

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



LA FERTILIZACION NITROGENO - AZUFRE SOBRE  
EL PASTO RAIGRAS (Lolium multiflorum Lam.)  
EN SUELOS CALCAREOS DE MARIN, N. L.

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JUAN JOSE RODRIGUEZ MARIN

MARIN, N. L.

AGOSTO DE 1993



T

SB201

.L8

R6

c.1



1080063023

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

LA FERTILIZACION NITROGENO - AZUFRE SOBRE EL PASTO RAIGRAS FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL MARCO DE LA INVESTIGACION (SEP) EN LA LINEA: FERTILIZACION ORGANICA E INORGANICA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

LA FERTILIZACION NITROGENO - AZUFRE SOBRE EL PASTO RAIGRAS (*Lolium multiflorum* Lam.) EN SUELOS CALCAREOS DE MARIN, N. L.

CONTENIDO

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESIDENTE

PRESENTA

JUAN JOSE RODRIGUEZ MARTIN

SECRETARIO:

D. C. Ulrice Lopez Dominguez

VOCAL:

M. Sc. José E. Treviño Ramirez

MARIN, N. L.


AGOSTO DE 1993

011617 e



T  
SB201  
.L8  
R6

  
Biblioteca Central  
Magna Solidaridad  
F. Tesis

  
BU Raúl Rangel Fila  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

040.631  
FA3  
1993  
C.5.

LA FERTILIZACION NITROGENO - AZUFRE SOBRE EL PASTO  
RAIGRAS (Lolium multiflorum Lam.) EN SUELOS  
CALCAREOS DE MARIN, N.L.


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

COMISION REVISORA

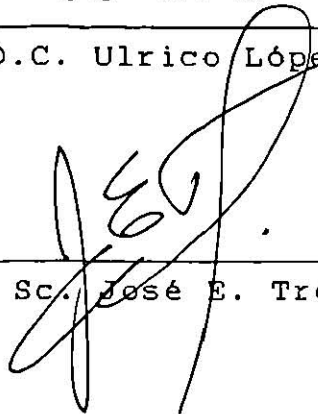
PRESIDENTE:

  
M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo.

SECRETARIO:

  
D.C. Ulrico López Domínguez.

VOCAL:

  
M. Sc. José E. Treviño Ramírez.



No hay buenas mejoras territoriales,  
si no se enriquecen al mismo tiempo  
el agricultor y el suelo.

Leucouteux.

## DEDICATORIAS

### A Dios:

Por ser luz divina en mi camino, por darme fuerzas para luchar cuando me encuentro abatido y por haber sido siempre mi guía en la carrera profesional.

Gracias.

A mis padres: Juan Rodríguez Flores y Rosalinda Marín de Rodríguez.

Por todos los desvelos, preocupaciones y sacrificios que han hecho por mi, durante lo que ha sido mi vida; así como por sus oraciones, cariño y apoyo que me han brindado siempre para que salga adelante. Por todo lo que no puedo describir... Muchas gracias.

### A mis hermanos:

Teresita  
José Dolores  
Marcelino  
Martín  
Graciela

Por brindarme siempre su apoyo, su amistad y su comprensión. Les viviré eternamente agradecido.

A mis cuñadas: Blanca E., Verónica y María de la Paz.

A mis sobrinos: Eder A., Hebert A., Salvador, Rosalinda, Martín, Juan Luis y Rafael.

A la srita: Norma Angélica Velasco Perales.

Por todo el cariño y apoyo que me ha brindado.

A todos mis compañeros y amigos.



## AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Ernesto J. Sánchez Alejo.

Por el asesoramiento brindado en la realización de este trabajo, así como por su amistad y enseñanza durante mi estancia en esta escuela.

Al D.C. Ulrico López Domínguez.

Por sus acertadas sugerencias en la revisión del presente escrito.

Al M. Sc. José Elías Treviño Ramírez.

Por su disposición y valiosa colaboración en la revisión del presente escrito.

Al pueblo de México y a la Facultad de Agronomía de la UANL, por brindarme educación.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	i
INDICE DEL APENDICE .....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
SUMMARY .....	viii
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	4
3. REVISION DE LITERATURA .....	5
3.1 Suelos calcáreos .....	5
3.1.1 El proceso de desarrollo de los sue - los calcáreos .....	7
3.1.2 Tipo de arcilla predominante en sue - los calcáreos .....	8
3.1.3 Efectos del agua en los minerales arcillosos .....	9
3.2 Mejoradores de suelos calcáreos .....	10
3.3 Azufre .....	11
3.3.1 Fuentes de azufre en los suelos ....	11
3.3.2 Azufre elemental y sulfuros .....	12
3.3.3 Azufre en forma de sulfato inorgánico	13
3.3.4 Comportamiento de los compuestos sul- furados en los suelos .....	13
3.4 Factores que afectan la oxidación del azufre en los suelos .....	14
3.4.1 Grado de finura del azufre aplicado .	14
3.4.2 Microbiología del suelo .....	14
3.4.3 Humedad del suelo .....	15
3.4.4 Temperatura .....	15
3.4.5 pH del suelo .....	16
3.5 Efectos del azufre sobre suelos calcáreos ..	16
3.6 Fertilizantes nitrogenados .....	17
3.6.1 Urea (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO .....	17
3.6.2 Nitrato de amonio (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ) .....	19
3.7 La fertilización nitrogenada en el raigrás ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.) .....	20
3.8 Investigaciones realizadas sobre la aplica - ción de azufre en suelos calcáreos .....	22
4. MATERIALES Y METODOS .....	25
4.1 Descripción del área de estudio .....	25
4.1.1 Localización geográfica .....	25



4.1.2	Clima .....	25
4.1.3	Suelos .....	26
4.2	Establecimiento del experimento .....	26
4.2.1	Formación de unidades experimentales y la aplicación de azufre .....	26
4.2.2	Siembra .....	27
4.2.3	Riegos .....	28
4.2.4	Fertilización .....	28
4.2.5	Control de plagas .....	29
4.2.6	Cosecha .....	29
5.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	30
5.1	Altura de la planta .....	30
5.2	Diámetro de corona basal .....	35
5.3	Número de hijuelos .....	35
5.4	Materia verde por planta .....	38
5.5	Materia verde por maceta .....	45
5.6	Materia seca por planta .....	49
5.7	Materia seca por maceta .....	52
6.	CONCLUSIONES .....	56
7.	RECOMENDACIONES .....	58
8.	BIBLIOGRAFIA .....	59
9.	APENDICE .....	62

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	PAGINA
1 Tratamientos probados en el experimento .....	27
2 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre la altura de la planta (cm) en los tres cortes de raigrás .....	31
3 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre el diámetro de la corona de la planta (cm) en los tres cortes de raigrás .....	36
4 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre el número de hijuelos de la planta en los tres cortes de raigrás .....	39
5 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre materia verde por planta (g/planta) en los tres cortes de raigrás .....	42
6 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre materia verde por maceta (g/maceta) en los tres cortes de raigrás .....	46
7 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre materia seca por planta (g/planta) en los tres cortes de raigrás .....	50
8 Comparación de medias del efecto de los tratamientos probados sobre materia seca por maceta (g/planta) en los tres cortes de raigrás .....	53
<b>FIGURA</b>	
1 Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta en los tres cortes de raigrás .....	32
2 Efecto de los tratamientos probados sobre diámetro de corona en los tres cortes de raigrás .....	37

3	Efecto de los tratamientos sobre el número de hijuelos en los tres cortes de raigrás .....	40
4	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia verde por planta en los tres cortes de raigrás .	43
5	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia verde por maceta en los tres cortes de raigrás .	47
6	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca por planta en los tres cortes de raigrás ..	51
7	Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca por maceta en los tres cortes de raigrás ..	54

## INDICE DEL APENDICE

CUADRO	PAGINA
1A Datos observados en altura de planta (cm) en el pasto raigrás .....	62
2A Datos observados en el diámetro de corona (cm) en el pasto raigrás .....	63
3A Datos observados en el número de hijuelos en el pasto raigrás .....	64
4A Datos observados en materia verde (g/planta) en el pasto raigrás .....	65
5A Datos observados en materia verde (g/maceta) en el pasto raigrás .....	66
6A Datos observados en materia seca (g/planta) en el pasto raigrás .....	67
7A Datos observados en materia seca (g/maceta) en el pasto raigrás .....	68
8A Resumen de los análisis de varianza que muestra los cuadrados medios y el coeficiente de variación de las variables medidas en el experimento con el pasto raigrás .....	69



## LISTA DE ABREVIATURAS

$H_3PO_4$	.....	Acido fosfórico
$H_2SO_4$	.....	Acido sulfúrico
$H_2O$	.....	Agua
$NH_3$	.....	Amoniaco
$NH_4$	.....	Amonio
S	.....	Azufre
$CO_2$	.....	Bióxido de carbono
$(NH_4)_2CO_3$	.....	Carbonato de amonio
$CaCO_3$	.....	Carbonato de calcio
CE	.....	Conductividad eléctrica
Cv	.....	Cultivar
°C	.....	Grados centígrados
g	.....	Gramos
$\mu g$	.....	Microgramos
meq	.....	Miliequivalentes
$NO_3^-$	.....	Nitrato
NA ó $NH_4NO_3$	.....	Nitrato de amonio
N	.....	Nitrógeno
$SO_4^{2-}$	.....	Sulfato
$(NH_2)_2CO$ ó U	.....	Urea

## RESUMEN

El problema principal que enfrenta la fertilización con urea en los suelos de Marín N.L. es su rápida hidrólisis ocasionada por el pH alcalino del suelo (7.8), el bajo contenido de materia orgánica (1-2%), los altos contenidos de  $\text{CaCO}_3$ , la textura arcillosa del suelo y la temperatura ambiental.

Entre las formas que existen para mejorar el aprovechamiento del nitrógeno fertilizante en estos suelos, se encuentra el uso de fertilizantes ácidos o de residuo ácido, como son el nitrato y sulfato de amonio, así como mediante la aplicación de azufre a la urea para retardar su hidrólisis.

Considerando lo anterior, se planteó como objetivo general de este experimento, el encontrar la dosis de azufre y la fuente nitrogenada que al combinarse entre sí, produzcan un efecto acidificante en el suelo que favorezca el aprovechamiento del nitrógeno por parte de las plantas, así como la solubilización de algunos nutrimentos, que en conjunto puedan traducirse en mayor rendimiento de los cultivos.

El experimento se realizó en un área adjunta al Banco de Germoplasma de la FAUANL, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

En 20 kg de tierra se llevó a cabo la aplicación de azufre (5 y 10 meq), se homogenizó y posteriormente se llenaron bolsas de polietileno negras, se regó a capacidad de campo y

la siembra se realizó dos semanas después (10 Dic. 1992), utilizando semilla de pasto raigrás (Lolium multiflorum Lam.) cv. Oregon, dejando las mejores cinco plantas por maceta.

Durante el desarrollo del cultivo se regó, de tal manera que el pasto no sufriera estrés por falta de humedad.

Para la fertilización se utilizó nitrato de amonio y urea en dosis de 150 kg/ha (2.42 y 1.74 g/maceta respectivamente) diluidos en agua, haciendo en total 3 aplicaciones: una después del aclareo y las otras dos, inmediatamente después de cada corte.

Debido a la capacidad que tiene el cultivo para regenerar sus partes vegetativas, la cosecha consistió en tres cortes. El primero se efectuó a los 65 días después de la siembra y los otros dos a los 28 y 56 días posteriores al primero. Se midieron las siguientes variables: diámetro de la corona basal, altura de la planta, número de hijuelos, materia verde y materia seca.

Se observó que existe un efecto positivo del azufre sobre el nitrato de amonio y urea; además de que la aplicación de éstos incrementan el rendimiento de materia verde y seca del pasto raigrás.

Con la aplicación de NA + 10 meq S se obtuvo mayor respuesta en altura de planta y diámetro de corona basal, mientras que en producción de materia verde y seca la combinación U + S fue la mejor.

La fuente nitrogenada de mejor respuesta fue el nitrato de amonio, mientras que para el azufre la mejor dosis fue la de 5 meq.

Las mejores respuestas numericas en las variables medidas para todos los tratamientos, se obtuvieron en el tercer corte a excepción de la variable diámetro de la corona basal.

En general, el comportamiento de los tratamientos fue el siguiente: NA + 10 meq S > U + 5 meq S > U + 10 meq S > NA + 5 meq S > 5 meq S > NA > U > T > 10 meq S.



## SUMMARY

The main problem of urea fertilization in Marín, N.L. soils, is the fast urea hydrolysis due to the soil alkaline pH (7.8), low content of organic matter (1-2 %), high content of CaCO<sub>3</sub>, the clayish texture of soil, and the environmental temperature.

There are several ways to improve the nitrogen intake using fertilizers in this kind of soils, such as the use of acid fertilizers or acid residual fertilizers, like ammonium nitrate and ammonium sulfate, or by adding sulfur to the urea in order to delay its hydrolysis.

Considering this, the general objective of this experiment was to find the optimum sulfur and nitrogen doses, so when combined they could produce an acid effect in the soil and improve the intake of nitrogen by plants and the solubility of some nutrients that in combination will result in increased production.

This experiment was conducted at the FAUANL using a completely randomized design with 4 replications.

An application of sulfur (5 and 10 meq) was made to 20 kg of soil and it was homogenized, afterwards black plastic bags were filled, they were watered to field capacity and the sowing was done two weeks later (Dec. 10 1992), using rye grass seeds (Lolium multiflorum Lam.) Oregon C. leaving the best 5 plants per pot.

During the development of cultivation the plants were watered so that they didn't suffer from humidity stress.

Ammonium nitrate and urea were used as fertilizers in a 150 kg/ha dose (2.42 and 1.74 g/pot) in a water dilution making a total of 3 applications, one right after selection, and the other two after each cut.

Because of the capability of rye grass to regenerate its vegetative parts, cropping consisted in 3 cuts. The first cut was 65 days after sowing, and the next two at 28 and 56 days after the first one. The following variables were measured: crown diameter, height of plants, number of tillers, and fresh and dry weight.

A positive effect from sulfur over ammonium nitrate and urea was observed; although application of them increased yield of fresh and dry weight of rye grass.

With the application of ammonium nitrate and 10 meq of sulfur, a greater response was obtained in the height of plants, and crown diameter, while in fresh and dry weight of forage the urea plus sulfur combination was best.

