	3.58906059
6,000	Sulfato	60	58.0000000	6.73971281
12,000	Urea	60	50.3333333	5.95652801
12,000	Nitrato	60	49.6666667	2.07214510
12,000	Sulfato	60	55.6666667	7.82578672

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 24.00553

Tabla 85. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del segundo corte.

	Media	N	NITROGENO
A	54.222	180	Urea
A	53.556	180	Sulfato
A	53.222	180	Nitrato
B	50.333	120	Testigo

TERCER CORTE

(13-03-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	872.4610196	54.5288137	2.67	0.0287

Tabla 86. Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del tercer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	185.6270243	92.8135122	4.55	0.0272
AZUFRE	2	193.3438802	96.6719401	4.74	0.0241
ERROR (a)	4	149.3587468	37.3396867		
NITROGENO	3	133.4029253	44.4676418	2.18	0.1300
S*N	5	169.5723698	33.9144740	1.66	0.2004
ERROR (b)	16	326.1841319	20.3865082		
TOTAL	32	1198.6451515			

$\alpha = 0.05$ $df = 4$ $MSE = 37.33969$

$R^2 = 0.727873$

C.V. = 20.12354

Tabla 87. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del tercer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	26.139	9	12,000 kg/ha
A	22.875	12	6,000 kg/ha
A	19.223	12	0 kg/ha

Tabla 88. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del tercer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	3	15.93333333	9.39951240
0	Urea	3	26.05000000	4.74526079
0	Nitrato	3	16.58333333	4.56353299
0	Sulfato	3	18.32500000	3.27500000
6,000	Testigo	3	21.70000000	3.10000000
6,000	Urea	3	25.80000000	5.24428260
6,000	Nitrato	3	22.43333333	3.88115103
6,000	Sulfato	3	21.56666667	5.76635356
12,000	Urea	3	25.03333333	7.58441384
12,000	Nitrato	3	30.01666667	5.14206508
12,000	Sulfato	3	23.36666667	3.35012438

$\alpha = 0.05$ $df = 16$ $MSE = 20.38651$

Tabla 89. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del tercer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	25.628	9	Urea
A B	23.011	9	Nitrato
A B	21.086	9	Sulfato
B	18.817	6	Testigo

(13-03-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	349.5252525	21.8453283	0.40	0.9635

Tabla 90. Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del tercer corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	82.7555556	41.3777778	0.75	0.4880
AZUFRE	2	2.4074074	1.2037037	0.02	0.9784
ERROR (a)	4	143.4646465	35.8661616		
NITROGENO	3	75.8518519	25.2839506	0.46	0.7150
S*N	5	69.5370370	13.9074074	0.25	0.9325
ERROR	16	882.1111111	55.1319444		
TOTAL	32	1231.6363636			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 35.86616

$R^2 = 0.283789$

C.V. = 20.26699

Tabla 91. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del tercer corte.

	Media	N	AZUFRE
A	36.917	12	0 kg/ha
A	36.556	9	12,000 kg/ha
A	36.417	12	6,000 kg/ha

Tabla 92. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del tercer corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	3	38.0000000	7.0000000
0	Urea	3	34.3333333	5.1316014
0	Nitrato	3	36.6666667	3.0550505
0	Sulfato	3	38.6666667	7.5055535
6,000	Testigo	3	33.6666667	7.7674535
6,000	Urea	3	34.6666667	7.0945989
6,000	Nitrato	3	41.0000000	5.5677644
6,000	Sulfato	3	36.3333333	1.5275252
12,000	Urea	3	34.6666667	4.5092498
12,000	Nitrato	3	37.0000000	10.3923048
12,000	Sulfato	3	38.0000000	11.3578167

$\alpha = 0.05$ df= 16 MSE= 55.13194

Tabla 93. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor nitrógeno del tercer corte.

	Media	N	NITROGENO
A	38.222	9	Nitrato
A	37.667	9	Sulfato
A	35.833	6	Testigo
A	34.556	9	Urea

(CUARTO CORTE)

(01-05 92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	5.04121606	0.31507600	16.17	0.0001

Tabla 94. Análisis de varianza para la variable altura (A, m) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	1.73946900	0.86973450	44.64	0.0001
AZUFRE	2	0.82658530	0.41329265	21.21	0.0001
ERROR (a)	4	0.43325727	0.10831432		
NITROGENO	3	1.08354211	0.36118070	18.54	0.0001
S*N	5	0.51286248	0.10257250	5.27	0.0001
ERROR (b)	643	12.52659667	0.01948149		
TOTAL	659	17.56781273			

