

EFFECTO DEL NITROGENO Y DEL CORTE EN LA PRODUCCION
Y COMPOSICION DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA
(*Cynodon plectostachyus* (K. Shum) Pilger)

Tesis de Grado
MAGISTER SCIENTIAE

Fabio Ricardo Ricardo



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1973

EFEECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y DEL CORTE EN
LA PRODUCCION Y COMPOSICION DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA
(Cynodon plectostachyus (K. Shum) Pilger)

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

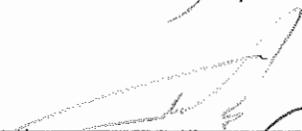
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



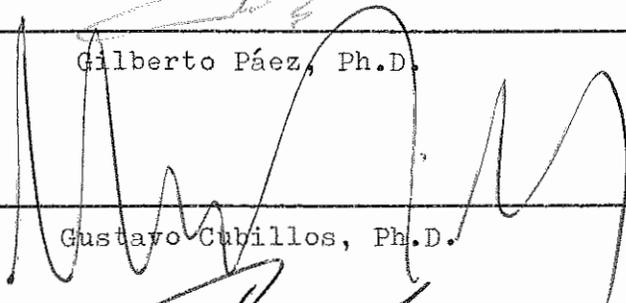
Rufo Bazán S., Ph.D.

Consejero



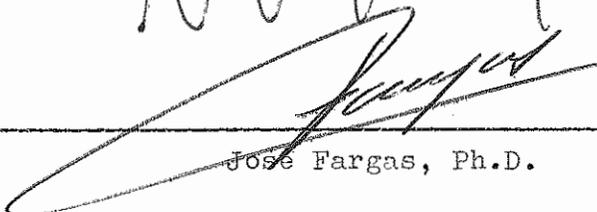
Gilberto Páez, Ph.D.

Comité



Gustavo Cabillos, Ph.D.

Comité



José Fargas, Ph.D.

Comité

Junio, 1973

DEDICATORIA

A NENA con todo mi cariño

A mis queridos padres y hermanos

A la memoria de mi tía Irene

A Antonio y Maruja

A Alfredo, Otto y Aura

RECONOCIMIENTO

Mi agradecimiento más sincero:

Al programa IICA-TROPICOS y Zona Andina por haber otorgado la beca para mis estudios. A mi profesor y Consejero Principal, Dr. Ruffo Bazán S. en quien encontré siempre oportuna y acertada dirección para la realización de mi trabajo. Para los Dres. Gustavo Cubillos y José Fargas, miembros del Comité, por su empeño, orientación y revisión del texto.

Se deja testimonio del agradecimiento que el autor debe al Dr. Gilberto Páez por su desinteresada e invaluable colaboración.

Para los Dres. Mario Blasco L. y Jorge Soria V., quienes pertenecieron al Comité y cooperaron en el desarrollo de esta investigación.

A los Dres. Guillermo Guerra, Armando Samper y Elemer Bornemisza, por haber contribuido en mis propósitos de estudio.

Agradezco a la Secretaría de Enseñanza, a los técnicos y auxiliares del IICA-CIDIA, sus inestimables servicios. A los auxiliares del Centro de Computación y Estadística y del Laboratorio de Suelos, lo mismo que al señor Víctor López.

A todos mis profesores y compañeros de estudios en el IICA. A los muchos amigos de Costa Rica. Para todos ellos: MUCHAS GRACIAS.

El autor

BIOGRAFIA

El autor nació en el Municipio de CAIMITO, Departamento de Sucre, Colombia, el 27 de enero de 1938. Allí cursó sus estudios primarios en el Colegio San José hasta el año 1950.

En el Liceo Nacional Marco Fidel Suárez de Medellín, Colombia, obtuvo el título de Bachiller en el año 1956.

En 1962 se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. El mismo año ingresó al Ministerio de Agricultura de su país y ocupó los siguientes cargos: Ing. Agr. de la Campaña Nacional de Pastos y Forrajes, Supervisor de Cultivos, Jefe de Programas Agrícolas Regional, y Asesor de la División Nacional de Cultivos hasta octubre de 1967. En noviembre de 1967 se posesionó del cargo de Secretario de Agricultura y Ganadería de su Departamento hasta setiembre del año 1968 y pasó luego a desempeñar el cargo de Ing. Agrónomo Jefe Seccional de Empresa Abonos Colombianos S. A., hasta 1970, año en que ingresó a la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín en la cátedra de Cultivos Tropicales. Inició sus estudios en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en el mes de setiembre de 1971 y obtuvo el título de Magister Scientiae en julio de 1973.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades sobre el pasto Estrella Africana (<u>Cynodon plectostachyus</u> (K. Shum) Pilger)	3
2.2 La fertilización nitrogenada en la producción de los pastos	5
2.3 Efecto de la altura y frecuencia de corte en el rendimiento de las pasturas	12
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1 Descripción general del área	20
3.1.1 Localización y características	20
3.2 Procedimiento	20
3.2.1 Material vegetal y suelo	20
3.2.2 Diseño de tratamientos y diseño experimental	21
3.2.3 Manejo del experimento	23
3.2.3.1 En el campo	23
3.2.3.2 En el laboratorio	23
3.2.3.3 Composición botánica	24
3.2.4 Medición de las respuestas	25
3.2.5 Análisis de tendencia	25
3.2.6 Modelo de análisis de la información ...	26
3.2.7 Aspectos generales de la metodología usada	29
4. RESULTADOS	34
4.1 Propiedades físicas y químicas del suelo	34
4.2 Condiciones meteorológicas	34
4.3 Efecto de los tratamientos sobre la produc- ción de forraje verde y materia seca	34

4.4	Efecto de los tratamientos en el contenido de proteína	46
4.5	Efecto de los tratamientos sobre la composición química	47
4.6	Efecto de los tratamientos en la composición botánica	53
5.	DISCUSION	55
5.1	Consideraciones sobre la medida de los parámetros de comparación	55
5.2	Rendimiento y porcentajes de materia seca en el pasto y producción de forraje verde	56
5.3	Contenido de proteína	65
5.4	Composición química	68
5.5	Composición botánica	72
6.	CONCLUSIONES	75
7.	RESUMEN	77
7a.	SUMMARY	79
8.	LITERATURA CITADA	81
	APENDICE	88

LISTA DE CUADROS

TEXTO

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Características físicas y químicas del suelo	35
2	Producción y tasas de producción de forraje verde, materia seca y proteína cruda clasificado por tratamientos	36
3	Coefficientes de la función de producción según modelo de segundo orden en cuatro variables	38
4	Composición química y tasas de producción de los diferentes elementos analizados en el forraje seco	49
5	Composición botánica (base materia seca)	54

LISTA DE TABLAS

Tabla N^o

1	Valor estimado de la producción de forraje verde en toneladas por hectárea por medio del modelo de segundo orden en cuatro variables	42
2	Valor estimado de la producción de materia seca en toneladas por hectárea por medio del modelo de segundo orden en cuatro variables	45a
3	Valor estimado de la producción de proteína cruda en porcentaje por medio del modelo de segundo orden en cuatro variables	46a

LISTA DE CUADROS

APENDICECuadro N^o

1	Características físicas del suelo del área experimental	89
---	---	----

Cuadro Nº		<u>Página</u>
2	Características químicas del suelo del área experimental	90
3	Datos meteorológicos desde el inicio hasta diciembre de 1971	91
4	Datos meteorológicos de 1972	92
5	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta forraje verde	93
6	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable materia seca	94
7	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable proteína	95
8	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta calcio	96
9	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta azufre	97
10	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta manganeso	98
11	Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta aluminio	99

LISTA DE FIGURAS

Figura No		<u>Página</u>
1	Ilustración de algunos casos típicos de tendencias de producción cronológica de forraje	27
2	Relación entre la cantidad y calidad de forraje y la cantidad de productos animales por hectárea	32
3	Representación de las relaciones naturales entre los factores pasto, animal y manejo que determinan la producción por ha de carne, leche o lana	33
4	Producción de forraje verde	39
5	Producción de forraje verde	40
6	Rendimiento de materia seca	45b
7	Rendimiento de materia seca	45c
8	Tendencias de porcentaje de materia seca analizado en el forraje	46b
9	Tendencias de porcentaje de proteína en el forraje seco	46b
10	Cambios en la composición botánica	54a

1. INTRODUCCION

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de la ganadería es el relacionado con la producción y utilización de los pastos. Este factor tiene que ver no sólo con el índice de rendimiento del hato, sino con la capacidad de producción de la tierra. En América Latina los pastizales constituyen la segunda categoría más grande de su vegetación después de los bosques. Los pastos, hierbas de las sabanas, estepas y praderas representan el 30 por ciento de la vegetación nativa y alberga cerca del 20 por ciento del ganado vacuno del mundo.

La utilización adecuada de los recursos a nuestro alcance, como suelo y clima unidos a un manejo adecuado de la planta para obtener resultados expresados en términos de producción animal, es parte de la problemática de los pastos y forrajes del trópico americano.