The nitrogen source that responded best was ammonium nitrate, while for sulfur the best dose was 5 meq.

The best numeric response in the variables measured for all treatments were obtained in the third cut with the exception of crown diameter.

In general, the treatment responses were as follows: ammonium nitrate plus 10 meq of sulfur was best, followed by urea plus 5 meq of sulfur, urea plus 10 meq of sulfur, ammonium nitrate plus 5 meq of sulfur, 5 meq of sulfur, ammonium nitrate, urea, control treatment and 10 meq of sulfur.

## 1. INTRODUCCION

Los suelos de la región de Marín N.L. presentan características que los clasifican como suelos calcáreos. Dentro de estas características, se encuentra el pH alcalino, el cual se considera como problema para el desarrollo de la agricultura en la región, ya que ocasiona que los cultivos no aprovechen adecuadamente el nitrógeno proveniente de los fertilizantes.

El problema principal que enfrenta la fertilización en los suelos de la región es la rápida hidrólisis de la urea, ocasionada por el pH alcalino del suelo (7.8), el bajo contenido de materia orgánica (1-2%), los altos contenidos de  $\text{CaCO}_3$ , la textura arcillosa del suelo y la temperatura ambiental (Sánchez, 1989).

Entre las formas que existen para mejorar el aprovechamiento del Nitrógeno fertilizante en estos suelos, se encuentra el uso de fertilizantes ácidos o de residuo ácido, como son el Nitrato y Sulfato de Amonio, así como mediante la aplicación de azufre a la urea para retardar su hidrólisis (Puentes, 1992).

La aplicación de azufre y/o ácido sulfúrico a suelos calcáreos, tiene como efecto reducir el pH alcalino, acidificando el suelo; (Sánchez et al., 1991). Por otra parte,



el efecto acidificante del azufre solubiliza micronutrientes como el Fe, Zn, Mn, Cu y  $\text{HPO}_4^{-2}$  y crea condiciones en el suelo que controlan la liberación del Nitrógeno fertilizante (Díaz, 1991).

En la región de Marín, N.L., el forraje es el recurso más importante y barato en la alimentación del ganado; el Rai grás (*Lolium multiflorum* Lam.) está considerado como uno de los forrajes más productivos, ya que tiene un alto rendimiento en materia seca y proporciona buena ganancia de peso durante el invierno. Es conocido como un pasto anual, amacollado, con buena calidad nutritiva y es resistente al pastoreo y pisoteo de animales.

Este pasto se desarrolla en diferentes tipos de suelo, no prospera en condiciones climatológicas extremas de frío, calor, sequía y se adapta mejor a suelos de mediana y alta fertilidad. Es una especie de crecimiento vigoroso y responde bien al riego y a la fertilización.

Debido a la importancia económica que presenta el rai grás, a la ganadería del norte de México y a las condiciones de los suelos de la región se consideró relevante evaluar el efecto de los fertilizantes nitrogenados en combinación con azufre sobre la producción de forraje.

Considerando las características de los suelos de la región, la necesidad existente de incrementar el aprovechamiento del nitrógeno fertilizante y los resultados obtenidos en trabajos anteriores, se planteó como objetivo general de este estudio, el encontrar la dosis de azufre y la fuente nitrogenada que al combinarse entre sí, produzcan un efecto acidificante en el suelo que favorezca el aprovechamiento del nitrógeno por parte de las plantas, así como la solubilización de algunos nutrimentos, que en conjunto puedan traducirse en mayor rendimiento de los cultivos.

## 2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Los objetivos particulares y las hipótesis de éste trabajo se presentan a continuación:

### Objetivos:

1. Evaluar el efecto acidificante del azufre sobre el nitrato de amonio y urea en suelos calcáreos de Marín N.L.
2. Evaluar el efecto acidificante de los fertilizantes nitrogenados en presencia de azufre sobre el comportamiento del pasto raigrás.

### Hipótesis:

1.  $H_{01}$  : No existe efecto acidificante del azufre sobre el nitrato de amonio y urea.
2.  $H_{02}$  : No existe efecto del azufre y de los fertilizantes nitrogenados sobre el rendimiento del cultivo de pasto raigrás.

### 3. REVISION DE LITERATURA

Los suelos calcáreos en forma general tienen la capacidad de retener agua y algunos nutrientes sobre las superficies de las arcillas (Foth, 1985); en contraste, la presencia de  $\text{CaCO}_3$  ocasiona pérdidas de nitrógeno fertilizante en forma de amoniaco, afectando con ésto la nutrición adecuada de las plantas, lo cual provoca un bajo rendimiento en los cultivos.

#### 3.1 Suelos calcáreos.

Los suelos calcáreos son suelos arcillosos de amplia distribución geográfica. Presentan problemas de fertilidad debido a sus propiedades físicas, químicas y contenido bajo en humus.

Debido al alto contenido de arcilla (40 - 65 %), predominantemente montmorillonítica, tienen una alta capacidad de retención de humedad que afecta la aireación del suelo, lo que a su vez restringe la absorción de elementos nutritivos por las plantas. Son suelos muy adherentes en húmedo y duros cuando secos, presentando grietas anchas y profundas (Ortiz, 1985).

El pH con frecuencia varía de neutro a alcalino y en ocasiones de salinos a sodicos. Frecuentemente su contenido de  $\text{CaCO}_3$  sobrepasa el 10 %.

Son características en estos suelos la acumulación de carbonatos de calcio como costras en la superficie, y la formación de capas calizas (Macías, 1964).

En los estudios sobre nutrientes mayores se registran limitaciones de nitrógeno, necesidades moderadas de fósforo y se consideran suficientes en potasio. Los nutrientes secundarios y micronutrientes hasta ahora se han juzgado en niveles de buen abastecimiento, aunque en algunas regiones del mundo se han encontrado restricciones de zinc. El boro suele presentar en algunos casos problemas de toxicidad, y la salinidad debido al drenaje impedido, no es excepcional (Ortiz, 1985).

En las zonas áridas no es común la lixiviación y las bases se acumulan en las rocas y en los minerales que se están meteorizando. Cuando por una razón cualquiera la capa freática está cerca de la superficie, el agua puede ascender por capilaridad arrastrando sales hasta la superficie, al evaporarse el agua las sales forman una capa de acumulación. Esta acumulación da lugar a una reacción alcalina (Ortiz, 1985).

Existe, así mismo el problema de la reducida solubilidad de hierro, manganeso, cobre y zinc por efecto del pH excesivamente elevado. El exceso de sales puede incluso llegar a

inhibir el desarrollo de las plantas que presentan un interés económico (Thompson, 1962).

### 3.1.1 El proceso de desarrollo de los suelos calcáreos.

Este proceso consiste fundamentalmente en la acumulación de carbonato de calcio en el perfil de los suelos que se forman bajo su influencia. El carbonato de calcio puede existir como tal en el material de origen, ó se puede producir por la reacción entre ácido carbónico y la cal liberada por hidrólisis de los silicatos minerales.

Los suelos resultantes presentan una acumulación de carbonato de calcio y de magnesio en una porción dada del perfil, que se encuentra generalmente a la profundidad a la que llegue el agua que se percola a través de ellos.

Un resultado secundario de este proceso, es la floculación de la arcilla coloidal a causa del calcio, de esta manera se evita en gran parte el arrastre de los coloides por el agua de infiltración.

Las áreas afectadas por la calcificación son las que se hallan sujetas a una lluvia escasa, en condiciones tales que el agua de infiltración no sea capaz de atravesar totalmente



el perfil, arrastrando fuera de él, el bicarbonato de calcio que transporta en solución (Sánchez, 1981).

### 3.1.2 Tipo de arcilla predominante en suelos calcáreos.

Los suelos calcáreos contienen en su mayor parte montmorillonitas, por lo que es conveniente conocer el origen, la estructura y el efecto que pueden tener éstas sobre el suelo.

La montmorillonita de estos suelos se puede formar mediante la cristalización de soluciones diluidas en presencia de grandes cantidades de calcio (Buol, 1981).

Estas arcillas son láminas formadas por unidades tetraédricas y octaédricas donde frecuentemente ocurre lo que se conoce por sustitución isomorfa, que consiste en la sustitución de un átomo por otro.

El espesor de las láminas de montmorillonita es del orden de 10 Angstroms (1 Angstrom =  $10^{-8}$  cm) y se colocan una sobre otra. La unión catiónica en la montmorillonita depende del tipo de catión que se tenga presente, pero en general es débil, por lo que el agua puede entrar fácilmente entre las láminas de montmorillonita, ocasionando que se separen. Los suelos que contengan cantidades considerables de montmorillonita presentan características muy importantes de expansión,

cohesión y plasticidad (Fernández, 1982).

### 3.1.3 Efectos del agua en los minerales arcillosos.

El agua es un factor de mucha importancia en los suelos de tipo calcáreo, ya que la presencia de ésta, implica que los nutrientes se solubilicen y puedan encontrarse en forma aprovechable para las plantas.

La montmorillonita está constituida por uno de los minerales arcillosos más pequeños y más sensibles al agua. Cuando las posiciones de los iones intercambiables son ocupadas por sodio ( $\text{Na}^+$ ) y las partículas se humedecen, tanto las superficies de éstas como los iones intercambiables toman agua. Al hidratarse el ión de sodio crece 7 veces su tamaño y es demasiado grande para permanecer como una sola capa sobre la partícula del mineral arcilloso. Los iones intercambiables hidratados se alejan de las superficies del mineral, pero al mismo tiempo, son atraídos hacia la superficie de éste para satisfacer la carga negativa existente en la superficie de la partícula. Los iones de sodio debido a sus energías térmicas tienden a alejarse. A esto se debe que cuando los suelos se hidratan se forma lo que se conoce como "doble capa" (Fernández, 1982).

El agua de la doble capa se encuentra bajo una fuerza de atracción hacia la partícula del suelo, debido a que dicha agua se encuentra unida a los iones intercambiables atraídos a la superficie de la partícula (Fernández, 1982).

### 3.2. Mejoradores de suelos calcáreos.

Para mejorar el aprovechamiento del nitrógeno proveniente de los fertilizantes en estos suelos, es recomendable corregir la alcalinidad de los mismos, y el paso más importante consiste en eliminar el motivo de este comportamiento (Thompson, 1962).

Diversas pruebas de acidificación indican que el carbonato es el primer punto de ataque de los ácidos añadidos a estos suelos, pero se produce poca variación en el pH y por lo tanto, poca solubilidad de nutrientes mientras que el carbonato cálcico no reaccione en su totalidad, debido al gran poder amortiguador de estos suelos (Fundora, et al. 1983).

Existen varios materiales adecuados para disminuir el pH del suelo: azufre, sulfato ferroso y sulfato de aluminio (alumbre). El azufre es el material más barato, pero el más eficaz es el sulfato ferroso ya que cumple la doble misión de

acidular el suelo y proporcionar hierro soluble (Thompson, - 1962).

Otra forma de reducir las pérdidas de nitrógeno es mediante la aplicación de ácidos al suelo en forma de fertilizantes líquidos, lo que favorece la absorción inmediata de nutrimentos y la solubilización de algunos micronutrientes tales como Fe, Cu, Zn y Mn (Sánchez, et al. 1991).

La adición de materia orgánica contribuye a reducir el pH, mejora la estructura y aumenta la capacidad del suelo para dar nitrógeno asimilable. Es muy útil la combinación de materia orgánica y azufre. La materia orgánica estimula la oxidación del azufre a sulfato. Algunos investigadores recomiendan para el tratamiento del suelo alcalino una combinación de azufre, abono y yeso (Thompson, 1962).

### **3.3. Azufre.**

#### **3.3.1 Fuentes de azufre en los suelos.**

La corteza terrestre contiene aproximadamente un 0.06 % de azufre. Este elemento se halla presente en forma de sulfuros, sulfatos y en combinación orgánica con carbono y nitrógeno.

El azufre, en la mayor parte de terrenos arables, está en forma de materia orgánica, sulfatos solubles en la solución del suelo, o absorbido en el complejo del suelo (Reynoso, 1978). En los suelos áridos, los sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio, son frecuentemente precipitados en grandes cantidades en el perfil del suelo (Tisdale, 1988).

Otra fuente del azufre del suelo es la atmósfera. Alrededor de centros de actividad industrial en los que se queman productos que contienen azufre, se libera dióxido del mismo al aire y gran parte de éste gas es devuelto a la tierra por la lluvia (Tisdale, 1988).

### **3.3.2 Azúfre elemental y sulfuros.**

En su forma elemental pura, el azufre es un sólido cristalino, amarillo, inerte e hidrosoluble. Cuando el azufre está finamente dividido y mezclado con el suelo, es oxidado a sulfato por los microorganismos del suelo. A causa de esta propiedad, el azufre se ha utilizado durante muchos años en el mejoramiento de los suelos alcalinos. La oxidación del azufre en el suelo, sugiere su utilización como fuente de este elemento en los fertilizantes (Tisdale, 1988).

### 3.3.3 Azufre en forma de sulfato inorgánico.

Casi todo el azufre inorgánico en suelos arables de climas áridos se encuentra como ion sulfato, en combinación con cationes tales como el calcio, magnesio, potasio, sodio o amonio en la solución del suelo (Tisdale, 1988). Además de la mineralización del azufre orgánico, los iones  $\text{SO}_4^{2-}$  pueden agregarse al suelo por medio de la lluvia, fertilizantes, pesticidas, el agua de riego, gases de erupciones volcánicas y contaminación ambiental (Sánchez, 1981).

A causa de su naturaleza aniónica y de la solubilidad de la mayor parte de sus sales comunes, las pérdidas por filtración de los sulfatos son grandes, sobre todo cuando predominan iones monovalentes tales como el potasio y el sodio; además de iones divalentes como el calcio y el magnesio (Sánchez, 1981).

### 3.3.4 Comportamiento de los compuestos sulfurados en los suelos.

El comportamiento del azufre en el suelo puede considerarse con referencia a tres tipos de compuestos: azufre elemental, sulfuros, azufre en forma de sulfatos y formas reducidas de azufre contenidas en combinación orgánica, (Tisdale, 1988).



### 3.4 Factores que afectan la oxidación del azufre en los suelos.

Diversos factores que influyen la oxidación del azú - fre elemental en los suelos incluyen la población microbiana del suelo, la temperatura, la humedad, el pH y el grado de finura del azufre aplicado (Tisdale, 1988).