 $\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 0.108314 $R^2 = 0.286958$

C.V. = 8.859929

Tabla 95. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	1.6378	180	12,000 kg/ha
A B	1.5784	240	0 kg/ha
B	1.5255	240	6,000 kg/ha

Tabla 96. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable altura (A, m) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	1.49050000	0.14748082
0	Urea	60	1.64650000	0.19570667
0	Nitrato	60	1.57416667	0.14886340
0	Sulfato	60	1.60233333	0.15337300
6,000	Testigo	60	1.48183333	0.16443526
6,000	Urea	60	1.54083333	0.16195094
6,000	Nitrato	60	1.47833333	0.16528524
6,000	Sulfato	60	1.60100000	0.09968935
12,000	Urea	60	1.59716667	0.12741354
12,000	Sulfato	60	1.63466667	0.11703203
12,000	Nitrato	60	1.68166667	0.14984927

 $\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 0.019481

Tabla 97. Comparación de medias para la variable altura (A, m) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	1.6283	180	Sulfato
B	1.5948	180	Urea
C	1.5624	180	Nitrato
D	1.4862	120	Testigo

(01-05 92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	526.0869688	32.8804356	15.56	0.0001

Tabla 98. Análisis de varianza para la variable hojas verdes (HV) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	95.4365490	47.7182745	22.59	0.0001
AZUFRE	2	12.4958723	6.2479361	2.96	0.0527
ERROR (a)	4	177.9345358	44.4836340		
NITROGENO	3	132.4100406	44.1366802	20.89	0.0001
S*N	5	83.6169181	16.7233836	7.92	0.0001
ERROR (b)	642	1356.3348825	2.1126712		
TOTAL	658	1882.4218513			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 44.48363

$R^2 = 0.279473$

C.V. = 15.50435

Tabla 99. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	9.528	180	12,000 kg/ha
A	9.404	240	0 kg/ha
A	9.230	239	6,000 kg/ha

Tabla 100. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable hojas verdes (HV) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	9.7666667	1.58773548
0	Urea	60	8.6166667	1.42723707
0	Nitrato	60	9.8333333	1.86098813
0	Sulfato	60	9.4000000	1.84298947
6,000	Testigo	60	9.2166667	1.31602466
6,000	Urea	59	8.7627119	1.46615828
6,000	Nitrato	60	8.7333333	1.71599323
6,000	Sulfato	60	10.2000000	1.72518729
12,000	Urea	60	9.2000000	1.49348869
12,000	Nitrato	60	8.9500000	1.19922291
12,000	Sulfato	60	10.4333333	1.79799000

$\alpha = 0.05$ df= 642 MSE= 2.112671

Tabla 101. Comparación de medias para la variable hojas verdes (HV) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	10.011	180	Sulfato
B	9.492	120	Testigo
B C	9.172	180	Nitrato
C	8.860	179	Urea

(01-05 92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	3240.549899	202.534369	6.95	0.0001

Tabla 102. Análisis de varianza para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	740.270211	370.135106	12.69	0.0001
AZUFRE	2	40.228113	20.114057	0.69	0.5021
ERROR (a)	4	1160.152838	290.038210		
NITROGENO	3	612.647100	204.215700	7.00	0.0001
S*N	5	51.841970	170.368394	5.84	0.0001
ERROR (b)	643	18749.728222	29.159764		
TOTAL	659	21990.278121			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 290.0382

$R^2 = 0.147363$

C.V. = 36.17452

Tabla 103. Comparación de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	15.107	240	6,000 kg/ha
A	15.049	180	12,000 kg/ha
A	14.656	240	0 kg/ha

Tabla 104. Comparación gemneral de medias de los tratamientos para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	13.7166667	5.77930753
0	Urea	60	14.7416667	4.80272845
0	Nitrato	60	15.0750000	5.83065031
0	Sulfato	60	15.0916667	5.77479302
6,000	Testigo	60	17.2183333	6.83816537
6,000	Urea	60	12.6116667	5.29153759
6,000	Nitrato	60	13.0700000	5.16839483
6,000	Sulfato	60	17.5300000	4.99553360
12,000	Urea	60	15.1450000	6.14892646
12,000	Nitrato	60	13.8983333	4.81204321
12,000	Sulfato	60	16.1050000	6.01775410

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 29.15976

Tabla 105. Comparción de medias para la variable materia seca de hojas (MS/H, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	16.242	180	Sulfato
A	15.467	120	Testigo
B	14.166	180	Urea
B	14.014	180	Nitrato