En la obtención de forrajes de alto rendimiento el nitrógeno se considera como el principal elemento. Sin embargo, las dosis y las frecuencias de aplicación de este elemento deben ser adecuadas. Grandes aplicaciones de fertilizantes además de ser costosas pueden perjudicar a la planta y alterar las producciones posteriores.

La frecuencia de corte de los pastos tiene su efecto sobre la respuesta de éstas a la fertilización. La altura de corte también tiene su efecto en la producción, composición y aún en la supervivencia de la pradera.

El pasto Estrella Africana ha tenido buena aceptación en las áreas del trópico donde se ha logrado establecer. La información disponible sobre esta forrajera es relativamente escasa, lo mismo que

las investigaciones efectuadas sobre requerimientos de fertilizantes, época de aplicación, altura y frecuencia de corte. Por tal motivo, la presente investigación se ha orientado hacia aspectos relacionados con el manejo del pasto Estrella Africana.

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Determinar la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizante nitrogenado más conveniente.
2. Establecer la altura y la frecuencia de corte, simulando presión de pastoreo, necesarios para una mayor recuperación del pasto.
3. Determinar los cambios en la composición botánica como efecto de tratamientos.
4. Determinar la composición química del pasto como efecto de los tratamientos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre el pasto Estrella Africana (Cynodon plectostachyus (K. Shum) Pilger)

El pasto Estrella Africana es originario del este de Africa. En el año 1956 fue introducido a Costa Rica por el Ministerio de Agricultura y Ganadería desde la región de Tanganyca, Africa y posteriormente se hicieron varias introducciones de material de propagación desde México por parte de algunos ganaderos (63).

El género Cynodon pertenece a un pequeño grupo sistemáticamente distinto de la tribu Cloridae. Los tallos florales alcanzan hasta un metro, sus hojas son exfoliadas e hirsutas. El verdadero Cynodon plectostachyus es un diploide de características genéticas muy definidas, que puede ser fácilmente identificada por las pequeñas glumas, con frecuencia de corto tamaño, como un tercio de la espiga. El follaje es suave, racimos de dos a varios verticilos, forma estolones muy largos con sus entrenudos arqueados. Las semillas son de baja fertilidad y se propaga vegetativamente. Se adapta bien a climas cálidos y medios hasta los dos mil metros sobre el nivel del mar. Tolerancia el calor y resiste la sequía, la baja fertilidad del suelo y condiciones de bajo pH (32).

Su mayor utilización es en condiciones de pastoreo. Los análisis químicos llevados a cabo en algunas áreas del trópico relejan un notable valor nutritivo.

French, citado por Siles Fuentes (63) estudió la composición y

valor nutritivo de gramíneas en Tanganyca, habiendo reportado, para el pasto Estrella los siguientes resultados:

Estado de madurez	Proteína	Celulosa	Proteína	Equiv. almidón
	bruta	bruta	Dig.	
	←----- % -----→			
Sin florescencias	20.25	23.97	15.32	49.14
Con poca floración	17.64	32.15	8.09	44.60
Todos los estados de madurez	11.53	31.72	8.14	34.96

El Instituto Colombiano Agropecuario reporta los siguientes datos de análisis de planta en estado de prefloración:

MS	Proteína	Fibra	Grasa	ENN	K	P
←----- % -----→						
21.68	14.22	24.28	1.72	37.78	8.77	0.08

El pasto Estrella Africana es gustoso al ganado y puede dar altas producciones bajo condiciones de buen manejo. Es de rápido crecimiento y muy agresivo. Se ha encontrado en su composición ácido cianídrico en todos los estados de crecimiento de la planta, sin embargo, no se han detectado dosis letales que, según Shira y Chandasekaran, tales dosis se aceptan en un valor de 0,02 por ciento (63).

Al finalizar la presente investigación el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica recibió la clasificación de muestras de pasto Estrella enviadas a los Estados Unidos desde la región costarricense Muelle de San Carlos. Esta especie tiene gran similitud con la utilizada en este estudio y corresponde, según dicho reporte, a la especie Cynodon nlemfuensis variedad robustus Clayton et Harlan*.

2.2 La fertilización nitrogenada en la producción de los pastos

El nitrógeno se presenta en el suelo en diferentes formas. Las principales fracciones inorgánicas aparecen como NH_4 -nativo fijo, NH_4 -intercambiable, NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- . Se destacan entre las fracciones orgánicas el N proteico, hexosaminas y el N-amídico. La cantidad total de N-disponible en los suelos del trópico americano por lo general es inferior a 50-60 ppm. Probablemente la principal función del nitrógeno en las plantas es su contribución a la estructura de la molécula proteínica, existiendo por lo tanto, una relación directa entre el nitrógeno presente en las plantas y el porcentaje de proteína. El nitrógeno es esencial en la formación de los ácidos nucleicos, uno de los cuales, el ADN, es la fuente del material genético celular y otro, el ARN, es el promotor de la síntesis proteínica. Interviene en la conformación de las porfirinas, de cuyo sistema depende el color verde (Clorofila=porfirina conteniendo magnesio). La

* Cubillos, G. Información personal.

porfirina interviene también en los citocromas, esenciales para la fotosíntesis y respiración de las plantas. Además, algunas coenzimas y vitaminas dependen, en parte, de la presencia del nitrógeno (Vitaminas B₁ - tiamina - B₂ - riboflavina, biotina, niacina). La intensificación del color verde y el aumento en el volumen de la producción foliar son efectos visuales de una buena suplementación nitrogenada (9).

El nitrógeno es un elemento muy móvil en la planta y sus principales síntomas de deficiencia se manifiestan mediante una clorosis uniforme que empieza por las hojas más viejas y desde los bordes y ápice. A veces se produce antocianina color púrpura junto a las nervaduras, las hojas más viejas caen y se afecta el tamaño de la planta.

Todos estos aspectos destacan al nitrógeno como el elemento químico más importante en el manejo de la productividad de las plantas y por tanto, de los pastos.

La fertilidad del suelo es el factor más importante en el cultivo de las forrajeras tropicales. Al hacer un análisis de los elementos nutritivos que necesitan los pastos, se deben considerar además de los que extrae el forraje, los que están disponibles en el suelo, la rapidez con que éstos, en el suelo, pasan a formas más asequibles a la planta y las pérdidas de los nutrimentos que se aplican al suelo (65). El suelo, el clima y la planta son, en primer lugar, factores de interés en un programa de fertilización, lo mismo que la cantidad, clase de fertilizante, frecuencia, época y método de aplicación (67).

El efecto de la fertilización nitrogenada en los pastos ha sido ampliamente investigado en áreas tropicales. Siles Fuentes (63) estudió el efecto de tres niveles de N - P - K sobre el pasto Estrella. El nitrógeno se aplicó a razón de 0, 75 y 150 kg/ha; encontrando un efecto altamente significativo en la producción de forraje y cada incremento de 75 kg/ha elevó los rendimientos en 2,77 ton/ha. En la primera cosecha para 0, 75 y 150 kg de N/ha los rendimientos fueron de 23.80, 26.57 y 29.32 ton/ha, respectivamente.

Holt Ethane et al, citados por Oakes y Skov (55), indican una inadecuada respuesta del Estrella Africana al nitrógeno. Estos resultados no coinciden con los de Harlan (32), Oakes y Skov (55), quienes, en experimentos con cuatro gramíneas, entre ellos el Estrella, obtuvieron aumentos marcados en producción de materia seca mediante la aplicación de nitrógeno, desde 80 hasta 300 kg/ha. Burton (15), en sus trabajos en Tifton, Estados Unidos, estudió el efecto del nitrógeno y la edad de crecimiento sobre la gustosidad del pasto Bermuda (Cynodon dactylon). Hubo evidencia que a razón de 1500 lbs de N por acre se redujo la gustosidad a pesar de los aumentos en contenido de proteína y producción de materia seca.

En Minas Gerais, Brasil, Gomide et al (29), investigaron el efecto de la aplicación de nitrógeno y la edad de la planta en la composición química, digestibilidad in vitro de la celulosa en gramíneas tropicales, en condiciones de baja precipitación y fertilidad del suelo. El incremento de materia seca fue desde 21,2 hasta 51,4 por ciento, destacándose el pasto Bermuda, del cual hubo además

aumento de digestibilidad de la celulosa y proteína cruda.

El mayor incremento en el contenido de proteína de los pastos tropicales debido a la fertilización nitrogenada, ocurre a temprana edad poco después de la aplicación de nitrógeno. Estas observaciones llevadas a cabo en los trabajos de Gordon, Chandler y Figuerella en Puerto Rico, coinciden con los de Plowes, Bredon y Horrell, según Vicente-Chandler et al (65).

En Colombia los resultados obtenidos por Villamizar y Lotero (67) en estudios realizados en diferentes localidades, fertilizando con nitrógeno, permitieron establecer que éste es el elemento que más afecta la producción de forraje, siendo utilizado más eficientemente por las plantas en el período de desarrollo inmediato a su aplicación. Observaron además, que dosis de 50 y 100 kg de N/ha aplicado al pasto Pangola después de cada corte o pastoreo fueron suficientes para producir una mayor cantidad de forraje seco y de proteína por kilogramo de nitrógeno aplicado que en las dosis mayores utilizadas.