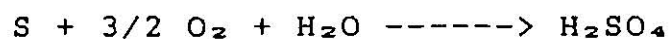
#### 3.4.1. Grado de finura del azufre aplicado.

Cuanto más fino sea el tamaño de la partícula de azufre aplicada mayor será la superficie expuesta y mayor la conversión a sulfato (Cepeda, 1991). Es evidente que la oxidación es baja en el azufre de grano grueso y más rápida en el material más finamente dividido (Tisdale, 1988).

#### 3.4.2 Microbiología del suelo.

El azufre elemental es oxidado en el suelo por diversas especies bacterianas del género *Thiobacillus*. La forma más común es el *T. thiooxidans*, pero hay otros tales como *T. thiooparus* y *T. copraliticus*. Estos organismos son aeróbios autótrofos obligados. Una multitud de organismos toma parte en la oxidación del azufre, algunos de los cuales realizan el proceso solamente en una o dos etapas, y la reacción da como resultado la producción de ácido sulfúrico, según se muestra en

la siguiente ecuación:



El azufre es uno de los agentes más eficaces para aumentar la acidez del suelo (Tisdale, 1988).

### 3.4.3 Humedad del suelo.

Según Sánchez, 1981, la oxidación más rápida se verifica a un nivel de humedad próximo al que corresponde a la capacidad de campo.

Una gran cantidad de humedad en el suelo, disminuye el contenido de oxígeno, lo cual limita el desarrollo de organismos aeróbicos que oxidan el azufre y esto trae como consecuencia una disminución en la oxidación del mismo.

### 3.4.4. Temperatura.

Un aumento en la temperatura eleva la proporción en que el azufre es oxidado en el suelo. El máximo de oxidación ocurre entre 27 y 35 °C y que a temperaturas de 55 a 60 °C el *Thiobacillus* muere. Desde un punto de vista práctico, en los suelos donde las temperaturas son superiores a 25 °C tendrá lugar una oxidación apreciable del azufre aplicado (Tisdale, 1988).

### 3.4.5. pH del suelo.

En general, la oxidación del azufre añadido procede con mayor rapidéz cuanto más ácidos son los suelos (Fassbender, 1975). Algunos organismos como el *Thiobacillus thiooxidans* toleran los valores de pH extremadamente bajos (Foth et al., 1980).

### 3.5. Efectos del azufre sobre suelos calcáreos.

Para que el azufre elemental acidifique el suelo, se requiere de tiempo, según sea la composición de este y las condiciones climatológicas; la conversión se realiza lentamente y en ocasiones el efecto en el suelo se hace aparente hasta los tres años. El nivel a que desciende el valor del pH y el tiempo que dura este aumento en la acidez, dependerán de la capacidad amortiguadora del suelo y de la cantidad de azufre agregado (Teuscher, 1976 ; Cepeda, 1991).

La formación de los sulfatos trae como consecuencia una conversión de carbonato de calcio alcalino insoluble a sulfato de calcio neutro muy soluble, quedando así el calcio a disposición de las plantas. Algo similar sucede con otras sustancias difícilmente solubles, como por ejemplo el fosfato tricálcico en la roca fosfatada y el potasio en la carnalita, glauconita o arena verde (Teuscher, 1976).

### 3.6 Fertilizantes nitrogenados.

Existen muchos transportadores del nitrógeno inorgánico que son usados para proporcionar nitrógeno en fertilizantes compuestos. Se presentan varias formas químicas, incluyendo los compuestos amoniacales y nitratos, así como otros materiales, como la urea y cianamida. Estos dos últimos, por su hidrólisis en el suelo, dejan iones  $\text{NH}_4^+$ , que pueden ser tomados por las plantas o bien oxidados pasando a nitratos. Casi todos los materiales relacionados se usan como transportadores de nitrógeno, aunque el sulfato amónico y los nitratos son los compuestos más ampliamente empleados (Buckman, 1970).

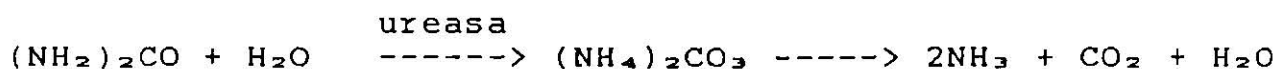
Además de éstos, existen otros fertilizantes cuyo contenido de nitrógeno se presenta tanto en forma nítrica como amoniacal (nitrato de amonio, nitrato cálcico de amonio, sulfato y nitrato doble de amonio) (Jacob, 1973).

#### 3.6.1 Urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

La urea, con un contenido de 46 % de nitrógeno, es el fertilizante nitrogenado sólido de mayor concentración. Este producto se caracteriza también por no presentarse combinado con alguna otra sustancia inorgánica. En vista de su alto grado de solubilidad y fácil asimilación foliar, se le emplea

frecuentemente en aspersiones nutritivas (en múltiples ocasiones combinadas con parasiticidas). La urea, al emplearse como fertilizante, deberá ser libre de biuret (Jacob, 1973); debido a que este compuesto es tóxico para las plantas (Tisdale, 1988).

Dada su alta higroscopicidad se vende granulada, recubierta de diatomita y envasada en sacos de polietileno. La urea como tal es una molécula eléctricamente neutra y por lo tanto susceptible a perderse por lixiviación. La transformación de la urea en el suelo se presenta de la siguiente forma:



Esta reacción muestra que al aplicar la urea al suelo en presencia de agua y de la enzima ureasa, se transforma a carbonato de amonio [  $CO_3 (NH_4)_2$  ], alcalinizando el suelo (Rodríguez, 1982). Bajo condiciones de alta temperatura (+ 30 °C) y humedad inferior a la capacidad de campo, el amonio descompone en amoníaco ( $NH_3$ ) y bióxido de carbono ( $CO_2$ ), los cuales son compuestos susceptibles de perderse por volatilización (Fenn y Kissel, 1976).

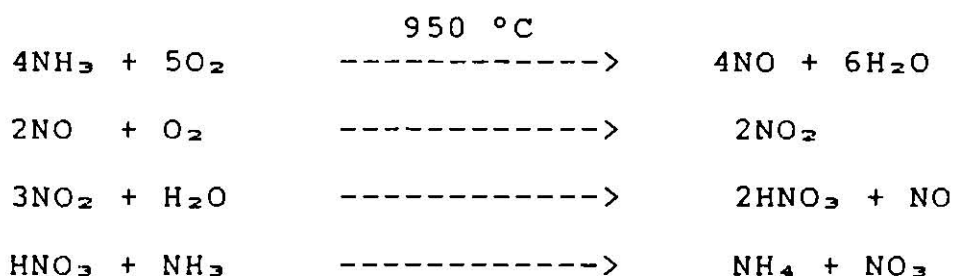
Para evitar la volatilización del nitrógeno con el desdoblamiento del carbonato de amonio, se recomienda cubrir el

fertilizante con una capa de suelo, especialmente si se trata de suelos expuestos a secamiento (Sánchez, 1993).

La actividad de la ureasa se reduce fuertemente cuando el pH del medio sube arriba de 8, al grado que la hidrólisis enzimática de la urea cesa completamente a un pH de 8.5 (Sánchez, 1993).

### 3.6.2 Nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

El nitrato de amonio contiene 33.5 % de nitrógeno y se sintetiza a partir de la oxidación del amoníaco:



El nitrato de amonio tiene un alto grado de higroscopicidad, debido a esto se presenta granulado recubierto con diattomita y envasado en bolsas de polietileno.

Deben tenerse precauciones en su almacenamiento y manejo, dado su carácter explosivo, cuando se le pone en contacto con un material carbonatado que sea fácilmente oxidado (Sánchez, 1993).



De los fertilizantes nitrogenados tanto amoniacales como nítricos, el nitrato de amonio es un producto de limitado empleo como fertilizante simple, a causa de su higroscopicidad y del peligro de explosión, no así como componente de las fórmulas de fertilizantes compuestos. Mezclado con cal, o sea en forma de nitrato de amonio cálcico, se ha convertido en un fertilizante de gran popularidad (Jacob, 1973).

### 3.7 La fertilización nitrogenada en el raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.).

En el norte de México, la ganadería está condicionada - por dos factores, uno es la dependencia del ganado de los pastos nativos y otro son las dos temporadas diferentes que existen: la de lluvias, en los meses de junio a septiembre que permite que los animales dispongan de pasto suficiente para alimentarse durante estos meses ; y la de secas, de enero a mayo donde los pastos escasean y se vuelve crítica la situación para el ganadero que tiene que llevar a cabo programas de suplementación en agostadero a muy alto costo.

Ante esta situación, se plantea como alternativa, el establecimiento de praderas invernales, ya que el pasto es el recurso más importante y barato en la alimentación del ganado, y el raigrás está considerado como uno de los forrajes sembrados, más adaptados en los climas templados, ya que

producen altos rendimientos de materia seca y buena ganancia de peso.

El raigrás o Ballico Italiano, es nativo de las regiones del Mediterráneo, en el sur de Europa; es considerado un pasto anual con comportamiento bianual, amacollado y con una altura de 60-70 cm., tiene buena relación de hojas-tallo con buena calidad nutricional, que alcanza hasta un 18% de proteína y con un 60-70% de digestibilidad (Aranda et al., 1990).

Es un pasto resistente al pastoreo y pisoteo de animales, soporta mayor número de pastoreos con producción de forraje estable (Torres, 1993).

Este pasto, se desarrolla en diferentes tipos de suelo, sin embargo, no prospera en condiciones climatológicas extremas de frío, calor, sequía o suelos de baja fertilidad; se adapta mejor a suelos de mediana y alta fertilidad. Es resistente a suelos húmedos y con problemas de pH, pero no a lugares con agua estancada (Torres, 1993).

El raigrás, es un cultivo con grandes necesidades de nitrógeno y fósforo. Una vez que las plantas se han establecido, se hace necesaria la fertilización nitrogenada para lograr un buen desarrollo y amacollamiento, especialmente en la

etapa de crecimiento, aproximadamente a los 30-40 días después de la nacencia (Aranda et al., 1990).

### 3.8 Investigaciones realizadas sobre la aplicación de azufre en suelos calcáreos.

Un experimento realizado por Díaz (1991), donde utilizó como fuentes: urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio, demuestra que el mayor efecto acidificante se logra cuando se aplican éstas junto con el azufre, siendo más marcado el efecto sobre el nitrato de amonio. De igual forma se observó que la conductividad eléctrica se incrementa cuando se aplica azufre, debido a la formación de sales de calcio.

Cajuste et al. (1991), realizó un experimento utilizando 0, 1600 y 4200 kg S/ha, y observó que a medida que se incrementa la dosis de azufre aplicada, disminuye el pH e incide positivamente en la disponibilidad del Fe para la planta, reduciendo la clorosis férrica.

Sánchez et al. (1991), al aplicar 0, 20, 160 y 320 meq de S/100 g de suelo, con tiempos de oxidación de 1, 2 y 4 semanas después de la aplicación, encontraron que la dosis de 20 meq de S con un tiempo de oxidación de dos semanas, lleva el pH del suelo hasta la neutralidad, además de observar que

la oxidación del azufre incrementó significativamente la solubilidad de manganeso y zinc, lo cual se reflejó en el incremento de la conductividad eléctrica.

Albalate (1992), encontró que la aplicación de azufre reduce significativamente el pH del suelo, siendo más notable el efecto al aplicar 320 meq S/100 g, aunque por cuestiones prácticas, recomienda utilizar 20 meq S/100 g. Así mismo, encontró que al incrementar la dosis de azufre, se incrementa la conductividad eléctrica del suelo.

El mismo autor encontró que la urea, agregando o no azufre, y el nitrato de amonio con azufre, incrementan el rendimiento de materia verde y seca del sorgo. El caso contrario se observó en la aplicación de sulfato de amonio con o sin azufre, el cual afectó el rendimiento del cultivo.

Otro trabajo realizado por Puentes (1992), utilizando fertilizantes líquidos, demuestra que al aplicar dosis altas de urea,  $H_3PO_4$  y  $H_2SO_4$ , se reduce el pH del suelo y se incrementa considerablemente el rendimiento del cultivo de sorgo, siendo más notorio éste incremento al utilizar la dosis 800-2000 kg/ha de la F1 (05-30-00-05) y F2 (26-00-00-08).

Sánchez y López (1992), utilizaron urea, sulfato y nitrato de amonio, en dosis de 0 y 150  $\mu\text{g}$  N/g de suelo; y azufre a

0 y 20 meq S/100 g de suelo, se observó que el rendimiento de materia seca y el contenido nutrimental del sorgo, estuvieron afectados fuertemente por la CE y pH del suelo, debido a la presencia de sales formadas durante la oxidación de azufre en el suelo y a los diferentes índices de acidez y salinidad provocados por los fertilizantes utilizados en el estudio.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio.

#### 4.1.1 Localización geográfica.

El presente experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de la FAUANL, la cual está ubicada en el municipio de Marín, N.L. cuyas coordenadas geográficas están entre los  $25^{\circ} 15'$  -  $25^{\circ} 55'$  L.N. y  $100^{\circ} 00'$  -  $100^{\circ} 05'$  L.O. del meridiano de Greenwich, con una altitud de 375 msnm.

#### 4.1.2 Clima.

El clima de la región es del tipo Bsl, el cual corresponde a un clima seco árido muy extremoso, con lluvias escasas durante la mayor parte del año. La máxima precipitación pluvial se presenta en el mes de septiembre con 110 a 120 mm, mientras que en el mes de marzo se registra la precipitación mínima que va de 10 a 15 mm. La precipitación promedio anual varía entre 300 y 600 mm. La temperatura mínima es inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  y se presenta en los meses de diciembre y enero, mientras que las temperaturas más altas son superiores a los  $28^{\circ}\text{C}$  durante julio y agosto, teniéndose una temperatura media anual superior a los  $22^{\circ}\text{C}$  (García, 1973).



#### 4.1.3 Suelos.

Los suelos de la región son de origen aluvial de tipo calcáreo, presentan pH alcalino que va de 7.5 a 8.5, bajo contenido de materia orgánica y altos contenidos de  $\text{CaCO}_3$ . Son de textura arcillosa, con colores que van del negro al gris obscuro, tienen la propiedad de contraerse y agrietarse en época de sequía y de expanderse al contacto con el agua, algunos presentan problemas de salinidad y de sodicidad (Sánchez, 1989).