(01-05-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	2287.581566	142.973848	14.19	0.0001

Tabla 106. Análisis de varianza para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	852.5058361	426.2529181	42.31	0.0001
AZUFRE	2	66.8734745	33.4367373	3.32	0.0368
ERROR (a)	4	832.2169596	208.0542399		
NITROGENO	3	283.9918218	94.6639406	9.40	0.0001
S*N	5	279.5350810	55.9070162	5.55	0.0001
ERROR (b)	643	6477.83788	10.074398		
TOTAL	659	8765.419455			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 208.0542

$R^2 = 0.260978$

C.V. = 54.90519

Tabla 107. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	5.980	240	6,000 kg/ha
A	5.913	180	12,000 kg/ha
A	5.483	240	0 kg/ha

Tabla 108. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca de tallos (MS/T, gr) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	6.33166667	4.07154207
0	Urea	60	5.35166667	3.13403902
0	Nitrato	60	5.37500000	3.27116965
0	Sulfato	60	4.87333333	3.32345882
6,000	Testigo	60	7.38500000	5.65993427
6,000	Urea	60	5.83666667	2.73210459
6,000	Nitrato	60	4.77333333	3.30843128
6,000	Sulfato	60	5.92500000	2.98173110
12,000	Urea	60	4.32666667	2.72737949
12,000	Nitrato	60	5.98333333	3.32362711
12,000	Sulfato	60	7.42833333	3.53174906

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 10.0744

Tabla 109. Comparación de medias para la variable materia seca de tallos (MS/T, g) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	6.858	120	Testigo
B	6.076	180	Sulfato
B C	5.377	180	Nitrato
C	5.172	180	Urea

(01-05-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	6153.063263	384.566454	6.97	0.0001

Tabla 110. Análisis de varianza para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	2681.804586	1340.902293	24.30	0.0001
AZUFRE	2	209.427009	104.713505	1.90	0.1507
ERROR (a)	4	895.216505	223.804126		
NITROGENO	3	1515.950815	505.316938	9.16	0.0001
S*N	5	1219.642963	243.928593	4.42	0.0006
ERROR (b)	643	35477.449222	55.174882		
TOTAL	659	41630.512485			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 223.8041

$R^2 = 0.147802$

C.V. = 35.86926

Tabla 111. Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	21.087	240	6,000 kg/ha
A	20.962	180	12,000 kg/ha
A	20.139	240	0 kg/ha

Tabla 112. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des.Est.
0	Testigo	60	20.0483333	8.31177420
0	Urea	60	20.0933333	6.38249371
0	Nitrato	60	20.4500000	7.81731021
0	Sulfato	60	19.9650000	7.64009994
6,000	Testigo	60	24.6033333	9.60206487
6,000	Urea	60	18.4483333	7.36999164
6,000	Nitrato	60	17.8433333	7.27839540
6,000	Sulfato	60	23.4550000	6.27230731
12,000	Urea	60	19.4716667	7.68478778
12,000	Nitrato	60	19.8816667	7.66764038
12,000	Sulfato	60	23.5333333	8.43512966

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 55.17488

Tabla 113. Comparación de medias para la variable materia seca por planta (MS/P, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	22.326	120	Testigo
A	22.318	180	Sulfato
B	19.392	180	Nitrato
B	19.338	180	Urea

(01-05-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	317078.0808	19817.3801	8.13	0.0001

Tabla 114. Análisis de varianza para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	153767.4444	76883.7222	31.55	0.0001
AZUFRE	2	24046.0417	12023.0208	4.93	0.0075
ERROR (a)	4	35181.5657	8795.3914		
NITROGENO	3	45143.6806	15047.8935	6.17	0.0004
S*N	5	65289.5139	13057.9028	5.36	0.0001
ERROR (b)	643	1567045.9722	2437.0855		
TOTAL	659	1884124.0530			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 8795.391

$R^2 = 0.168289$

C.V. = 33.46046

Tabla 115. Comparación de medias para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	157.139	180	12,000 kg/ha
A	146.833	240	0 kg/ha
A	141.042	240	6,000 kg/ha