Lotero y Monsalve (42) estudiaron el efecto de diferentes fuentes y dosis de aplicación de nitrógeno en Colombia y anotan que si la fertilización no se realiza en una forma racional puede acarrear problemas en cuanto al cambio de la fertilidad del suelo como resultado de la alteración de las condiciones físicas y químicas del mismo y el desbalance de elementos nutritivos. Agregan que el uso de fertilizantes nitrogenados fisiológicamente básicos aumenta el fósforo soluble y la utilización del fósforo por la planta, mientras que el uso de fertilizantes nitrogenados de efecto residual acidificante

ocasionan un efecto contrario. Además, estos materiales nitrogenados de acción residual acidificante, cuando se usan en regiones húmedas tropicales, causan un lavado de Ca y Mg.

Escobar, Ramírez y Lotero (25), en Colombia, estudiaron dosis de nitrógeno y frecuencia de aplicación en el pasto Bermuda. Encontraron que en las diferentes frecuencias de aplicación la producción del pasto aumentó al aumentar la dosis de nitrógeno. Según los mismos autores, al aumentar la frecuencia de aplicación, disminuyó la producción de forraje y la producción de forraje seco por cada kilo de N aplicado, disminuyó al aumentar la dosis de N y el intervalo de aplicación.

En Kansas, Carey, Mitchel y Anderson (17) encontraron que además del contenido de nitrógeno se incrementó el contenido de caroteno con la fertilización nitrogenada.

Según Salette (62), el empleo de altas dosis de nitrógeno, es una de las prácticas de manejo más enfatizadas dentro de las muchas utilizadas en los trópicos húmedos, según pudo concluir de sus trabajos con pasto Pangola en Guadeloupe, Indias Occidentales, aplicando 800 kg de N por hectárea y relacionó en sus estudios el estado de crecimiento, frecuencia de corte y cambios estacionales, con la producción de materia seca, contenido de nitrógeno y las relaciones entre hoja y tallo. Los estudios de Little, Vicente Chandler et al, Henzel, Salette, citados por este último (62), muestran las ventajas de fuertes aplicaciones de nitrógeno en condiciones de trópico húmedo en los pastos. Anota además Salette que los límites de la

producción de materia seca para el pasto que crece con altas aplicaciones de nitrógeno dependen de otros dos factores importantes que son: suministro de agua y de potasio.

Michelin (48) enumera, entre otras, algunas ventajas de la adecuada fertilización de los pastos, a saber: aumenta considerablemente la producción por unidad de superficie, permite el pastoreo de mayor número de animales en la misma área, mantiene los pastos verdes por un período más largo en el verano cuando la fertilización nitrogenada se efectúa antes de terminar las épocas de lluvia, aumenta en el forraje el porcentaje de proteína, fósforo, calcio y otros elementos minerales indispensables para los animales, mejora notablemente la gustosidad del pasto, asegura su persistencia, y finalmente, permite una mejor defensa del pasto al ataque de malezas y plagas.

Blue (10) afirma que el uso de fertilizantes nitrogenados por la mayoría de las cosechas suele algunas veces ser relativamente ineficiente debido a la inmovilización del nitrógeno en las raíces de las plantas y en el suelo lavado y volatilización. Blue y Wolk, citados por Blue (10), fertilizaron pastos Bahía y Bermuda en suelos francos arenosos y obtuvieron una recuperación de N de 40,51 por ciento con aplicaciones de 224 kilos por hectárea. En el testigo hubo una recuperación de 35 kg de N/ha mientras que fertilizando fue de 50 kg/ha. El valor más alto de recuperación fue de 62,6 por cientto y 70,7 por ciento correspondiendo a aplicaciones de 112 y 224 k/ha, respectivamente.

Los ensayos de fertilización llevados a cabo por Mata Pacheco (44)

en Costa Rica, utilizando N, P y K en dosis de 200, 200 y 100 k/ha respectivamente, en parcelas de pasto Estrella dieron una producción de 95,4 ton/ha de forraje verde mientras el testigo produjo 44,3 ton/ha después de 5-6 cortes por año; dando además, el más alto porcentaje de proteína en relación con otros pastos con que se le comparó.

Relacionando la fertilización con la composición botánica, Bryan (14) dice que el efecto del tipo de suelo sobre la distribución de algunas especies es muy grande. Sus observaciones fueron hechas en pasturas tropicales donde el estado de humedad del suelo jugó papel importante. Cuando en estos suelos las deficiencias de nutrimentos fueron corregidas, fue posible la dominancia de algunas especies en la composición botánica de dichas praderas. En Australia, Cameron y Cannon (16) estudiaron los cambios en la composición botánica de praderas en relación con la presión de pastoreo ejercida por ovejas y los efectos en la producción de lana. Dicen estos investigadores que los cambios ocasionados variaron con la presión de pastoreo tanto en naturaleza como en magnitud. La producción de lana disminuyó con el aumento de la presión de pastoreo. Los cambios en la composición botánica sólo pudieron asociarse el primer año del experimento.

Los factores más importantes que influencia la sucesión en comunidades de plantas bajo una fertilización intensiva son: la composición inicial del césped, particularmente la proporción de estas especies adaptadas a la alta fertilidad, el nivel de fertilización y las condiciones medio-ambientales entre otros. Estas apreciaciones

anteriores de Liiv (40) se basan en un estudio hecho con seis comunidades de plantas en donde se aplicaron diferentes dosis de nitrógeno (34 a 480 kg/ha) P_2O_5 (54 a 120 kg/ha) y K_2O (60 a 120 kg/ha). La reducción en el número de especies y los cambios de la composición de las especies dominantes dependieron mayormente de la clase y rata de fertilización. Con fertilizantes más ricos en fósforo y potasio, predominaron las comunidades ricas en leguminosas. En cambio las gramíneas y entre éstas las más competitivas, predominaron con fuerte fertilización nitrogenada.

2.3 Efecto de la altura y frecuencia de corte en el rendimiento de las pasturas

Un hecho de gran importancia práctica y de mayor interés científico es la extrema variabilidad de los valores nutritivos de los forrajes. La composición química, grado de digestibilidad, contenido en vitaminas y elementos minerales de las hierbas, dependen directamente de su estado vegetativo, de la influencia de las prácticas agronómicas y de numerosos factores ambientales, especialmente climáticos y ecológicos (24).

A medida que se aumenta la presión de pastoreo de una pradera disminuye la disponibilidad del forraje.

La producción de una pradera esta estrechamente relacionada con el estado de crecimiento al tiempo de cosecha y la frecuencia del corte. La primera influye en la producción de cada corte y la calidad del pasto cosechado y la segunda en las producciones anuales (20).

Bajo pastoreo, los intervalos cortos pueden impedir a las forrajeras reponer sus reservas de hidratos de carbono, por lo que es muy útil establecer un buen manejo para mantener una adecuada área fotosintética. Las hierbas acumulan más hidratos de carbono después de períodos prolongados en pastorear o cortar, cuando están próximas a madurar o poco antes de florecer y es menor durante el período de crecimiento rápido (65).

La frecuencia con que se cortan los pastos tiene su efecto sobre la reacción de éstos a la fertilización. El mayor o menor intervalo entre los cortes puede afectar significativamente la producción y composición del forraje, en igual forma la altura desde el suelo a que se corten o pastoreen los pastos altera su producción, composición y aún la supervivencia (65).

Cuando se hace referencia a la carga animal, el concepto de "presión de pastoreo" es de gran importancia. Cubillos y Mott (21) han definido la presión de pastoreo como el "número de animales en relación al forraje disponible en una superficie determinada". Anotan que en condiciones de praderas de riego o de zonas húmedas donde las plantas tienen un rápido crecimiento, una cantidad dada de animales puede ejercer una presión de pastoreo que resulte óptima, en cambio en condiciones de praderas de secano, donde uno o más factores están limitando la productividad de ellas, la misma carga puede resultar en un severo sobrepastoreo y deterioro de la pradera.

El efecto que ejerce la presión de pastoreo sobre la producción por unidad de superficie ha sido estudiada por distintos investigadores.

Eyles et al, citados por Cubillos y Mott (21) indican que "cuando una pradera recibe una carga animal óptima durante toda la temporada, la producción por acre es más alta cuando se usan cargas animales más altas o más bajas que aquella". Harlan, referido por los mismos autores, ha encontrado que "las cargas moderadas y pesadas producen la mayor cantidad de producto animal por unidad de superficie, excepto en condiciones de extrema sequía, donde una carga tiende a disminuir el rendimiento total".