#### 4.2 Establecimiento del experimento.

Este estudio se realizó en un área adjunta al Banco de Germoplasma de la FAUANL, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron bolsas de polietileno negro con capacidad aproximada de 20 kg de suelo. Se probaron 9 tratamientos (Cuadro 1) los cuales se evaluaron con respecto al rendimiento del raigrás.

##### 4.2.1 Formación de unidades experimentales y la aplicación de azúfre.

Primero, se pesaron 20 kg de suelo y se colocaron sobre

un costal extendido, donde se hizo la única aplicación de azufre a los tratamientos correspondientes en dosis de 5 y 10 meq S/100 g (16 y 32 g de S por maceta respectivamente), se homogenizó y se procedió al llenado de las bolsas para luego etiquetarlas. Después se regó a capacidad de campo para favorecer la oxidación del azufre y se dejaron pasar dos semanas para la siembra.

En total se utilizaron 36 macetas formadas con las bolsas de polietileno y suelo colectado en el campo experimental de la FAUANL, las cuales se distribuyeron en el terreno completamente al azar.

Cuadro 1. Tratamientos probados en el experimento.

Tratamiento	Material experimental	Dosis de N (kg/ha)	Dosis de S (meq 100 g <sup>-1</sup> )	símbolo
1	Testigo	0	0	T
2	Urea	150	0	U
3	NA	150	0	NA
4	S	0	5	5 S
5	S	0	10	10 S
6	Urea + S	150	5	U + 5S
7	NA + S	150	5	NA + 5S
8	Urea + S	150	10	U + 10S
9	NA + S	150	10	NA + 10S

NA = Nitrato de amonio

N = Nitrógeno

S = Azufre

#### 4.2.2 Siembra.

Se realizó el 10 de diciembre de 1992, utilizando pasto

raigrás cv. Oregon, con 85 % de germinación, colocando 10 semillas por maceta, distribuidas en forma homogénea, finalmente se aclaró para dejar las mejores 5 plantas.

#### 4.2.3 Riegos.

Se llevó a cabo una aplicación de riegos, de tal manera que el pasto no sufriera estrés por falta de humedad, perforando previamente las macetas para facilitar el drenaje y así mantener el suelo cercano a la capacidad de campo.

#### 4.2.4 Fertilización.

Después que se definieron las plantas a evaluar, se procedió a la aplicación del nitrógeno fertilizante. La dosis utilizada fue de 150 kg de N/ha. En 24 lt. de agua, se diluyeron 20.88 g de urea, posteriormente se aplicaron 2 lt de la solución que se agitó constantemente, a cada una de las 12 macetas a las que correspondía el tratamiento; se hizo lo mismo con el nitrato de amonio solo que para éste se diluyeron 29.04 g. A las macetas sin este tratamiento, se les agregó 2 lt de agua, con el fin de homogenizar la humedad en el experimento.

De igual manera se fertilizó inmediatamente después de realizar los cortes del pasto, siendo en total tres aplica-

ciones de fertilizante durante el desarrollo del experimento.

#### 4.2.5 Control de plagas.

A través del crecimiento del cultivo se presentaron algunas plagas tales como pulgones y termitas, las cuales se controlaron mediante la aplicación de Diazinón en dosis de 1 ml por lt de agua, y, Actellic 50 (Pirimifos) 15 ml/20 lt de agua, respectivamente.

#### 4.2.6 Cosecha.

Debido a la capacidad que tiene el cultivo para regenerar sus partes vegetativas, se realizaron tres cortes. El primero se efectuó a los 65 días después de la siembra, y los otros dos a los 28 y 56 días después de éste. Se midieron las siguientes variables: diámetro de la corona basal, altura de la planta, número de hijuelos, materia verde y materia seca.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Altura de la planta.

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta (cm) en los tres cortes de rai-grás se presentan en el Cuadro 1A del Apéndice. Estas obser-vaciones se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice), y muestran diferencia altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ), diferencia significativa ( $\alpha=0.07$ ) y diferencia altamente significativa ( $\alpha=0.017$ ) para los tres cortes, res-pectivamente. La comparación de medias se realizó según la prueba de Tukey, con  $\alpha=0.05$  y se presenta en el Cuadro 2 y Figura 1.

En general, se observó que al aplicar azufre, indepen-dientemente de las dosis, en combinación con los fertilizan-tes, se presentaron las mayores alturas de la planta de rai-grás. Esto se debió al efecto acidificante que tiene el azu-fre sobre el suelo, ya que al descender el pH permite que exista una mayor permanencia del nitrógeno en el mismo (Díaz, 1991), además de solubilizar fósforo y algunos micronutrien-tes para que puedan ser aprovechados por las plantas (Sánchez et al., 1991). Por otro lado, Albalate (1992) encontró que la mayor acidificación del suelo se logra al aplicar 20 meq de S/100 g en dos semanas.

CUADRO 2. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre la altura de la planta (cm) en  
los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	28.235 A	7.0209
	NA + 5 meq S	25.630 AB	
	U + 5 meq S	25.595 AB	
	U + 10 meq S	25.385 AB	
	5 meq S	24.960 AB	
	Testigo	22.895 AB	
	10 meq S	21.845 AB	
	NA	21.575 AB	
	U	20.055 B	
SEGUNDO	U + 5 meq S	29.340 A	5.1433
	NA + 10 meq S	29.150 A	
	NA + 5 meq S	29.055 A	
	U + 10 meq S	28.160 A	
	5 meq S	27.635 A	
	NA	27.310 A	
	Testigo	27.300 A	
	U	26.545 A	
TERCERO	10 meq S	38.590 A	6.8685
	NA + 10 meq S	37.752 A	
	NA + 5 meq S	36.285 AB	
	5 meq S	35.530 AB	
	U + 5 meq S	34.695 AB	
	NA	34.655 AB	
	Testigo	34.055 AB	
	U + 10 meq S	32.745 AB	
	U	30.517 B	

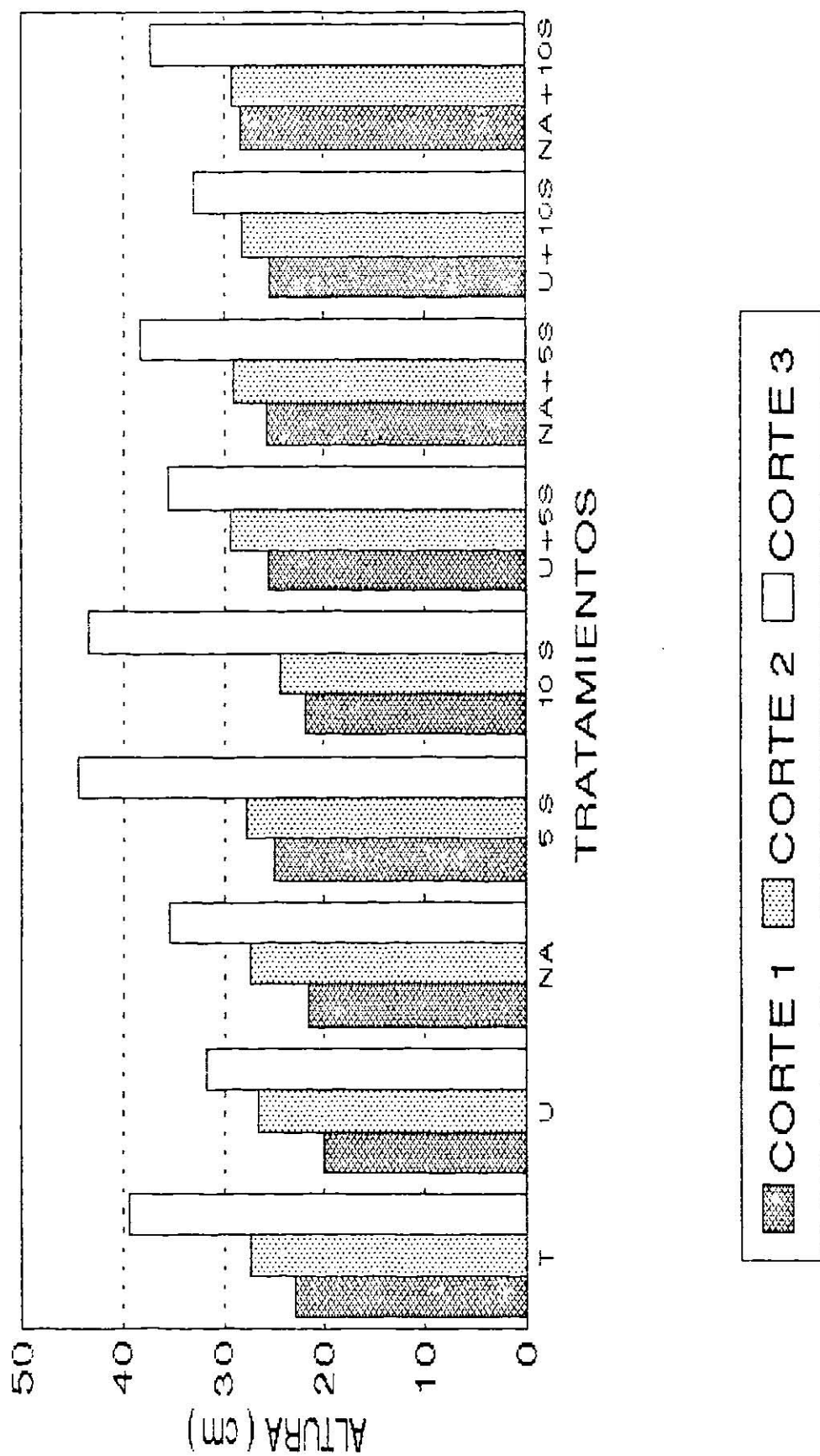


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta en los tres cortes de raigrás. Tukey (C1 = 7.0209, C2 = 5.1433, C3 = 6.8685).

Las menores alturas se obtuvieron al aplicar NA y U, así como en el testigo, debido a que estos tratamientos no tienen un efecto acidificante tal, que pueda evitar la pérdida de nitrógeno en forma de gases como: óxido nitroso, óxido nítrico y amoníaco (Serrato, 1989).

Al aplicar el NA con S independientemente, de la dosis, se obtuvieron las mayores alturas de la planta (28.235, 29.150 y 37.752 cm) en los tres cortes, con respecto a los demás tratamientos. Esto se atribuye al efecto acidificante que produce el NA y el azufre, los cuales al combinarse acentúan su efecto, ocasionando que el nitrógeno permanezca mayor tiempo en el suelo (Díaz, 1991) en forma de nitratos y a su vez solubilice algunos micronutrientes para que de esta manera puedan ser aprovechados por las plantas (Sánchez et al., 1991).

Un resultado similar lo registra Albalate (1992), al aplicar 150 kg/ha de NA + 20 meq S/100 g, obtuvo un incremento significativo en el rendimiento de materia verde de sorgo.

Las aplicaciones de U + S en el primer corte, demostraron alturas de planta intermedias (25 cm), atribuyéndose al bajo efecto acidificante que produce este tratamiento. La combinación U + 5 meq S fue superior a U + 10 meq S debido a que esta última aumenta la CE del suelo, y esto ocasiona que



se inhiba la nitrificación a tal grado que afecta el crecimiento de las plantas (Díaz, 1991).

Para el segundo corte, esta misma combinación (U + 5 meq S) presentó la mayor altura (29.34 cm) siendo diferente a U + 10 meq S (28.16 cm), aunque no significativamente; y las alturas más reducidas se presentaron en el tercer corte, esto tal vez debido a la reducción del efecto acidificante del azufre que se aplicó dos semanas antes de la siembra, lo cual hace que el nitrógeno se pierda por volatilización y no pueda ser aprovechado por las plantas (Díaz, 1991).

De manera general, con la aplicación únicamente de azufre en sus diferentes dosis, se obtuvo menor altura en comparación a los demás tratamientos, disminuyendo ésta, conforme aumentó la cantidad aplicada de éste. Esto se debió posiblemente a que en la acidificación del pH se solubilizan iones como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  (Langdale et al., 1973) y esto hace que la CE aumente significativamente, lo cual pudo afectar la altura de las plantas de raigrás (Alonso et al., 1990).

En general, el comportamiento del testigo presentó plantas de porte bajo. Esto se atribuye a que el suelo presenta baja fertilidad, lo que afecta el desarrollo normal de los cultivos (Sánchez, 1989).

## 5.2 Diámetro de corona basal.

Las observaciones realizadas sobre el diámetro de la corona basal de la planta (cm) a través de los tres cortes se presentan en el Cuadro 2A del Apéndice. El análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) muestra que hubo diferencia no significativa para los tres cortes, con ( $\alpha=0.233$ ), ( $\alpha=0.426$ ) y ( $\alpha=0.441$ ), respectivamente. Las medias obtenidas se presentan en el Cuadro 3 y Figura 2.

En general, se observa que donde se hicieron aplicaciones de azufre en combinación con los fertilizantes se presentaron los mayores diámetros de corona, siendo para los dos primeros cortes el NA + 10 meq S, el mejor tratamiento. Esto se puede atribuir al efecto acidificante que en conjunto, estos dos elementos producen en el suelo (Sánchez, 1991), creando condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, teniendo con esto un mayor diámetro de corona basal.