Tabla 116. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable materia verde por planta (MV/P, gr) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	136.000000	44.5771090
0	Urea	60	155.500000	51.2033169
0	Nitrato	60	150.666667	50.1478041
0	Sulfato	60	145.166667	50.4384729
6,000	Testigo	60	150.166667	60.1549318
6,000	Urea	60	129.166667	54.9048998
6,000	Nitrato	60	119.333333	49.3299739
6,000	Sulfato	60	165.500000	39.3775726
12,000	Urea	60	153.666667	57.1932990
12,000	Nitrato	60	146.250000	48.8306048
12,000	Sulfato	60	171.500000	60.5574388

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 2437.085

Tabla 117. Comparación de medias para la variable materia verde (MV/P, gr) con el factor nitrógeno del cuarto corte

	Media	N	NITROGENO
A	160.722	180	Sulfato
B	146.111	180	Urea
B	143.083	120	Testigo
B	138.750	180	Nitrato

(01-05-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	4212.198485	263.262405	33.63	0.0001

Tabla 118. Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	204.430000	102.215000	13.06	0.0001
AZUFRE	2	157.435417	78.717708	10.06	0.0001
ERROR (a)	4	1337.907576	334.476894		
NITROGENO	3	1931.317361	643.772454	82.24	0.0001
S*N	5	187.561806	37.512361	4.79	0.0003
ERROR (b)	643	5033.083333	7.827501		
TOTAL	659	9245.281818			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 334.4769

$R^2 = 0.455605$

C.V. =16.88639

Tabla 119. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	17.600	180	12,000 kg/ha
A	16.729	240	0 kg/ha
A	15.633	240	6,000 kg/ha

Tabla 120. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) del cuarto corte

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	13.4666667	3.79235031
0	Urea	60	18.4833333	2.72972754
0	Nitrato	60	18.2666667	4.24450459
0	Sulfato	60	16.7000000	5.60084739
6,000	Testigo	60	12.3833333	1.97627167
6,000	Urea	60	18.4500000	3.91368741
6,000	Nitrato	60	15.4000000	3.34942444
6,000	Sulfato	60	16.3000000	0.21784772
12,000	Urea	60	17.9333333	3.05246034
12,000	Nitrato	60	17.6166667	0.45535111
12,000	Sulfato	60	17.2500000	1.62658007

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 7.827501

Tabla 121. Comparación de medias para la variable rendimiento de materia verde (RMV, ton/ha) con el factor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	18.289	180	Urea
B	17.094	180	Nitrato
B	16.750	180	Sulfato
C	12.925	120	Testigo

(1-05-92)

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
Model	16	21897.57576	1368.59848	111.77	0.0001

Tabla 122. Análisis de varianza para la variable número de plantas (NP/2 m) del cuarto corte.

F.V.	G.L.	SC.	CM.	F	Pr > F
BLOQUE	2	649.333333	324.666667	26.51	0.0001
AZUFRE	2	2448.148148	1224.074074	99.97	0.0001
ERROR (a)	4	8844.242424	2211.060606		
NITROGENO	3	6925.925926	2308.641975	188.54	0.0001
S*N	5	3097.407407	619.481481	50.59	0.0001
ERROR (b)	643	7873.3333	12.24469		
TOTAL	659	29770.90909			

$\alpha = 0.05$ df= 4 MSE= 2211.061

$R^2 = 0.735536$

C.V. = 10.84272

Tabla 123. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) con el factor azufre del cuarto corte.

	Media	N	AZUFRE
A	34.250	240	0 kg/ha
A	33.000	180	12,000 kg/ha
A	29.750	240	6,000 kg/ha

Tabla 124. Comparación general de medias de los tratamientos para la variable número de plantas (NP/2 m) del cuarto corte.

Niveles de azufre (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno	N	Media	Des. Est.
0	Testigo	60	29.6666667	4.96314098
0	Urea	60	36.6666667	6.85606664
0	Nitrato	60	35.6666667	5.48238061
0	Sulfato	60	35.0000000	2.47016091
6,000	Testigo	60	26.0000000	4.58442463
6,000	Urea	60	33.0000000	2.96876394
6,000	Nitrato	60	35.3333333	1.90153075
6,000	Sulfato	60	24.6666667	5.84160028
12,000	Urea	60	39.0000000	3.58906059
12,000	Nitrato	60	31.0000000	3.58906059
12,000	Sulfato	60	29.0000000	9.49576177

$\alpha = 0.05$ df= 643 MSE= 12.24469

Tabla 125. Comparación de medias para la variable número de plantas (NP/2 m) del actor nitrógeno del cuarto corte.

	Media	N	NITROGENO
A	36.222	180	Urea
B	34.000	180	Nitrato
C	29.556	180	Sulfato
D	27.833	120	Testigo