Cubillos y Mott (21), en su investigación llevada a cabo en Indiana, Estados Unidos, sobre presión de pastoreo asignaron tres tratamientos a saber: 1) Presión de pastoreo óptimo; 2) Sobrepastoreo de la pradera; 3) Subpastoreo de la pradera. En el primer caso se usaron los animales necesarios para obtener dicha presión basado en estimaciones visuales de la disponibilidad de forraje. En el segundo caso utilizaron durante un año, 40 por ciento más animales y durante el año siguiente 30 por ciento más animales que en el tratamiento número 1. En el tercer caso se usaron 30 por ciento menos animales que el tratamiento 1 para ambos períodos en cada uno de los años referidos en el caso anterior. La producción por animal, indicador de la calidad de forraje consumido, indicó que a medida que avanza la temporada se produce una disminución de calidad que puede deberse a maduración del forraje o a otros procesos fisiológicos y la producción por hectárea, indicador de la cantidad de forraje consumido, muestra que con el avance de la temporada se produce una disminución en cantidad disponible asociada con las condiciones

de humedad del suelo y finalmente las cargas que resultaron en una mayor producción por hectárea, fueron las cargas óptimas; la producción por animal disminuyó con el aumento de carga, pero como hubo mayor cantidad de animales, la producción total fue mayor, no obstante, cuando las condiciones fueron tales que la selectividad fue severamente limitada, y el consumo por individuo fue restringido, la producción por hectárea disminuyó, hasta el punto de que cuando se usó aproximadamente el doble de la carga óptima, se logró en las condiciones experimentales, el punto en el cual los animales sólo pueden satisfacer sus necesidades de mantención.

La anterior referencia se hace debido a que en la presente investigación se ha tratado de simular presión de pastoreo utilizando diferentes alturas de corte como 1 - 3 - 5 y 7 cm del suelo. La importancia de la altura y frecuencia de corte se manifiesta en los trabajos siguientes: Matches, en Estados Unidos (45) estudió la influencia de la altura de corte en la oscuridad y las reservas de energía en tallos festuca. Los cortes se hicieron a 0, 3, 5, y 9 cm del suelo. Se estudió el rebrote y notó que plantas de alta reserva fueron más responsivas a diferencias en alturas de corte y anota que para la determinación de energías de reservas, la altura de corte no debe ser menor de 3 cm, mientras que 6 y 9 cm parecen ser los más adecuados.

Garrido (28) estudió la influencia del corte en zacates Pango-la y Estrella. Los cortes se hicieron entre 10 y 45 días de crecimiento en incrementos de cinco días. Dicho estudio se llevó a cabo

en dos épocas: final de la estación lluviosa y durante la estación seca, utilizando riego cuando fue necesario. Encontró una relación lineal entre la producción de materia seca y la edad de rebrote durante ambas épocas de estudio. El pasto Estrella dio las más altas producciones de materia seca durante el final de la estación lluviosa y en el primer corte tuvo el más alto contenido de proteína cruda.

Herrera, Bernal y Lotero (34), en Colombia, fertilizaron con nitrógeno el pasto Elefante y observaron un ligero aumento en el contenido de proteína del pasto cortando a 15, 30 y 50 cm del suelo. El nitrógeno no aumentó el porcentaje de proteína en el forraje pero sí la producción de proteína por unidad de superficie debido al aumento en la producción de forraje. Al aumentar la altura de corte disminuyó la cantidad de nitrógeno recuperado del suelo y la mayor recuperación se consiguió cortando a ras del suelo.

Michelin, Bernal y Lotero (46) estudiaron también en Colombia, la frecuencia de corte y aplicación de nitrógeno en pasto Angleton y consiguieron un aumento en el rendimiento al incrementar el intervalo entre cortes a pesar de que la calidad del forraje disminuyó. Anotan estos investigadores que la frecuencia de corte más apropiada pareció ser cada seis semanas y que el aumento del rendimiento fue notorio con la aplicación de nitrógeno, encontrándose que la dosis más apropiada pareció estar entre 75 y 150 kg/ha después del corte cada seis semanas. Finalmente, agregan que el contenido de proteína aumentó en la época lluviosa al aumentar la dosis de nitrógeno, sin embargo, al aumentar la frecuencia de corte el contenido

de proteína disminuyó.

En Puerto Rico, Caro-Costas y Vicente-Chandler (18) estudiaron el efecto de dos alturas de corte sobre la producción de cinco pastos tropicales, Napier, Pará, Guinea, Pangola y Melao. Estos pastos se cortaron a alturas de: a) 0 a 3; b) 7 a 10 pulgadas del suelo, cada 60 días durante dos años. Encontraron que el corte bajo redujo grandemente el rendimiento del pasto Melao no así al Napier, Pará y Pangola. El pasto Guinea no fue afectado por la altura de corte en sus rendimientos, pero con corte más alto se comportó mejor.

Vicente-Chandler et al (65) reportan, basado en sus trabajos en Puerto Rico, que según se alargue el intervalo entre cortes se re quiere menos nitrógeno para obtener una producción dada, pero a su vez, se necesita una mayor cantidad de este elemento para mantener un adecuado contenido de proteína en el forraje e insiste que la fre cuencia con que se cosechan las forrajeras altera grandemente la pro ducción y composición del forraje. El valor nutritivo del pasto dis minuye con su edad y el contenido de proteína, calcio, fósforo y mag nesio en el forraje, disminuye según el aumento en el intervalo entre cortes además de aumentar la lignina que reduce la rapidez de paso por el rumen del animal y reduce también el consumo. Agregan estos autores que un término medio es preciso entre las altas producciones obtenidas a largos intervalos de corte y las de mejor calidad, resul tantes de los intervalos cortos.

Los estudios de MacDonald et al, citados por Vicente-Chandler (65), indican que la digestibilidad de las forrajeras disminuye en

un 0,48 por ciento por cada día de intervalo en el corte empezando con el 85 por ciento de digestibilidad en las forrajeras jóvenes. La ventaja de usar un intervalo corto es mayor si se considera que la cantidad de forraje que ingiere el animal, disminuye a medida que se alarga el intervalo de corte, debido al aumento en la proporción de tallos y contenido de lignina en los mismos.

Michelin et al (47) estudiaron el efecto de la frecuencia de corte y aplicación de nitrógeno en tres gramíneas en el Valle del Cauca (Colombia) y anotan que en los tres pastos estudiados la frecuencia de corte más apropiada parece estar entre seis y nueve semanas en relación con la frecuencia de corte de tres semanas y concluyen que en estos mismos pastos el rendimiento aumentó al incrementar se el intervalo de corte y la calidad del forraje disminuye. El contenido de proteína aumentó al incrementar la dosis de nitrógeno y disminuye a medida que el intervalo de corte fue mayor. El contenido de fósforo tendió a disminuir al incrementarse el intervalo entre corte y al aumentar las dosis de nitrógeno. El potasio no mostró tendencia definitiva a variar con la frecuencia de corte, dosis de nitrógeno o época de cosecha, igual ocurrió con el calcio. Al ampliar el intervalo de corte tendió a aumentar el contenido de fibra en los pastos Bermuda y Pará.

La anterior investigación coincide con la de Bastidas (6) en Colombia, que indica que al aumentar el intervalo de corte se aumentó el rendimiento cuando se corta a seis semanas en lugar de tres y la digestibilidad, según Bastidas, disminuye al aumentar el intervalo

de corte con excepción del pasto puntero (Hipharrenia rufa) que fue estudiado junto con otras tres gramíneas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción general del área

3.1.1 Localización y características

Esta investigación se llevó a cabo en el área del Departamento de Ganadería Tropical del IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica, ubicada a cinco kilómetros en dirección sureste de la ciudad de Turrialba, con una altitud que varía entre los 580 y 990 m s.n.m.

La región corresponde a bosque subtropical húmedo con una temperatura media de 22.4°C, precipitación media de 2.667 milímetros y humedad relativa promedio de 87,6 por ciento (35).

Las condiciones externas durante el tiempo del ensayo fueron: temperatura media 22.5°C, máxima 27.1°C, mínima 17.5°C y humedad relativa media 87,6 por ciento, máxima 89,2 por ciento y mínima 88,2 por ciento*.

Los suelos correspondientes al área experimental pertenecen a la serie Juray, Clase II descritas por Aguirre (1).

3.2 Procedimiento

3.2.1 Material vegetal y suelo

El lote escogido para la investigación fue sembrado tres meses antes de iniciar el experimento con la especie de pasto

* Estación meteorológica del IICA-CTEI.

Estrella ya descrita. A la siembra se hizo una aplicación de superfosfato simple (0-20-0) a razón de 180 kg/ha. El pasto logró establecerse normalmente. Al empezar la prueba se hizo un análisis de la composición botánica y se cortó el pasto a tres centímetros del suelo en toda el área experimental.

Las muestras de suelo se tomaron a 15 cm de profundidad para los análisis físicos y químicos correspondientes.

3.2.2 Diseño de tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de tratamientos con arreglo de "compuesto central y rotable" de cuatro factores llevado a cabo en un diseño irrestrictamente al azar.

Los factores estudiados fueron los siguientes: 1) dosis de nitrógeno; 2) frecuencia de aplicación de nitrógeno; 3) frecuencia de corte; y 4) altura de corte, con cinco niveles cada uno. El número de tratamientos fue de 31 ($2^4 + 2 \times 4 + 7$). El área de cada unidad experimental fue de 8 m² (4m x 2m). El fertilizante empleado fue nitrato de amonio con 33,5 por ciento de N.

Relación de valores reales y codificados:

Dosis	C o d i g o					Inter valo
	-2	-1	0	+1	+2	
Nitrógeno kg/ha/6 meses	46	80.5	115	149.5	184	34.5
Frecuencia de aplicación de N (días)	14	18	22	26	30	4
Frecuencia de corte (días)	14	18	22	26	30	4
Altura de corte (cm)	1	3	5	7	9	2

Los niveles de aplicación correspondieron a 200, 350, 500, 650 y 800 lbs de nitrógeno por hectárea año equivalente a 92, 161, 230, 299 y 368 kilos de N por hectárea/año.