## 5.3 Número de hijuelos.

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos sobre el número de hijuelos para los tres cortes, se presentan en el Cuadro 3A del Apéndice. Estas observaciones se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) y muestran diferencia no significativa ( $\alpha=0.113$ ), diferencia

CUADRO 3. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre el diámetro de la corona de la  
planta (cm) en los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	9.620 A	2.3551
	U + 10 meq S	9.200 A	
	Testigo	8.710 A	
	U + 5 meq S	8.565 A	
	NA + 5 meq S	8.502 A	
	5 meq S	8.460 A	
	10 meq S	8.370 A	
	U	8.020 A	
	NA	7.622 A	
SEGUNDO	NA + 10 meq S	10.810 A	3.1889
	10 meq S	10.790 A	
	U + 5 meq S	10.510 A	
	U + 10 meq S	10.390 A	
	NA + 5 meq S	10.382 A	
	Testigo	10.180 A	
	U	9.485 A	
	NA	9.205 A	
TERCERO	10 meq S	11.990 A	3.3619
	U + 5 meq S	10.760 A	
	U	10.272 A	
	NA	10.197 A	
	NA + 5 meq S	10.172 A	
	NA + 10 meq S	9.962 A	
	U + 10 meq S	9.800 A	
	Testigo	9.745 A	
	5 meq S	9.730 A	

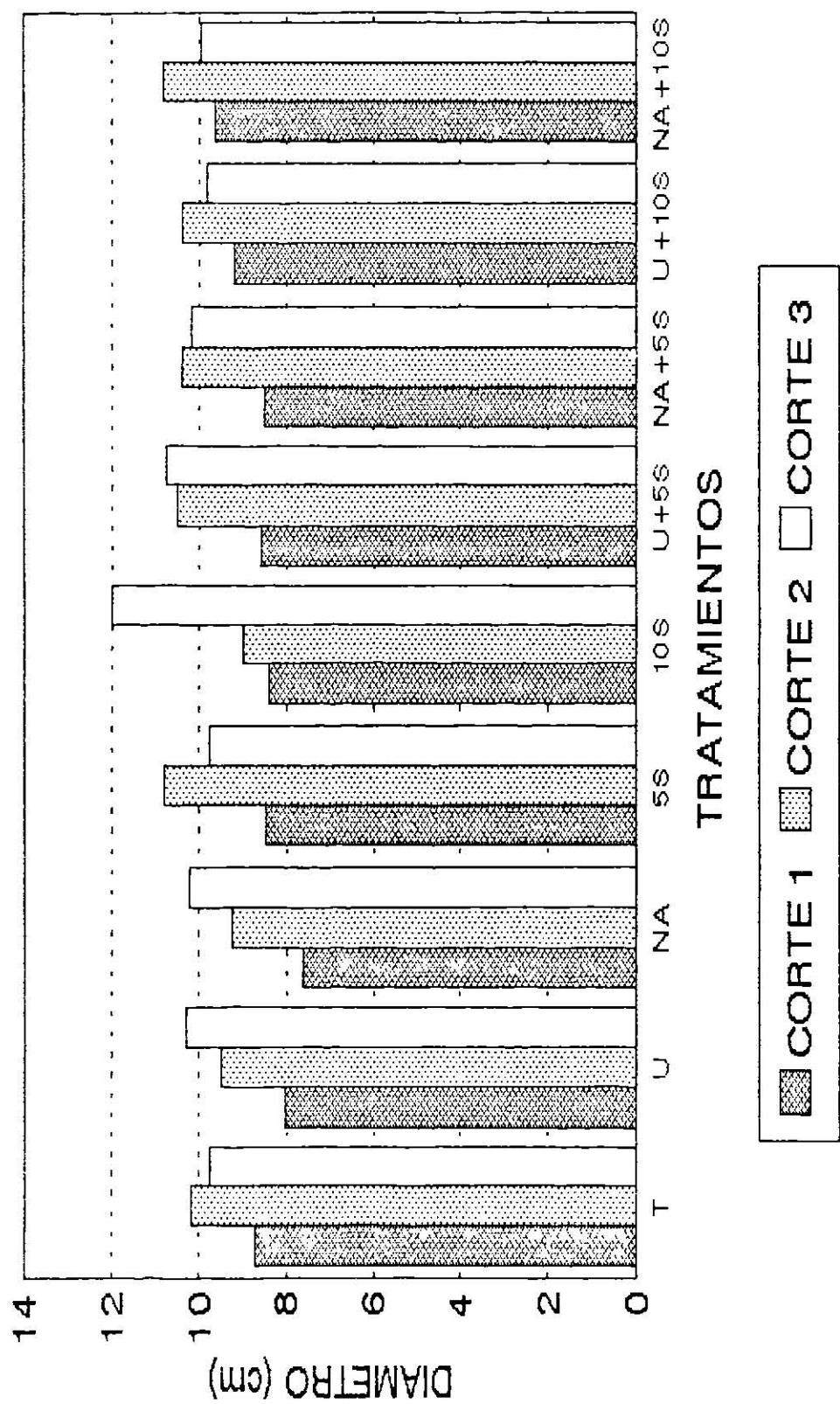


Figura 2. Efecto de los tratamientos probados sobre diámetro de corona en los tres cortes de raig rás. Tukey ( C1=2.3551, C2=3.1889, C3=3.3619 ).

altamente significativa ( $\alpha=0.008$ ) y diferencia significativa ( $\alpha=0.031$ ) en los tres cortes respectivamente. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$  y se presenta en el Cuadro 4 y Figura 3.

En general, se puede observar mayor respuesta en los tratamientos NA y U combinados con azufre, independientemente de la dosis, debido al efecto acidificante que produce la aplicación de estos productos.

Por otro lado, se puede observar que a través de los cortes el número de hijuelos es mayor, esto es debido a que una de las particularidades del raigrás es que conforme avanza su desarrollo tiende a producir mayor número de hijuelos (Torres, 1993) y también puede atribuirse al efecto residual de los fertilizantes ya que estos estimulan su desarrollo.

#### **5.4 Materia verde por planta.**

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos probados sobre el rendimiento de materia verde (g/planta) en los tres cortes se presentan en el Cuadro 4A del Apéndice. Estas observaciones se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) y muestran diferencia altamente significativa en el primer y segundo corte con  $\alpha=0.01$  y  $\alpha=0.002$  respectivamente; en el tercer corte no se encontró diferencia

CUADRO 4. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre el número de hijuelos en los  
tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	13.400 A	5.2314
	U + 10 meq S	12.800 A	
	U + 5 meq S	12.400 A	
	NA + 5 meq S	11.375 A	
	5 meq S	10.650 A	
	Testigo	10.250 A	
	10 meq S	9.750 A	
	NA	9.575 A	
	U	9.450 A	
SEGUNDO	U + 5 meq S	22.250 A	6.3199
	U + 10 meq S	20.900 A	
	NA + 10 meq S	20.800 A	
	U	18.800 AB	
	NA	18.275 AB	
	NA + 5 meq S	17.375 AB	
	5 meq S	17.000 AB	
	Testigo	16.800 AB	
	10 meq S	14.400 B	
TERCERO	U + 10 meq S	28.600 A	10.7563
	U + 5 meq S	26.500 A	
	NA + 10 meq S	26.000 A	
	U	24.575 A	
	NA	24.525 A	
	NA + 5 meq S	24.100 A	
	10 meq S	19.950 A	
	Testigo	19.050 A	
	5 meq S	18.100 A	

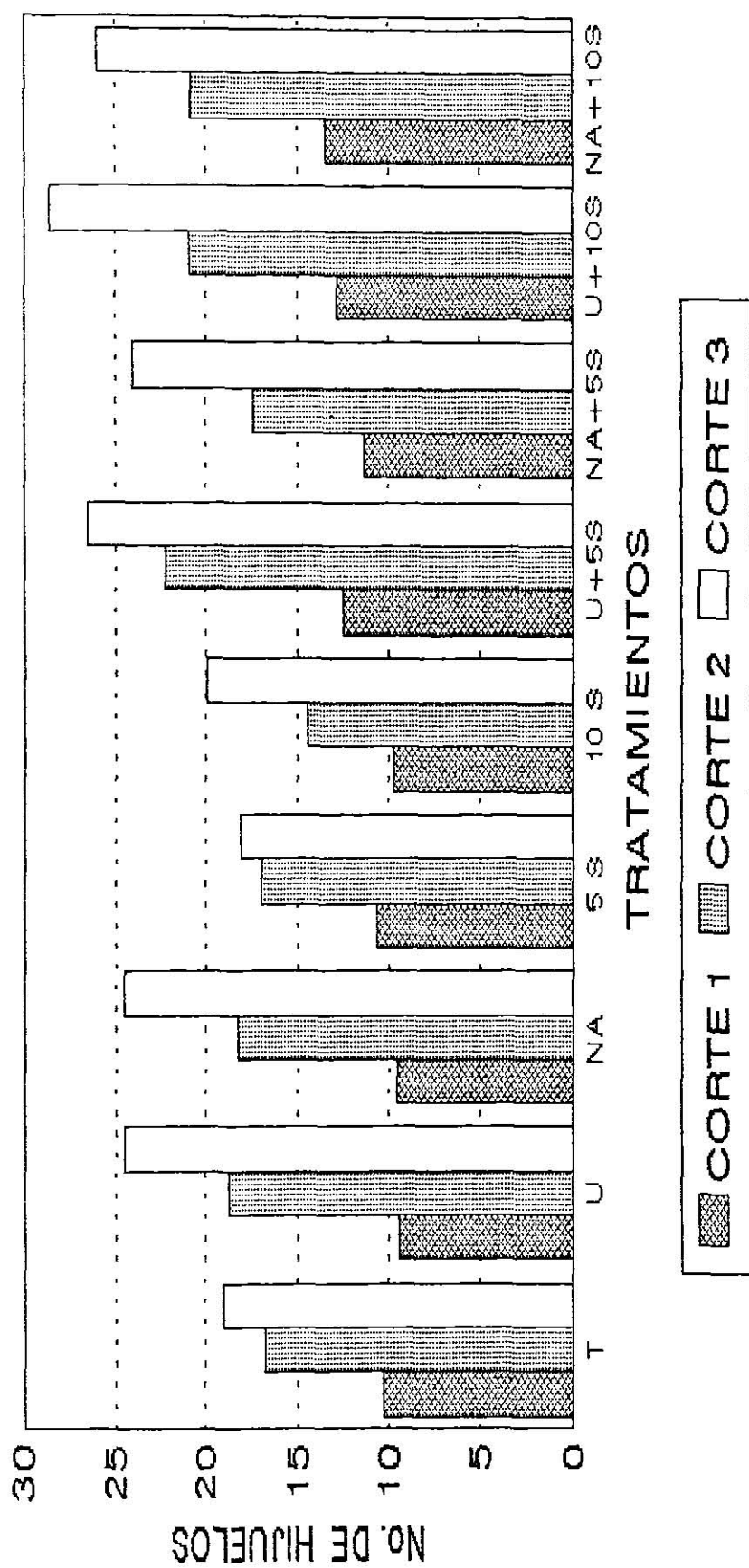


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre el número de hijuelos en los tres cortes de raigrás. Tukey ( $C1=5.2314$ ,  $C2=6.3199$ ,  $C3=10.7563$ ).

significativa ( $\alpha=0.154$ ). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$  y se presenta en el Cuadro 5 y Figura 4.

Los tratamientos probados, demostraron que donde se utilizó azufre combinado con los fertilizantes, se obtuvo la mayor producción de materia verde (g/planta).

En los tres cortes sobresalen los tratamientos U + 5 meq S y NA + 10 meq S, siendo más notorio el primero, esto se puede atribuir a que el efecto acidificante que produce la oxidación del azufre hace aprovechable el N contenido en la urea, esto se refleja en el incremento de materia verde por planta.

Albalate (1992), reportó que el mayor rendimiento de materia verde de sorgo, se logró con la aplicación de U + azufre, atribuyéndolo a la reducción en la velocidad de la hidrólisis de la urea causada por la disminución del pH del suelo; con ello se favorece mayor permanencia del N en el mismo, así como mayor disponibilidad de algunos micronutrientes (Díaz, 1991).

Puentes (1992), al aplicar al suelo una fórmula fertilizante con 5 kg de N a base de urea/100 kg y  $H_2PO_4$  disminuyó el pH de 7.8 a 7.2. Esto favoreció la solubilización de P,



CUADRO 5. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre el rendimiento de materia verde  
(g/planta) en los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	4.305 A	2.1551
	U + 10 meq S	3.645 AB	
	U + 5 meq S	3.395 AB	
	NA + 5 meq S	2.842 AB	
	5 meq S	2.830 AB	
	Testigo	2.610 AB	
	NA	2.307 AB	
	U	2.275 AB	
	10 meq S	1.715 B	
	SEGUNDO	U + 5 meq S	
NA + 10 meq S		8.584 A	
U + 10 meq S		8.336 A	
NA + 5 meq S		7.041 AB	
NA		7.022 AB	
U		6.992 AB	
5 meq S		6.261 AB	
Testigo		5.882 AB	
10 meq S		4.125 B	
TERCERO		U + 5 meq S	13.307 A
	NA	12.672 A	
	NA + 5 meq S	12.432 A	
	10 meq S	12.320 A	
	U + 10 meq S	11.647 A	
	NA + 10 meq S	11.305 A	
	U	11.272 A	
	Testigo	8.710 A	
	5 meq S	8.472 A	

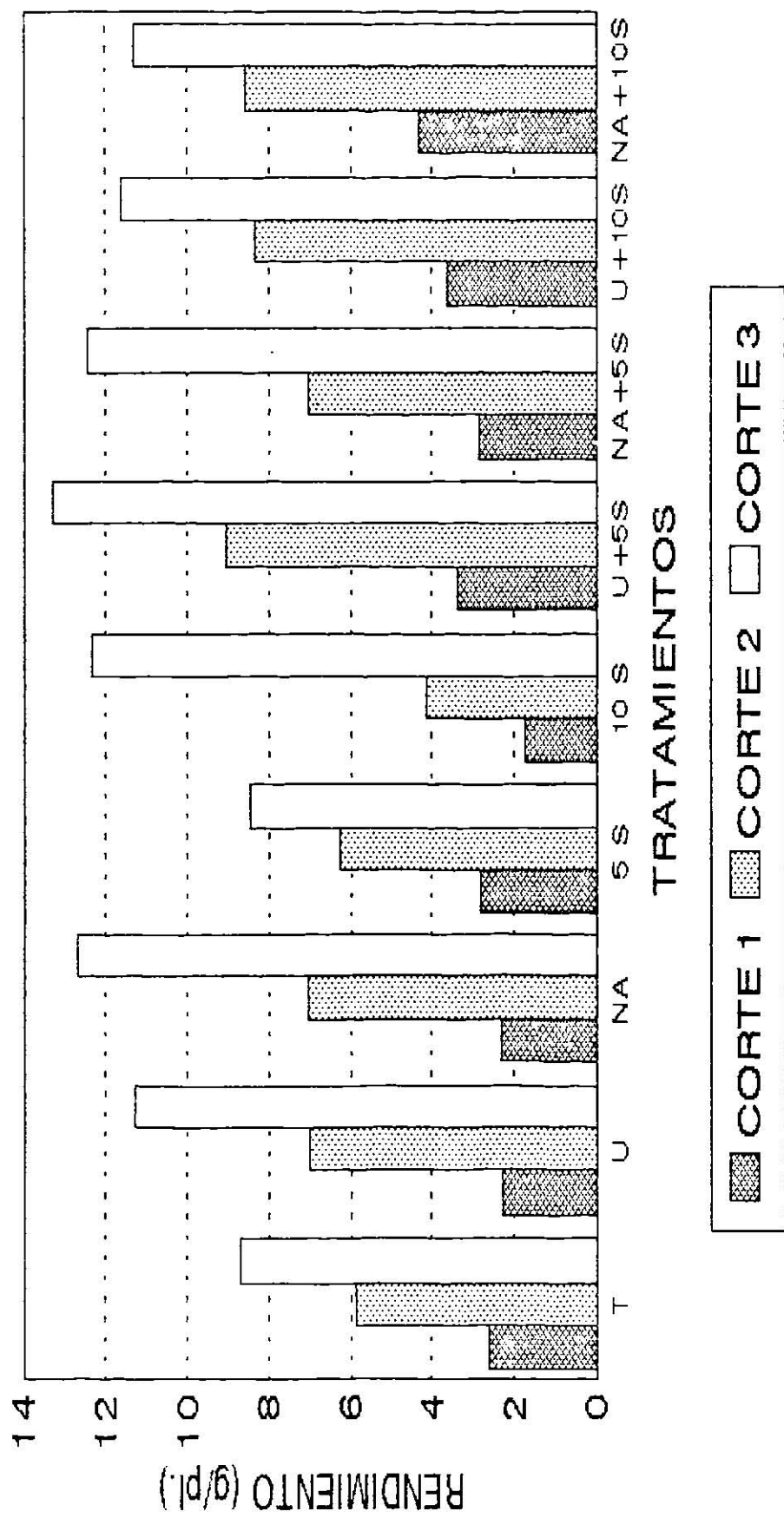


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia verde por planta en los tres cortes de raigrás. Tukey (C1 = 2.1551, C2 = 3.5313, C3 = 6.275).