Combinación de tratamientos en código
Puntos factoriales

Trata- mientos	N	FA	FC	AC	Trata- mientos	N	FA	FC	AC
1	- 1	- 1	- 1	- 1	9	1	- 1	- 1	- 1
2	- 1	- 1	- 1	1	10	1	- 1	- 1	1
3	- 1	- 1	1	- 1	11	1	- 1	1	- 1
4	- 1	- 1	1	1	12	1	- 1	1	1
5	- 1	1	- 1	- 1	13	1	1	- 1	- 1
6	- 1	1	- 1	1	14	1	1	- 1	1
7	- 1	1	1	- 1	15	1	1	1	- 1
8	- 1	1	1	1	16	1	1	1	1

Puntos axiales

Puntos centrales

Trata- mientos	N	FA	FC	AC	Trata- mientos	N	FA	FC	AC
17	- 2	0	0	0	25	0	0	0	0
18	0	- 2	0	0	26	0	0	0	0
19	0	0	- 2	0	27	0	0	0	0
20	0	0	0	- 2	28	0	0	0	0
21	2	0	0	0	29	0	0	0	0
22	0	2	0	0	30	0	0	0	0
23	0	0	2	0	31	0	0	0	0
24	0	0	0	2					

3.2.3 Manejo del experimento

3.2.3.1 En el campo

El lote recibió una aplicación básica de fertilizante completo 20 - 10 - 6 - 5 a razón de 120 kg/ha. La obtención de muestras de planta se hizo en cada unidad experimental, utilizando el material de una parcela efectiva de 1 m².

Se hicieron las limpiezas necesarias y el control fitosanitario.

3.2.3.2 En el laboratorio

El trabajo de laboratorio se dividió en dos partes: a) Análisis de suelos, y b) Análisis de plantas.

a) Análisis de suelos

Determinaciones realizadas y métodos empleados.

Determinación	Método	Referencia
Densidad aparente	Cilindro	(26) (31)
Reacción del suelo (pH)	Peech	(56)
Materia orgánica	Walkley y Black	(68)
Nitrógeno total e intercambiable	Bremmer	(13)
Fósforo disponible	Bray y Kurtz 1	(12)
Bases cambiables (K, Ca y Mg)	Bower <u>et al</u>	(11)
Capacidad de intercambio catiónico	Bower <u>et al</u>	(11)

b) Análisis de plantas

Las muestras foliares se sometieron a los siguientes análisis:

Materia seca: Según el método descrito por Bateman (7).

Nitrógeno total: Se empleó el método de MicroKjeldahl de Bremner (13).

Fósforo: Según el método de Jackson (37), utilizando una mezcla de ácido nítrico y perclórico (5:1) y ácido sulfúrico. Las lecturas se hicieron en el fotocolorímetro Coleman Junior, modelo 6/20 en longitud de onda 650 mμ.

Azufre: La extracción mediante oxidación húmeda según el método Jackson. Para la determinación se empleó el método de Chaudry y Cornfield (37). Las lecturas se hicieron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, modelo 6/20 en la longitud de onda de 440 mμ.

El potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y aluminio se determinaron en el extracto obtenido mediante la digestión húmeda, según el método citado por Jackson (37), empleando la mezcla nítrico-perclórico (5:1) y ácido sulfúrico. Las lecturas se hicieron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303.

3.2.3.3 Composición botánica

Los cambios en la composición botánica se

determinaron mediante la diferencia entre la producción de materia seca inicial y final del pasto y de la maleza en cada una de las unidades experimentales y además, las observaciones hechas durante las épocas de corte.

3.2.4 Medición de las respuestas

Para estudiar el efecto de los tratamientos se usaron como variables de respuesta el forraje verde en toneladas por hectárea, materia seca en toneladas por hectárea y en porcentaje, proteína en porcentaje, el P, K, Ca, Mg y S en porcentajes, el Fe, Mn, Al y Zn en ppm.

3.2.5 Para el análisis de tendencia y estimación de máxima respuesta, se ajustó a una superficie de segundo grado en cuatro variables.

El análisis estadístico efectuado, corresponde al análisis estándar, de una superficie de respuesta, cuyo modelo matemático fue ajustado a la siguiente ecuación:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4$$

donde:

Y = variable de respuesta

X₁ = dosis de nitrógeno aplicado

X₂ = frecuencia de aplicación de nitrógeno

- X_3 = frecuencia de corte
 X_4 = altura de corte
 b_0 = constante, punto de corte del eje de respuesta
 por hiperesfera generado por X_1

3.2.6 Modelo de análisis de la información

Para detectar el efecto de los tratamientos sobre cada una de las variables de respuesta se hizo el análisis basado en promedios o totales de producción y contenido de elementos en el forraje seco. Además se introdujo como variable criterio la tasa de incremento diario de las variables respuesta.

El análisis clásico de la producción total de forrajes o el promedio por corte no ofrece ninguna idea del proceso como se llegó a ese parametro; tampoco da idea de la variabilidad de producción de biomasa y de las demás producciones obtenidas en el transcurso del tiempo y bajo la influencia de los factores de variación. Una manera sensible para detectar el efecto de los tratamientos y obviar ciertos problemas que ocurren en razón de la existencia de diferentes números de cortes, como una consecuencia de los varios intervalos de los mismos, es la del análisis mediante las tasas de incremento. Estas son medidas de la velocidad con que las variables respuesta cambian en función de la edad del pasto (tiempo).

Para la obtención de dichas tasas se utilizó una ecuación de primer grado cuyo modelo matemático general es el siguiente:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1$$

donde:

Y_i = variable de respuesta (variable dependiente)

b_0 = valor de Y_i al inicio del corte

X_i = frecuencia de corte

b_1 = $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ = tasa de incremento diario de Y_i , (es decir)

cuanto cambia Y entre corte y corte

Una interpretación gráfica de la metodología de análisis puede ayudar a fijar criterio.

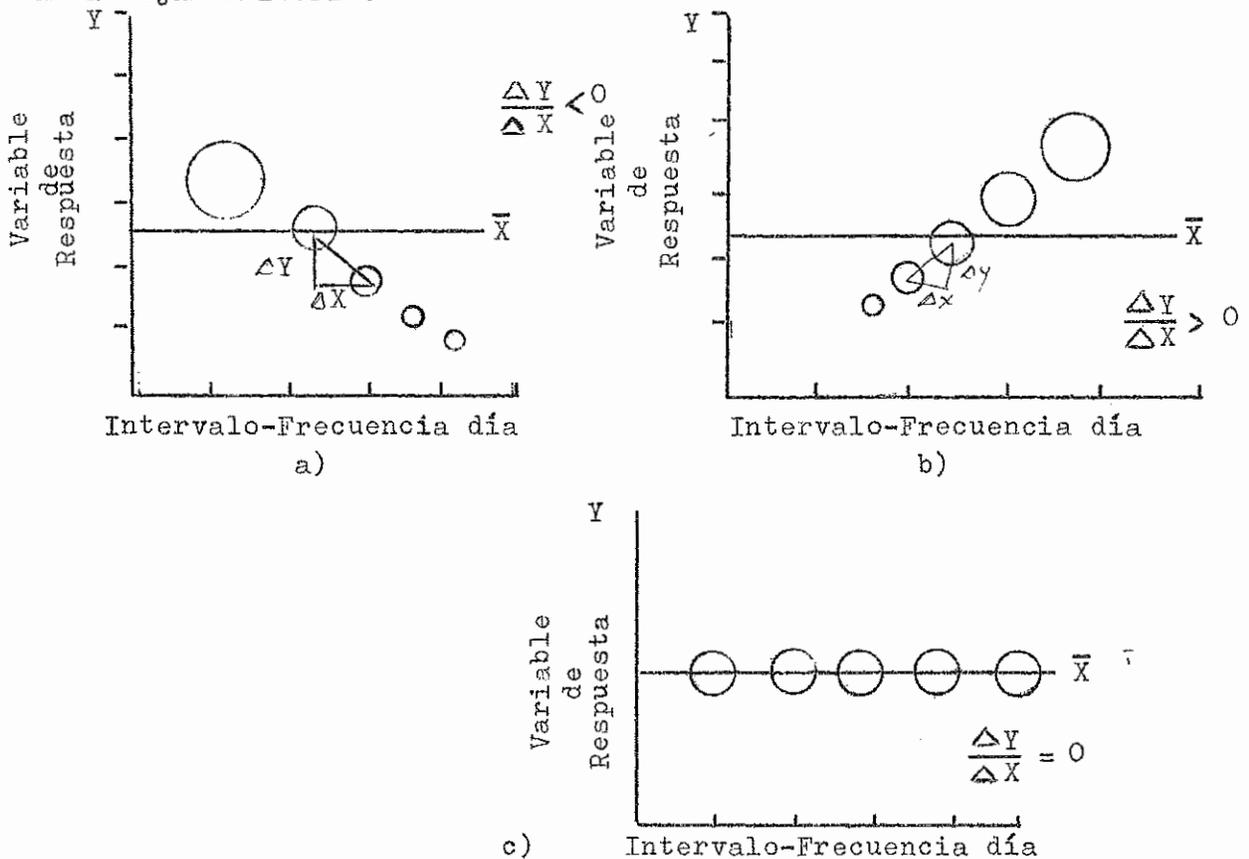


Fig. 1. Ilustración de algunos casos típicos de tendencias de producción cronológica de forraje.

En la Figura 1, caso a), la tendencia de la tasa de producción es negativa, en el caso b) simula una tasa positiva de producción de forraje y finalmente el caso c) con tasa cero, es decir, producción uniforme de forraje.

Hay que destacar que en cualquiera de los tres casos se puede llegar a la misma producción total o producción media pero representan situaciones completamente diferentes. El primero simula la producción al principio y escasez de final, en el segundo escasez debido a condiciones inadecuadas de manejo y finalmente en el tercer caso una productividad sostenida.

Una vez conseguida la transformación de los distintos datos de tasas y promedios se utilizó el modelo de superficie de respuesta para ajustar la función de producción y naturalmente complementando con su respectivo análisis de variancia como se indica a continuación:

<u>Fuente de Variación</u>	<u>Grados de Libertad</u>
Atribuible a la regresión	14
Parte Lineal	4
Parte cuadrática pura	4
Parte cuadrática mixta	6
Desviación del modelo	10
Error puro	6
Total	30

Los resultados experimentales fueron procesados en la computadora IBM, modelo 1130 del IICA-CTEI.

El período experimental de campo fue desde el 20 de julio de 1972 al 15 de enero de 1973.

3.2.7 Aspectos generales de la metodología usada

En los estudios de función de respuesta en producción animal es necesario conocer cuántas variables intervienen y las producciones y coproducciones que ellas generan. La presente investigación se ha orientado hacia el aspecto agronómico sin desconocer la gran importancia del animal como un elemento esencial en la evaluación de pasturas. Debido a las características del diseño y al número de variables en estudio, la interpretación de nuestros resultados se hace bastante compleja.

Para fines de interpretación se ha considerado la utilización de los parametros de cantidad y calidad de la productividad de los forrajes y sus correlaciones. Han sido diversos los criterios utilizados por los investigadores para medir la calidad del forraje considerándose entre otros, la composición botánica de la pastura, la composición química de sus componentes, la digestibilidad in vivo e in vitro, materia seca, consumo medido por los parametros de indicadores. Algunos de estos sistemas no han sido exitosos (54).

El rendimiento por animal durante un período de tiempo es una medida de todos los aspectos de la calidad del forraje incluyendo su valor nutritivo y el consumo voluntario. La calidad del forraje puede ser definida mayormente en términos del tipo de animal que consume la pastura.

En todo sistema de explotación pecuaria debe tenerse siempre presente que se trabaja con un complejo dinámico y biótico, constituido por el sistema suelo-planta-animal.

Si relacionamos cantidad y calidad del forraje con la cantidad de productos animales por hectárea, y llamamos Y la producción animal por hectárea, tendríamos la siguiente ecuación: $Y = X \times Z$, donde X corresponde a la producción de alimento-unidades por hectárea (aspecto cuantitativo) y Z la producción por animal (aspecto cualitativo). Tendríamos luego: $X = X_1 X_2$ y $Z = A + B + C$, donde:

X_1 = producción forrajera unidad área

X_2 = unidad de alimento por unidad de forraje

A = valor nutritivo

B = capacidad de consumo

C = características fisiológicas del animal

A = $A_1 \times A_2$

B = $B_1 \times B_2 \times B_3 \times B_4$

C = $C_1 \times C_2 \times C_3$

A_1 = composición química (proteína cruda, fibra cruda, EE, ENN, cenizas)

A_2 = digestibilidad

B_1 = grado de aceptación o palatabilidad

B_2 = rapidez de paso digestivo

- B_3 = intensidad de pastoreo
 B_4 = acción del medio sobre el animal
 C_1 = edad fisiológica
 C_2 = tratamiento previo (ración)
 C_3 = herencia

Como se ve, cada uno de los factores A, B y C son afectados por una serie de características de la planta y del animal.

El producto alimenticio es una consecuencia de la producción de forraje por hectárea que a su vez depende del medio ambiente natural (MA), de la especie de pasto (P) y del manejo que se da a ese pasto (M). Entonces tendríamos que:

MA x P x M dan por resultado X_1 y $X_2 = X$, y

MA x P x M x Animal darían A, B, y C = Z

En el medio ambiente entre otros factores, podemos citar la precipitación, la temperatura, la luz y los factores bióticos (malezas, plagas, enfermedades) además de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad del suelo.

En cuanto al pasto, serían la condición genética, buena adaptación, características agronómicas en general, pasturas nativas o mezclas forrajeras.

Referente al manejo sería todo el conjunto de aquellas prácticas que se realizan en un cultivo de pastos, para obtener una mayor producción de forraje de superior calidad, y consecuentemente una mayor producción animal (Fig. 2 y 3).

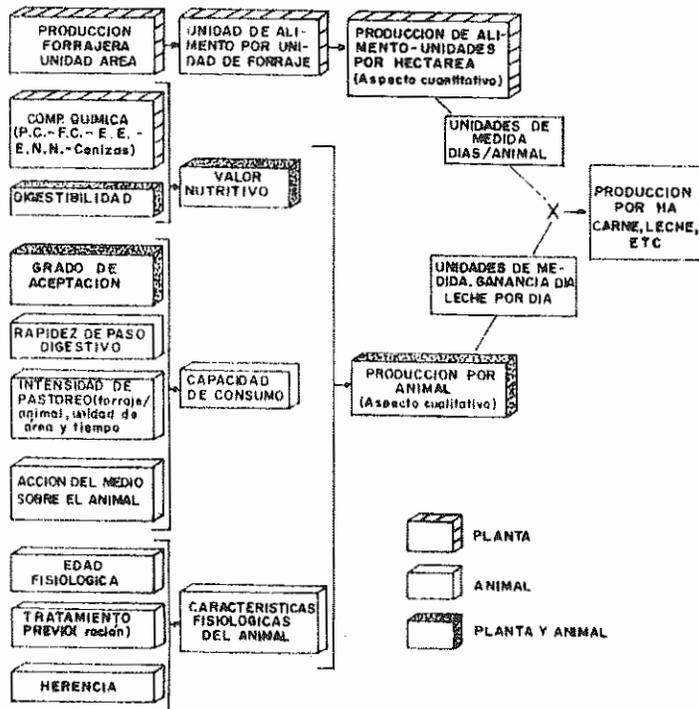


Fig.2 Relación entre la cantidad y calidad del forraje y la cantidad de productos animales por hectárea (tomado de Mott 54)