Cu, Zn, B, Mg, Mn y Fe, entre otros, por lo que pueden ser aprovechados por las plantas (Stromberg y Tisdale, 1979).

Los fertilizantes y el azufre aplicados en forma separada, al igual que el testigo, presentaron baja producción de materia verde por planta, aunque ésta no fue estadísticamente diferente entre estos. Esto tal vez se deba a que el NA, U y S de manera individual no producen un efecto significativo tal que pueda lograr incrementar la producción de materia verde en las plantas.

El efecto del NA y U fue de bajo rendimiento de materia verde en los dos primeros cortes, atribuyéndolo a que su efecto acidificante no fue suficiente para que el N pudiera estar disponible para las plantas; mientras que en el tercer corte se obtuvo un mayor rendimiento, el cual se puede atribuir al efecto residual que pudieron causar estos fertilizantes.

Por otra parte, al aplicar únicamente 10 meq S se obtuvo la menor producción de materia verde (1.715 y 4.125 g) en los dos primeros cortes, lo cual es atribuible a la liberación de sales de Ca y Mn durante la oxidación del azufre (Langdale et al., 1973). Para el tercer corte la producción de materia verde fue mayor (12.32 g), debido tal vez al lavado de sales a través de los riegos, lo cual favoreció el desarrollo de las plantas; además de que la formación de sulfatos en el

suelo solubiliza al calcio, quedando así a disposición de las plantas (Teuscher, 1976).

### 5.5 Materia verde por maceta.

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos probados sobre la materia verde (g/maceta) en los tres cortes de raigrás, se presentan en el Cuadro 5A del Apéndice. El análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) muestra diferencia altamente significativa para el primer y segundo corte con  $\alpha=0.015$  y  $\alpha=0.006$  respectivamente, mientras que en el tercer corte hay diferencia significativa ( $\alpha=0.077$ ). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$  y se muestra en el cuadro 6 y Figura 5.

El rendimiento de materia verde por maceta se comportó de manera similar al rendimiento de materia verde por planta. Aquí se puede observar que el rendimiento se incrementa conforme se suceden los cortes atribuyendo esto, al hábito de amacollamiento que presentan las plantas a través de su ciclo de desarrollo (Torres, 1993) y al efecto residual de los fertilizantes, siendo consistente este comportamiento en las demás variables.

Con la aplicación de NA + 10 meq S se obtuvo la mayor producción de materia verde (g/maceta) en el primer corte y

CUADRO 6. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre el rendimiento de materia verde  
(g/maceta) en los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	21.525 A	11.0436
	U + 10 meq S	18.225 AB	
	U + 5 meq S	16.975 AB	
	5 meq S	14.150 AB	
	NA + 5 meq S	13.800 AB	
	Testigo	13.050 AB	
	U	11.375 AB	
	NA	11.000 AB	
	10 meq S	8.575 B	
SEGUNDO	U + 5 meq S	45.245 A	19.4073
	NA + 10 meq S	42.920 A	
	U + 10 meq S	41.682 A	
	U	34.962 AB	
	NA	33.610 AB	
	NA + 5 meq S	32.112 AB	
	5 meq S	31.307 AB	
	Testigo	29.412 AB	
	10 meq S	20.627 B	
TERCERO	U + 5 meq S	66.550 A	25.0140
	NA	58.707 A	
	U + 10 meq S	58.245 A	
	NA + 10 meq S	56.532 A	
	10 meq S	53.242 A	
	NA + 5 meq S	53.167 A	
	U	52.145 A	
	Testigo	43.547 A	
	5 meq S	42.362 A	

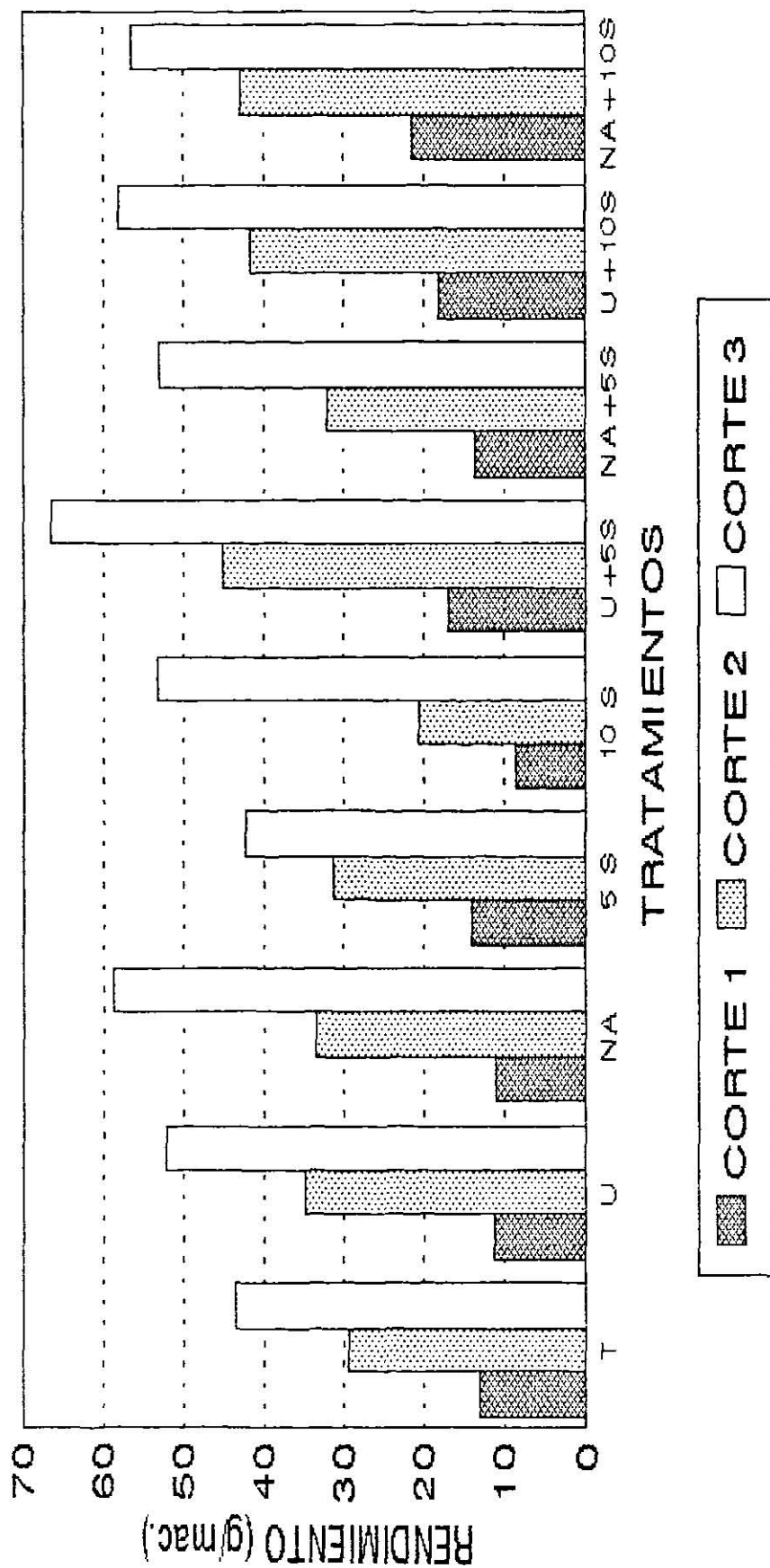


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia verde por maceta en los tres cortes de raigrás. Tukey (C1 = 11.0436, C2 = 19.4073, C3 = 25.0140).

descendió a través de los cortes, esto pudo ser debido a que la acidez producida por la oxidación del azufre disminuye conforme pasa el tiempo (Díaz, 1991), esto implica que el N no pueda ser aprovechado por las plantas; además de que la acumulación de  $\text{NH}_4^+$  cerca de la región radicular causa efectos tóxicos sobre las bacterias nitrificantes y posiblemente sobre las plantas (Ordóñez, 1961)

Al aplicar NA se incrementó la producción de materia verde a través de los cortes. Este comportamiento se puede atribuir a la residuabilidad y a la acidificación que se produce con la aplicación del mismo.

Por otra parte, la aplicación únicamente de 10 meq S presentó la menor producción de materia verde por maceta (8.575 y 20.627 g) en los dos primeros cortes, lo que se atribuye a la liberación de sales de Mn y Ca durante la oxidación del S (Langdale *et al.*, 1973), mientras que para el tercer corte se obtuvo una producción intermedia (53.242 g) con respecto a los demás tratamientos, lo cual se atribuyó al lavado de sales que ocurrió durante los riegos.

En cuanto a la aplicación de 5 meq S, se encontró que la producción promedio de materia verde disminuyó conforme a los cortes, esto se atribuyó a que el efecto acidificante del azufre disminuye conforme transcurre el tiempo (Díaz, 1991).

## 5.6 Materia seca por planta.

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos probados sobre la materia seca (g/planta) en los tres cortes de raigrás, se presentan en el Cuadro 6A del Apéndice. El análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) muestra diferencia significativa ( $\alpha=0.056$ ), altamente significativa ( $\alpha=0.001$ ) y diferencia no significativa ( $\alpha=0.550$ ) para los tres cortes, respectivamente. La comparación de medias se realizó según la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$  y se presenta en el cuadro 7 y Figura 6.

De manera general, se observa que cuando se aplicó azufre combinado con los fertilizantes la ganancia de materia seca (g/planta) fue superior a los tratamientos donde no se aplicó, esto puede ser debido al efecto acidificante del azufre y de los beneficios que trae consigo, tales como la transformación en el suelo del nitrógeno fertilizante a  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , así como la solubilización del  $\text{HPO}_4$  y algunos micronutrientes para ponerlos a disposición de las plantas (Sánchez et al., 1991).

Por otro lado, la mayor respuesta se encontró al aplicar la urea combinada con el azufre, esto se puede atribuir a que la acidificación del azufre hace posible el aprovechamiento del nitrógeno de la urea y por otro lado a la acidificación



CUADRO 7. Comparación de medias del efecto de tratamientos probados sobre el rendimiento materia seca (g/planta) en los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	1.190 A	0.8052
	U + 10 meq S	0.979 A	
	U + 5 meq S	0.972 A	
	NA + 5 meq S	0.774 A	
	5 meq S	0.717 A	
	U	0.606 A	
	Testigo	0.570 A	
	NA	0.549 A	
	10 meq S	0.402 A	
SEGUNDO	U + 10 meq S	1.792 A	0.7096
	U + 5 meq S	1.725 A	
	NA + 10 meq S	1.697 A	
	NA + 5 meq S	1.453 AB	
	NA	1.354 AB	
	U	1.318 AB	
	Testigo	1.203 AB	
	5 meq S	1.201 AB	
	10 meq S	0.776 B	
TERCERO	U + 5 meq S	3.812 A	1.6462
	NA + 5 meq S	3.802 A	
	10 meq S	3.785 A	
	NA	3.770 A	
	NA + 10 meq S	3.540 A	
	U + 10 meq S	3.420 A	
	U	3.295 A	
	Testigo	3.082 A	
	5 meq S	2.982 A	