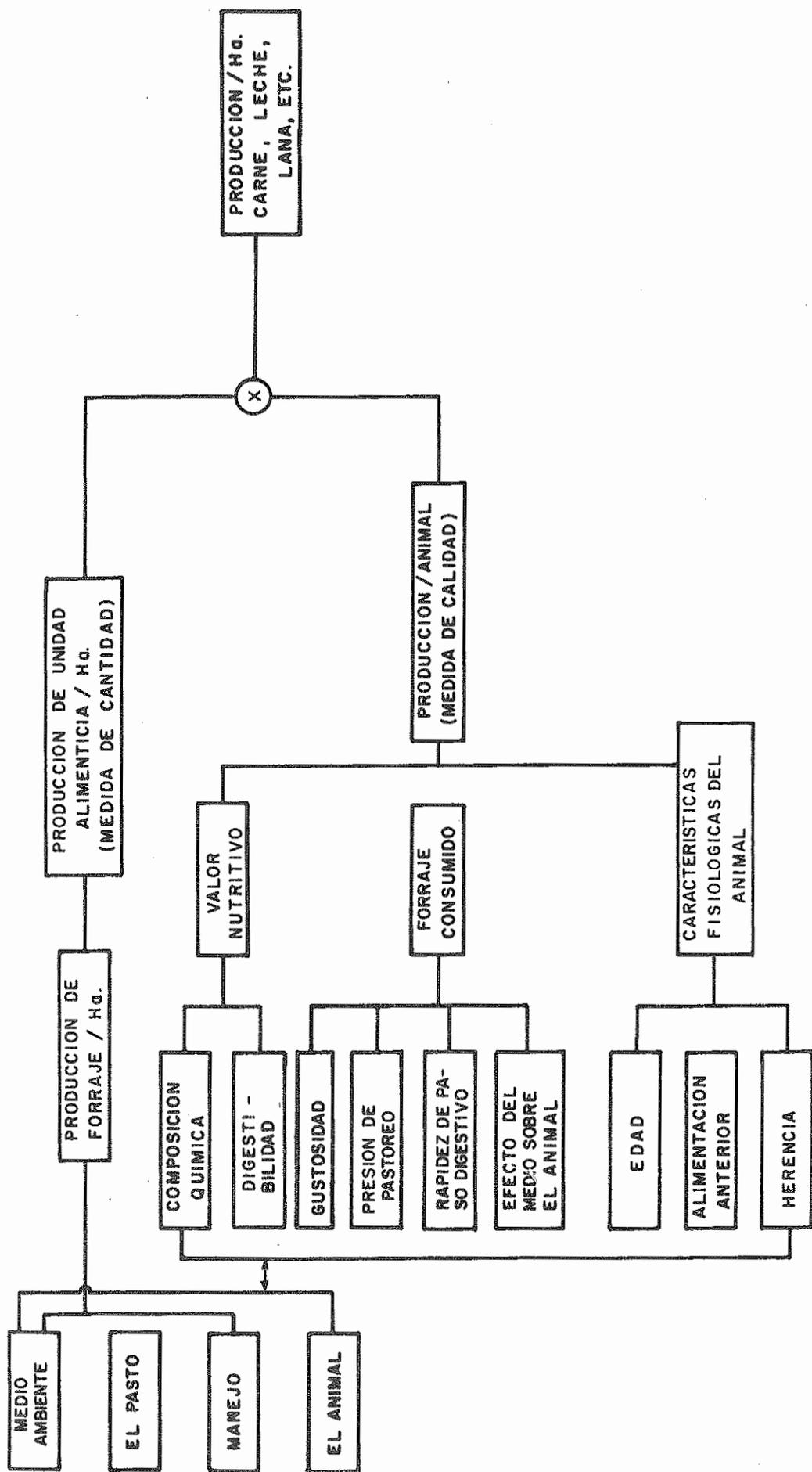


Fig.3 Representación de las relaciones naturales entre los factores pasto, animal y manejo que determinan la producción por Ha. de carne, leche o lana. Adaptado de Mott, en Forrajes. Editorial Continental, S. A. México 1966 (53)

4. RESULTADOS

4.1 Propiedades físicas y químicas del suelo

Las propiedades físicas y químicas del perfil del suelo del área donde se llevó a cabo el experimento, se presentan en los Cuadros 1 y 2 del Apéndice y los resultados del análisis previo al experimento en el Cuadro 1.

El suelo del área en estudio es de textura franco arcillosa, reacción ácida con pH 5,5, con alto contenido de materia orgánica, el nitrógeno total de medio a alto y la relación C/N es mediana. El K intercambiable alcanza valores que van de medianos a bajos. Las relaciones entre bases muestran un gran desbalance. Según Aguirre (1), la serie Juray podría clasificarse en el Orden Inceptisol, suborden Tropepts, gran grupo Dystropepts, subgrupo Typic Dystropepts; familia Fine, mixed, isohyperthermic.

4.2 Condiciones meteorológicas

En los Cuadros 3 y 4 del Apéndice se presenta el resumen de los datos meteorológicos. Según este reporte en el mes de julio, fecha de iniciación del experimento la precipitación fue de 107,2 mm y al finalizar en diciembre hubo 336,7 mm. Puede decirse que las condiciones meteorológicas no sufrieron variaciones críticas durante el período experimental.

4.3 Efecto de los tratamientos sobre la producción de forraje verde y materia seca

En el Cuadro 2 se presenta la producción de forraje verde y su

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo.

Densidad aparente gr/cc	pH	Materia orgánica ←----- % -----→	Nitrógeno total	C/N	Fósforo disponible ppm	Bases cambiables CIC Ca me/100 gr	Mg K	Relaciones Ca Mg K	Ca+Mg K				
1.10	5.5	4.8	7.48	0.47	9.04	16.10	47.15	4.85	3.00	1.80	1.61	1.67	4.36

X ₁ (N)	X ₂ (FA)	X ₃ (FC)	X ₄ (AC)*	Número de cortes	Forraje verde total Equiv. ton/ha	Tasa de producción ton/ha/día (10 ⁻³)	Materia seca total ton/ha	Tasa de producción ton/ha/día (10 ⁻³)	Materia seca %	Tasa de producción %/ha/día (10 ⁻³)	Proteína cruda %	Tasa de producción %/ha/día (10 ⁻³)
149.5	26	26	7	5	27.3	- 8.461	5.89	6.584	21.62	0.769	11.26	20.384
149.5	26	26	3	5	31.7	- 28.076	5.47	4.065	20.54	13.076	15.40	5.000
149.5	26	18	7	8	21.5	8.664	5.19	0.357	20.54	- 50.330	18.16	6.547
149.5	26	18	3	8	20.5	14.484	4.79	0.167	19.38	- 11.838	17.15	13.095
149.5	18	26	7	5	25.2	6.538	5.70	2.557	21.44	9.230	15.84	28.846
149.5	18	26	3	5	23.5	- 16.153	5.03	1.657	19.60	16.923	15.68	14.615
149.5	18	18	7	8	25.8	12.830	4.99	2.007	22.49	- 19.378	15.69	6.283
149.5	18	18	3	8	22.8	- 18.783	4.59	0.417	20.80	6.944	15.81	6.415
80.5	26	26	7	5	22.6	- 10.769	5.53	1.392	20.90	3.076	12.40	11.923
80.5	26	26	3	5	30.5	- 15.769	5.24	2.553	19.34	1.538	14.32	15.769
80.5	26	18	7	8	25.1	8.796	5.77	0.453	21.04	- 21.494	16.62	1.124
80.5	26	18	3	8	16.7	- 9.722	4.11	1.349	21.29	- 10.251	17.04	4.696
80.5	18	26	7	5	29.8	- 6.538	5.84	1.296	20.46	7.692	14.72	22.692
80.5	18	26	3	5	12.8	- 6.923	3.05	0.480	19.66	5.384	15.36	33.461
80.5	18	18	7	8	21.2	- 1.851	5.19	0.393	21.79	- 0.463	16.09	9.060
80.5	18	18	3	8	24.1	0.727	6.11	1.224	21.86	- 9.589	16.69	8.267
46	22	22	5	5	14.0	- 3.409	3.35	2.265	22.23	- 34.740	15.12	15.746
184	22	22	5	5	21.8	- 16.233	4.59	3.383	20.73	3.084	15.89	17.207
115	14	22	5	8	10.2	- 5.194	3.24	3.644	24.45	- 74.675	14.92	16.395
115	30	22	5	8	21.9	- 11.201	4.57	3.144	20.79	- 32.304	15.38	29.545
115	22	14	5	10	18.9	3.928	5.81	0.867	21.48	27.738	18.64	67.261
115	22	30	5	5	14.4	- 14.333	3.20	2.033	23.30	41.333	13.33	6.666
115	22	22	1	8	21.9	- 29.220	3.71	2.478	20.99	8.117	15.18	36.038
115	22	22	9	8	20.5	- 4.220	5.15	3.253	23.60	- 26.947	14.15	6.331
**115	22	22	5	8	20.1	- 16.071	4.50	2.553	22.00	- 9.302	14.70	12.175

* (N) = Fertilización nitrogenada Kg.Ha/6 meses
(FA) = Frecuencia de aplicación de N (días)
(PC) = Frecuencia de corte (días)
(AC) = Altura de corte (cm)

** Proedio de 7 tratamientos parte central

correspondiente análisis de variancia en el Cuadro 5 del Apéndice. El efecto de los tratamientos es estadísticamente significativo al nivel de 0,5 por ciento de probabilidad. El detalle de la acción de los tratamientos se aprecia en la tendencia presentando un efecto lineal.

De las cuatro variables en estudio, dosis de nitrógeno, frecuencia de aplicación de nitrógeno, frecuencia de corte y altura de corte, se observa según la función de producción, Cuadro 3, que las tres primeras tienen para las dosis y frecuencias más bajas, un efecto no detectable en forma significativa, mientras que la altura de corte presenta un efecto inverso al de las otras tres variables y que es altamente significativo.

Inicialmente el nitrógeno ocasiona un ligero descenso en la producción en 34,07 kg de forraje verde por cada kg de nitrógeno aplicado y el ritmo de producción de esta variable es decreciente a una tasa de 0,337 kg de forraje verde por kg de nitrógeno aplicado. De igual manera afecta en la frecuencia de aplicación a razón de 1,155 kg de forraje verde por kg de nitrógeno aplicado mientras que su ritmo de producción crece a una tasa de 1,385 kg de forraje verde por cada día de aplicación. Se observa además, que a la tasa de 0,582 kg de forraje verde por día de corte, la producción de forraje verde desciende con la frecuencia de corte. Por otro lado, el efecto de la altura de corte es bien manifiesto sobre la producción de forraje verde, siendo su tasa de incremento de 1,113 kg de forraje verde por cada centímetro de corte que genera una producción de 2,819 kg por hectárea de material verde por cada cm de corte.

Juadro 3. Coeficientes de la función de producción según modelo de segundo orden en cuatro variables (10^{-3}).