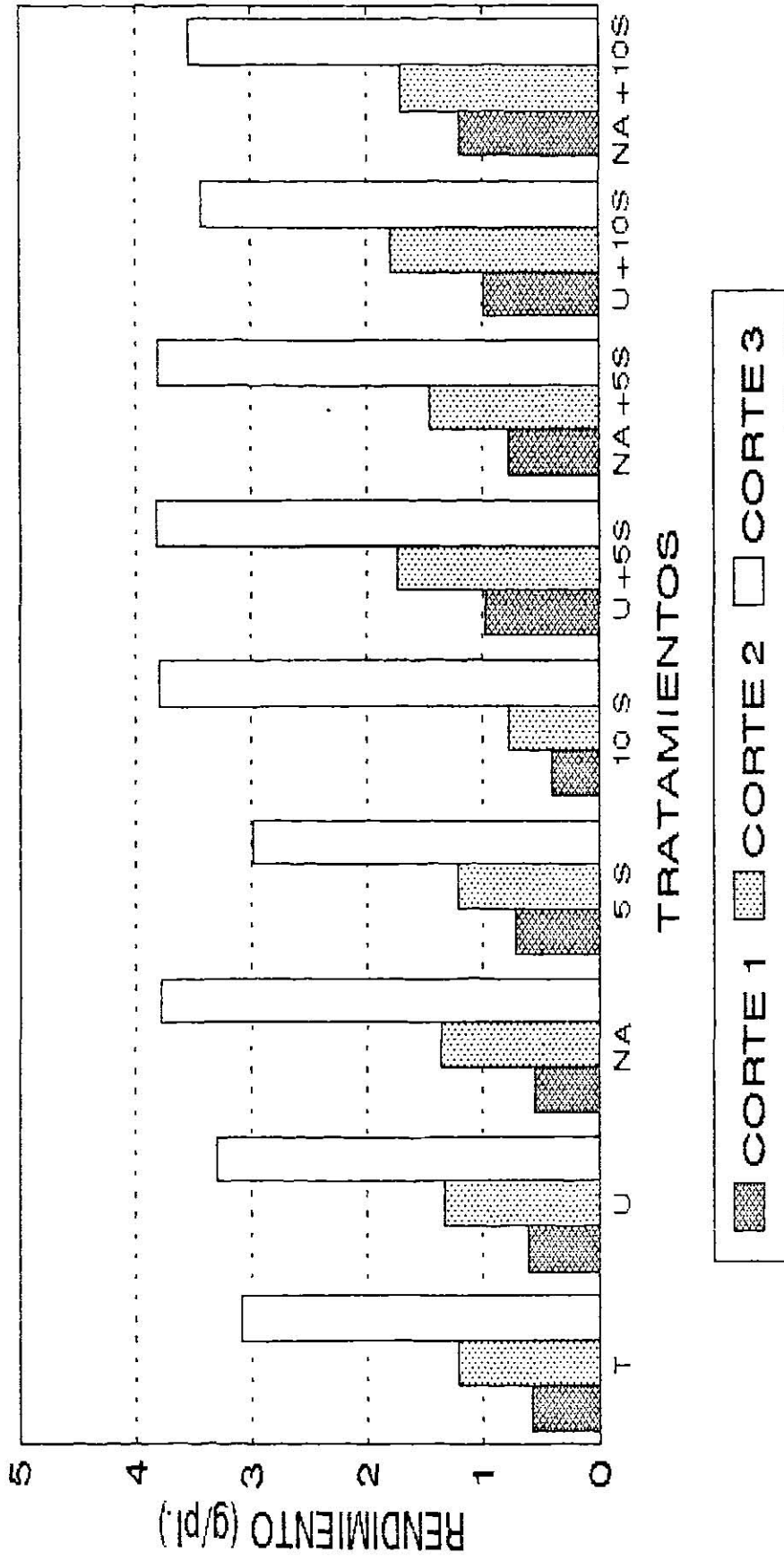


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca por planta en los tres cortes de raigrás. Tukey (C1=0.8052, C2=0.7096, C3=1.6462).

que produce la urea después de ser nitrificada por las bacterias del suelo (Rodríguez, 1982; Díaz, 1991), lo que se puede traducir en un mayor crecimiento de la planta y por lo tanto en ganancia de materia seca.

### 5.7 Materia seca por maceta.

Las observaciones tomadas del efecto de los tratamientos probados sobre la materia seca por maceta en los tres cortes de raigrás se presentan en el Cuadro 7A del Apéndice. Estas observaciones se sometieron al análisis de varianza (Cuadro 8A del Apéndice) y muestran diferencia significativa ( $\alpha=0.064$ ), altamente significativa ( $\alpha=0.007$ ) y diferencia no significativa ( $\alpha=0.593$ ) para los tres cortes, respectivamente. La comparación de medias se realizó según la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$  y se presenta en el Cuadro 8 y Figura 7.

El efecto de los tratamientos sobre materia seca por maceta es similar a los resultados obtenidos en materia seca por planta, presentando mayor respuesta las combinaciones de NA y U con azufre, en contraste con las aplicaciones en forma separada de azufre y los fertilizantes, al igual que el testigo. Pudiéndose atribuir esto al efecto acidificante que produce la combinación azufre - fertilizantes ya que hace posible la transformación del N a  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , las cuales resultan en gran parte de la microflora del suelo (Buckman, 1970),

CUADRO 8. Comparación de medias del efecto de los tratamien -  
tos probados sobre el rendimiento de materia seca  
(g/maceta) en los tres cortes de raigrás.

CORTE	TRATAMIENTO	MEDIA	TUKEY
PRIMERO	NA + 10 meq S	5.952 A	4.1320
	U + 10 meq S	4.897 A	
	U + 5 meq S	4.860 A	
	NA + 5 meq S	3.602 A	
	5 meq S	3.585 A	
	U	3.030 A	
	Testigo	2.852 A	
	NA 10 meq S	2.647 A 2.012 A	
SEGUNDO	U + 5 meq S	8.627 A	3.7285
	NA + 10 meq S	8.487 A	
	U + 10 meq S	7.710 A	
	U	6.592 AB	
	NA + 5 meq S	6.582 AB	
	NA	6.480 AB	
	Testigo	6.015 AB	
	5 meq S 10 meq S	6.007 AB 3.882 B	
TERCERO	U + 5 meq S	19.050 A	6.7236
	NA	17.535 A	
	U + 10 meq S	17.082 A	
	NA + 10 meq S	16.677 A	
	10 meq S	16.507 A	
	NA + 5 meq S	16.237 A	
	Testigo	15.425 A	
	U 5 meq S	15.330 A 14.912 A	

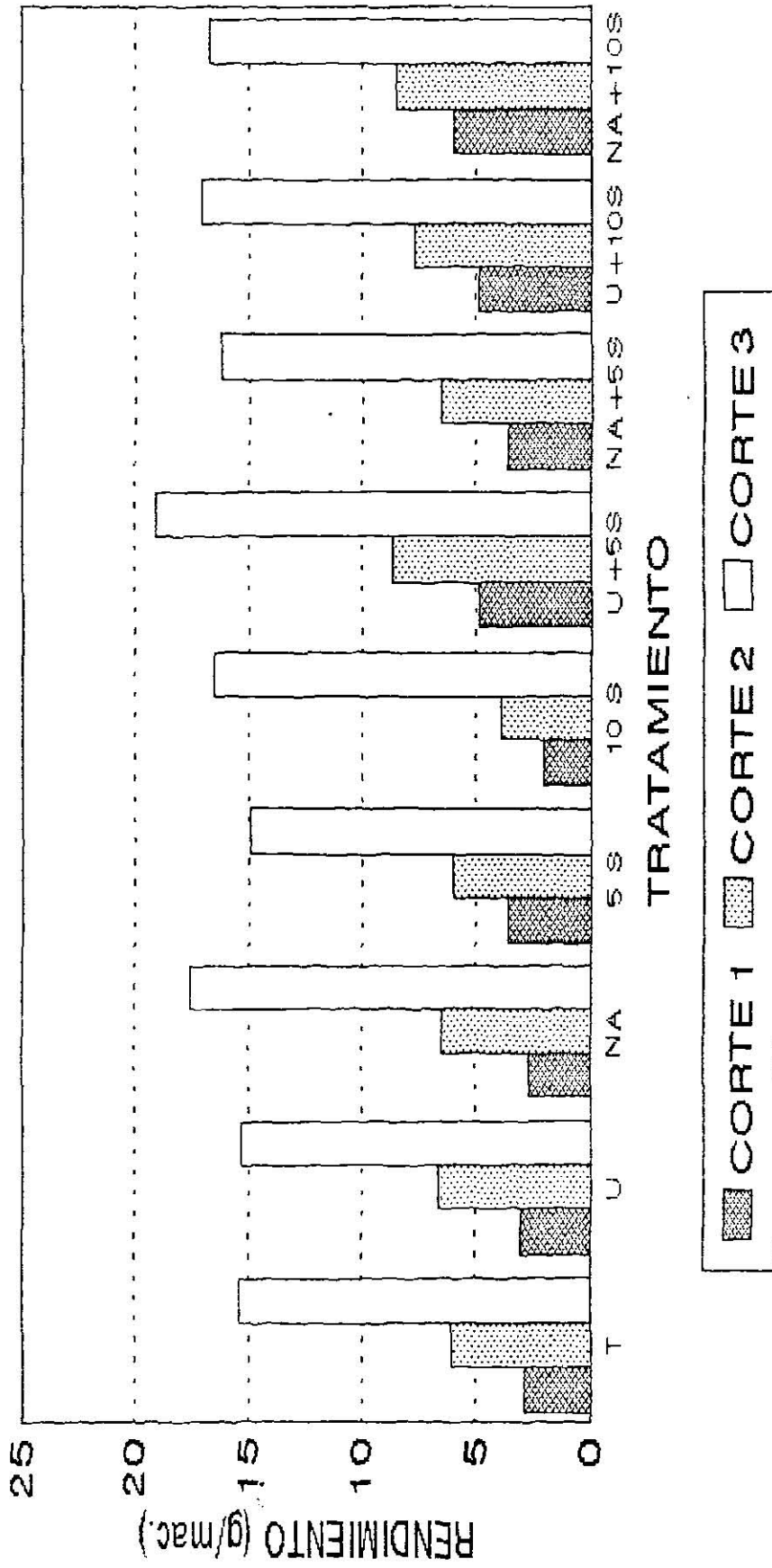


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca por maceta en los tres cortes de raigrás. Tukey ( $C1=4.1320$ ,  $C2=3.7285$ ,  $C3=6.7236$ ).

además de la solubilización de algunos micronutrientes los cuales pueden ser aprovechados en la nutrición de las plantas.

En forma general, se obtuvo mayor respuesta en las variables estudiadas conforme sucedían los cortes, esto se puede atribuir a las características de la planta como es el amacollamiento y la altura, entre otras (Torres, 1993), al efecto residual que pudieron causar los fertilizantes aplicados (NA y U) y al lavado de sales a causa de los riegos, en donde se hicieron aplicaciones de azufre.

Por otra parte, para las variables: materia verde y materia seca, por planta y maceta, respectivamente, se observó un fuerte aumento en la producción para el tercer corte, debido a que el cultivo se encontraba en etapa de floración, que es donde existe mayor cantidad de fibra, lo que produce mayor ganancia en peso de materia verde y seca.

## 6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este experimento, se puede concluir lo siguiente:

1. De manera general, se observó que existe un efecto acidificante positivo del azufre sobre el nitrato de amonio y urea, por lo que se rechaza la hipótesis 1.
2. La aplicación de nitrato de amonio y urea junto con el azufre, incrementan el rendimiento de materia verde y seca del pasto raigrás, por lo cual se rechaza la hipótesis 2.
3. La mayor respuesta en la mayoría de las variables estudiadas se obtuvo con la aplicación de nitrato de amonio + 10 meq de azufre; mientras que, en producción de materia verde y seca la combinación urea + azufre fue la mejor.
4. Se observó que la fuente nitrogenada, sin azufre, que presentó mejor respuesta en el raigrás fue el nitrato de amonio.
5. La mejor dosis de azufre aplicada en forma individual resultó ser la de 5 meq/100 g suelo.

6. Las mejores respuestas numericas en todas las variables para todos los tratamientos se obtuvieron en el tercer corte a excepción de la variable diámetro de la corona basal.



## 7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio y otros realizados previamente (Díaz, 1991; Albalate, 1992), se recomienda que la fertilización nitrogenada en suelos calcáreos se realice aplicando nitrato de amonio combinado con azufre (aproximadamente 10 meq/100 g) incubado dos semanas antes de la siembra, ó urea + 5 meq de azufre, pues con estas combinaciones se obtuvo mayor efecto acidificante en el suelo y mayor rendimiento de materia verde y seca con respecto al testigo.

En futuros estudios donde se trabaje con fertilizantes nitrogenados y azufre, se recomienda utilizar 10 meq de azufre combinados con diferentes dosis de nitrato de amonio y urea (0-300 kg N/ha), con la finalidad de encontrar una dosis óptima que cubra las deficiencias en los cultivos de la región.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Albalate, y de A.J.F. 1992. Efecto del azufre sobre el nitrógeno fertilizante en suelos calcáreos de Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. pp. 62 - 63.
- Alonso, G. P. 1990. Química. Ed. Mcgraw-Hill. Madrid, España. pp. 196 -200.
- Aranda, G. H., J. M. Pérez y A. Sánchez M. 1990. Teseachic. Revista técnica para el ganadero. Fac. de Zootecnia, U. A. de Chihuahua. Chihuahua, México. No 7. pp. 1-3.
- Buckman, H. O. y N. C. Brady. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España. p. 497.
- Buol, S. W.; F. D. Hole y R. J. McCracken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas. México. pp. 278 - 284.
- Cajuste, L. J.; R. Carrillo G; J. Cruz. D. y E. Osoreo C. 1991. Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de azufre y micronutrientes en suelos calcáreos. La investigación edafológica en México 1990-1991. Memoria. Pachuca, Hgo. p. 64.
- Cepeda, D. J. M.; 1991. Química de suelos. Ed. Trillas. México. p. 217.
- Díaz, H.R. 1991. Efecto del azufre sobre la nitrificación de los fertilizantes nitrogenados en suelos de Marín N.L. Tesis Profesional. FAUANL. pp. 66, 67.
- Fassbender, H. W. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica. Instituto de Cooperación para la Agricultura. p. 236.
- Fenn, L. B. y D. E. Kissel. 1976. The influence of cation exchange and depth of incorporation on ammonia volatilization from ammonium compounds applied to calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. No. 40. pp. 394 - 397.
- Fernández, L. C. 1982. Mejoramiento y estabilización de suelos. Ed. LIMUSA. México. pp. 49-56.

- Foth, H.D. 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3a. Ed. CECSA. México. pp. 134, 217.
- Fundora, H.O., N.A. Pina y J.M. de Armas. 1983. Agroquímica. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 59.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México. pp. 47 - 51.
- Jacob, A. y H.V. Vexkull. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4a. Edición. Ed. EURAM. México. pp. 68 - 70.
- Langdale, G.W., J.R. Thomas and T.G. Littleton. 1973. Nitrogen metabolism of stargrass as affected by nitrogen and soil salinity. *Agronomy Journal* 65:468-470.
- Macías, V. M. 1964. Suelos de la República Mexicana. Esc. Nal. de Agricultura. Chapingo, México. pp. 81, 82 y 105.
- Ordoñez, A.J. 1961. Aplicación de azufre inoculado y flor de azufre a 6 diferentes niveles respectivamente, para establecer su comportamiento como acidificantes y sus relaciones en la aprovechabilidad del N y P en suelos no lixiviados. Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Universidad de Coahuila. Buena Vista, Saltillo, Coah. México. p 29.
- Ortiz, V.B. 1985. Problemas de fertilidad y nutrición de plantas en suelos arcillosos. Manejo de suelos arcillosos y su implicación en la agricultura. UACH, SARH, CPCH, Memorias. Celaya, Gto. pp. 226 -230.
- Puentes, M. R. 1992. Efecto de los fertilizantes líquidos sobre el sorgo forrajero en suelos calcáreos de Marín N.L. Tesis Profesional FAUANL. pp. 58-59.
- Reynoso, R. 1978. Respuesta de la cebada (Hordeum vulgare L.) a aplicaciones de azufre y sulfato en suelos con deficiencias nutrimentales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 105.
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes y nutrición vegetal. Ed. A.G.T. México. p. 150.

- Sánchez, A. E. J. 1989. Dinámica de urea y sulfato de amonio en suelos calcáreos de N.L. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 155.
- Sánchez, A. E. J. y H. Rodríguez F. 1991. La oxidación del azufre en suelos calcáreos de Marín N. L. La investigación edafológica en México 1990-1991. Memoria. SNCS. Pachuca, Hgo. Nov. p. 65.
- Sánchez, A. E. J. ; H. Rodríguez F. y U. López D. 1992. Efecto del azufre y de los fertilizantes nitrogenados sobre el contenido nutrimental del cultivo de sorgo forrajero var. Cow Hand. La investigación edafologica en México 1991-1992, Memoria. SNCS. Acapulco, Gro. Nov. p. 131.
- Sánchez, A. E. J. 1993. Apuntes del curso de fertilidad de suelos. FAUANL. Marín, N.L. (Material no publicado).
- Sánchez, P. A. 1981. Suelos del trópico. I.I.C.A. San José, Costa Rica. pp. 287-290.
- Serrato, T. C. 1989. Fertilización nitrogenada en la variedad Tecmon-1 de girasol (Helianthus annuus L.) en Marín, N.L. Tesis Profesional FAUANL. p. 77.
- Stromberg, L.K. and S.L. Tisdale. 1979. Treating irrigated arid land soils with acid forming sulphur compounds. Bulletin number 24. The sulphur institute. Washington. p. 26.
- Teuscher, H. y R. Adler. 1976. El suelo y su fertilidad. Ed. CECSA. México. p. 277.
- Thompson, L. M. 1962. El suelo y su fertilidad. Ed. REVERTE, S.A. Barcelona. pp. 168-171.
- Tisdale, S. E. y W. L. Nelson. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. México pp. 310-324 y 354.
- Torres, R. L. 1993. Comparación productiva de cinco variedades de zacate Rye grass anual (Lolium multiflorum Lam.) en la región de Marín México. Tesis profesional FAUANL. pp. 1-7, 20-24.

## 9. APENDICE

CUADRO 1A. Datos observados en altura de planta (cm) en el  
pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	19.96	21.46	25.56	24.60
	2	19.18	22.08	19.44	19.52
	3	20.94	23.98	21.28	20.10
	4	23.06	24.04	24.86	27.88
	5	19.86	23.76	21.64	22.12
	6	24.32	19.68	28.60	29.78
	7	23.86	28.04	22.70	27.92
	8	22.52	30.34	27.62	21.06
	9	28.64	26.50	24.86	32.94
SEGUNDO					
	1	24.26	26.76	28.16	30.02
	2	25.14	27.50	24.52	29.02
	3	27.82	29.14	27.66	24.62
	4	23.60	29.48	28.80	28.66
	5	22.76	24.18	25.88	24.60
	6	29.56	29.02	27.32	31.46
	7	29.20	29.12	25.98	31.92
	8	24.76	30.64	30.02	27.22
	9	30.06	30.22	26.64	29.68
TERCERO					
	1	34.26	30.00	32.56	39.40
	2	27.26	30.00	31.04	33.77
	3	34.12	35.54	31.96	37.00
	4	34.22	38.00	34.88	35.02
	5	34.46	38.36	44.08	37.46
	6	37.62	32.58	33.24	35.34
	7	35.20	33.90	40.50	35.54
	8	31.00	33.06	30.86	36.06
	9	41.00	34.07	37.00	38.94

CUADRO 2A. Datos observados en diámetro de corona (cm) en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	7.06	8.02	10.34	9.42
	2	8.88	8.36	7.64	7.20
	3	7.08	7.68	7.46	8.27
	4	8.02	8.24	8.72	8.86
	5	7.68	9.08	8.00	8.72
	6	8.56	6.96	9.14	9.60
	7	8.03	8.84	8.00	9.14
	8	8.44	11.06	9.96	7.34
	9	10.14	9.32	8.40	10.62
SEGUNDO					
	1	9.76	8.04	11.22	11.70
	2	7.86	9.74	9.06	11.28
	3	10.36	9.58	9.84	7.04
	4	10.12	11.24	9.98	11.82
	5	7.72	8.78	8.64	10.76
	6	10.46	10.22	10.84	10.52
	7	10.93	11.14	9.06	10.40
	8	9.96	12.02	12.10	7.48
	9	10.92	11.16	9.36	11.80
TERCERO					
	1	10.32	9.58	8.72	10.36
	2	7.64	9.36	12.62	11.47
	3	12.26	7.92	10.06	10.55
	4	11.64	8.68	9.46	9.14
	5	12.20	10.82	13.28	11.66
	6	9.52	12.42	12.14	8.96
	7	9.36	9.38	9.77	12.18
	8	10.72	8.70	10.46	9.32
	9	10.48	9.97	10.50	8.90

CUADRO 3A. Datos observados en número de hijuelos en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	8.8	11.6	11.4	9.2
	2	9.6	10.6	9.6	8.0
	3	10.6	9.6	7.6	10.5
	4	12.2	11.0	8.4	11.0
	5	11.4	8.4	10.6	8.6
	6	11.4	8.6	16.0	13.6
	7	7.3	12.6	13.4	12.2
	8	12.2	14.0	17.0	8.0
	9	14.6	13.4	14.0	11.6
SEGUNDO					
	1	15.6	17.2	19.2	15.2
	2	21.4	18.6	17.8	17.4
	3	19.2	17.6	17.8	18.5
	4	17.8	19.0	13.8	17.4
	5	17.4	15.0	14.6	10.6
	6	21.0	21.2	25.2	21.6
	7	13.3	19.2	18.2	18.8
	8	21.8	20.2	27.4	14.2
	9	22.0	21.0	21.6	18.6
TERCERO					
	1	19.2	21.8	20.2	15.0
	2	24.4	19.6	23.8	30.5
	3	22.8	17.6	27.0	30.7
	4	21.6	20.2	15.6	15.0
	5	26.6	19.8	19.0	14.4
	6	24.4	27.6	29.0	25.0
	7	27.6	22.0	24.0	22.8
	8	30.2	29.0	37.8	17.4
	9	25.4	29.2	25.6	23.8

CUADRO 4A. Datos observados en materia verde (g/planta) en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	1.98	2.50	2.66	3.30
	2	1.86	3.56	1.82	1.86
	3	2.30	2.62	2.14	2.17
	4	2.74	2.46	1.86	4.26
	5	1.86	1.56	1.76	1.68
	6	2.12	2.30	4.44	4.72
	7	1.67	3.76	2.38	3.56
	8	3.66	5.02	4.26	1.64
	9	4.70	4.72	4.14	3.66
SEGUNDO					
	1	4.78	6.13	5.89	6.71
	2	5.74	7.99	5.30	8.92
	3	7.25	7.83	7.00	6.00
	4	4.79	7.32	5.41	7.52
	5	4.38	4.35	4.50	3.25
	6	7.89	8.33	9.46	0.50
	7	6.19	7.43	6.34	8.20
	8	6.89	11.22	10.68	4.54
	9	8.99	9.62	8.29	7.41
TERCERO					
	1	8.44	8.54	8.32	9.54
	2	6.52	12.05	9.62	16.90
	3	12.64	10.48	8.90	18.67
	4	8.77	9.22	8.36	7.54
	5	16.73	11.26	11.57	9.72
	6	15.68	12.58	11.99	2.98
	7	11.70	13.96	12.67	11.40
	8	11.78	13.78	12.69	8.34
	9	14.33	11.20	8.76	10.93



CUADRO 5A. Datos observados en materia verde (g/maceta) en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	9.9	12.5	13.3	16.5
	2	9.3	17.8	9.1	9.3
	3	11.5	13.1	10.7	8.7
	4	13.7	12.3	9.3	21.3
	5	9.3	7.8	8.8	8.4
	6	10.6	11.5	22.2	23.6
	7	6.7	18.8	11.9	17.8
	8	18.3	25.1	21.3	8.2
	9	23.5	23.6	20.7	18.3
SEGUNDO					
	1	23.92	30.68	29.47	33.58
	2	28.72	39.99	26.51	44.63
	3	36.27	39.15	35.0	24.00
	4	23.96	36.61	27.0	37.60
	5	21.91	21.78	22.53	16.29
	6	39.48	41.69	47.30	52.51
	7	18.57	37.16	31.71	41.01
	8	34.47	56.10	53.43	22.73
	9	44.99	48.14	41.48	37.07
TERCERO					
	1	42.20	42.70	41.59	47.70
	2	32.61	60.24	48.10	67.63
	3	63.21	52.40	44.52	74.70
	4	43.84	46.12	41.80	37.69
	5	50.21	56.30	57.85	48.61
	6	78.42	62.91	59.95	64.92
	7	35.12	69.82	50.71	57.02
	8	58.90	68.90	63.45	41.73
	9	71.65	56.03	43.80	54.65

CUADRO 6A. Datos observados en materia seca (g/planta) en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	0.41	0.51	0.73	0.61
	2	0.57	0.94	0.57	0.34
	3	0.67	0.76	0.35	0.40
	4	0.53	0.49	0.38	1.45
	5	0.41	0.33	0.46	0.39
	6	0.84	0.45	1.12	1.46
	7	0.54	1.00	0.65	0.90
	8	0.71	1.88	0.83	0.48
	9	1.49	1.04	1.17	1.04
SEGUNDO					
	1	0.94	1.27	1.18	1.41
	2	1.08	1.50	1.06	1.62
	3	1.38	1.57	1.28	1.17
	4	0.86	1.39	1.00	1.54
	5	0.78	0.90	0.82	0.60
	6	1.56	1.50	1.79	2.04
	7	1.37	1.50	1.24	1.70
	8	2.26	2.06	1.96	0.88
	9	1.90	1.80	1.68	1.40
TERCERO					
	1	2.87	3.16	2.97	3.33
	2	1.84	3.68	2.99	4.67
	3	3.87	3.13	2.78	5.30
	4	2.76	3.26	3.06	2.85
	5	4.85	3.43	3.54	3.32
	6	4.41	3.68	3.43	3.73
	7	3.46	4.09	4.21	3.45
	8	3.43	3.59	3.93	2.73
	9	4.16	4.04	2.83	3.13

CUADRO 7A. Datos observados en materia seca (g/maceta) en el pasto raigrás.

CORTE	T	REPETICIONES			
PRIMERO					
	1	2.09	2.59	3.65	3.08
	2	2.86	4.71	2.85	1.70
	3	3.37	3.82	1.78	1.62
	4	2.67	2.49	1.92	7.26
	5	2.06	1.69	2.34	1.96
	6	4.23	2.26	5.62	7.33
	7	1.63	5.02	3.26	4.50
	8	3.56	9.43	4.16	2.44
	9	7.48	5.23	5.89	5.21
SEGUNDO					
	1	4.72	6.36	5.92	7.06
	2	5.41	7.50	5.32	8.14
	3	6.91	7.86	6.44	4.71
	4	4.32	6.99	5.01	7.71
	5	3.90	4.51	4.11	3.01
	6	7.82	7.52	8.96	10.21
	7	4.11	7.51	6.20	8.51
	8	6.31	10.31	9.81	4.41
	9	9.51	9.01	8.42	7.01
TERCERO					
	1	14.35	15.83	14.85	16.67
	2	9.22	18.41	14.99	18.70
	3	19.36	15.63	13.92	21.23
	4	13.81	16.32	15.29	14.23
	5	14.57	17.13	17.71	16.62
	6	22.03	18.41	17.13	18.63
	7	10.38	20.47	16.85	17.25
	8	17.13	17.93	19.64	13.63
	9	20.78	16.11	14.17	15.65

CUADRO 8A. Resumen de los análisis de varianza que muestra los cuadrados medios y el coeficiente de variación de las variables medidas en el experimento con el pasto raigrás. En todos los casos los grados de libertad (GL) fueron 27.

CORTE	VARIABLE	TRATA.	ERROR	C.V. ( % )
1	Altura de la p.	26.6408**	8.6841	12.26
	Diámetro de la c.	1.3877N.S.	0.9770	11.54
	No. de hijuelos	8.8671N.S.	4.8212	19.83
	Materia verde pl.	2.5044**	0.8182	31.40
	Materia verde m.	64.4089**	21.4858	32.42
	Materia seca pl.	0.2557*	0.1142	44.98
	Materia seca m.	6.4982*	3.0077	46.67
2	Altura de la p.	9.8281*	4.6603	7.80
	Diámetro de la c.	1.8800N.S.	1.7915	13.27
	No. de hijuelos	24.2336**	7.0364	14.32
	Materia verde pl.	9.2715**	2.1968	21.07
	Materia verde m.	236.4780**	66.3537	23.50
	Materia seca pl.	0.4131**	0.0887	21.40
	Materia seca m.	8.4453**	2.4490	23.32
3	Altura de la p.	24.3378**	8.3111	8.24
	Diámetro de la c.	2.0457N.S.	1.9911	13.71
	No. de hijuelos	52.6948*	20.3827	19.22
	Materia verde pl.	11.5197N.S.	6.9381	23.20
	Materia verde m.	226.6191*	110.2297	19.50
	Materia seca pl.	0.4177N.S.	0.4774	19.74
	Materia seca m.	6.5251N.S.	7.9642	17.07

\*\* Diferencia altamente significativa

\* Diferencia significativa

N.S. Diferencia no significativa

FE DE ERRATAS

PAGINA	DICE	DEBE DECIR
69	p.	planta
69	c.	corona
69	pl.	/planta
69	m.	/maceta