	FORRAJE VERDE		MATERIA SECA		MATERIA SECA		PROTEINA		CALCIO		AZUFRE		MANGANESO		ALUMINIO	
	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios	Tasas	Promedios
b_0	9.254	53100.48	70.138	22678.890	50.408	31812.91	- 345.790	8945.26	0.582	389.88	- 17.951	427.43	543.06	- 471829.16	- 8207.62	- 737316.16
b_1	- 0.337	- 0034.079	- 0.227	- 39.031	0.490	6.543	0.044	- 66.53	- 0.029	3.133	0.010	- 4.512	0.43	840.399	- 55.406	3347.373
b_2	1.385	- 1155.151	- 1.774	- 314.71	28.155	- 295.594	2.767	803.862	0.123	- 14.408	0.164	4.732	26.283	20476.734	1444.265	- 12370.164
b_3	- 0.582	- 3089.889	- 2.490	- 1102.987	38.173	- 527.337	27.733	60.171	0.229	- 2.122	1.257	8.343	- 59.403	30058.769	509.233	103145.630
b_4	1.113	2819.059	- 5.595	- 403.806	2.857	- 41.502	- 3.268	1566.477	0.389	77.018	0.842	- 35.954	162.118	27979.915	- 844.054	77439.300
b_{11}	0.000	0000.347	0.000	0.024	- 0.001	- 0.314	- 0.000	0.189	0.000	0.002	- 0.000	0.001	0.005	- 1.117	- 0.093	- 18.717
b_{22}	0.094	- 0003.050	0.012	0.701	- 0.669	- 5.605	- 0.160	8.570	- 0.004	0.116	- 0.002	- 0.246	- 2.224	- 305.741	- 44.716	545.618
b_{33}	0.141	0006.327	0.042	10.052	0.705	- 9.198	- 0.841	21.615	- 0.003	- 0.039	- 0.020	0.300	2.508	- 347.169	- 25.584	- 3060.306
b_{44}	- 0.154	0309.707	0.083	35.622	0.075	- 42.729	0.269	3.959	0.010	- 2.659	0.026	0.264	- 11.942	- 1048.221	- 119.020	- 3163.448
b_{12}	0.006	- 0001.490	0.005	0.269	- 0.014	- 0.473	- 0.009	0.644	0.001	- 0.067	0.001	0.122	0.008	- 17.866	0.303	61.284
b_{13}	- 0.011	0003.853	0.001	1.832	0.024	2.539	0.027	0.457	- 0.000	- 0.086	- 0.002	0.058	- 0.066	- 16.409	1.116	33.130
b_{14}	0.042	- 0012.061	0.004	- 1.751	- 0.078	3.372	- 0.070	0.451	- 0.000	- 0.154	0.000	0.154	- 0.297	18.727	6.395	- 309.065
b_{23}	- 0.271	0121.036	0.002	13.747	0.198	23.263	0.275	- 50.653	- 0.000	0.666	- 0.001	- 0.900	- 0.230	- 308.289	6.116	1147.336
b_{24}	- 0.116	- 0169.391	0.130	- 1.247	- 0.295	- 5.474	0.254	- 33.559	- 0.006	0.549	- 0.032	1.640	7.845	335.108	44.163	82.891
b_{34}	0.046	- 0024.107	0.068	20.693	0.396	21.496	0.106	- 50.073	- 0.019	- 1.950	- 0.020	- 1.016	- 7.245	- 1248.080	15.649	- 904.313

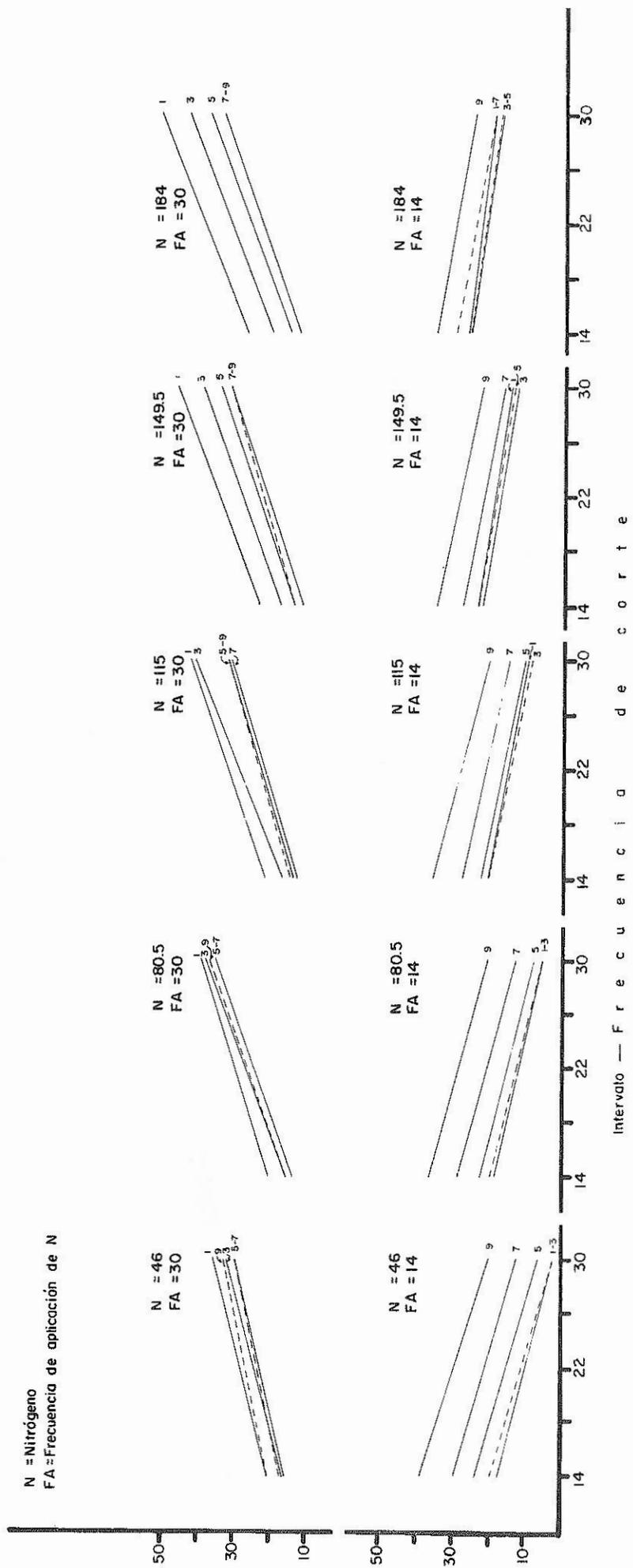
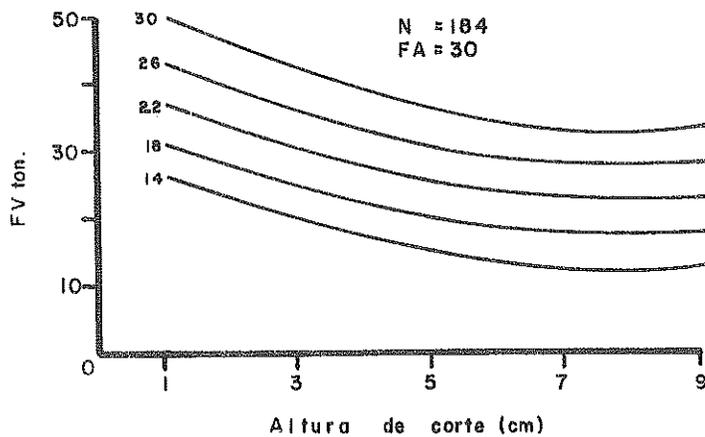
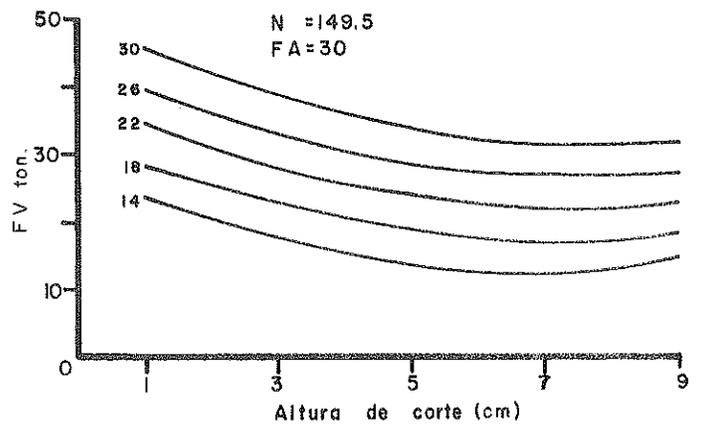
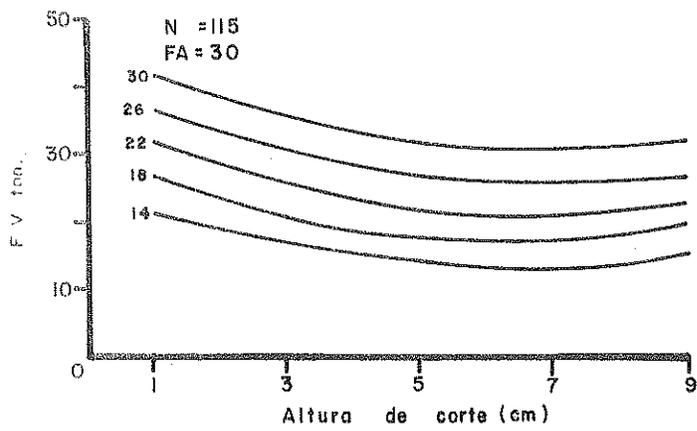
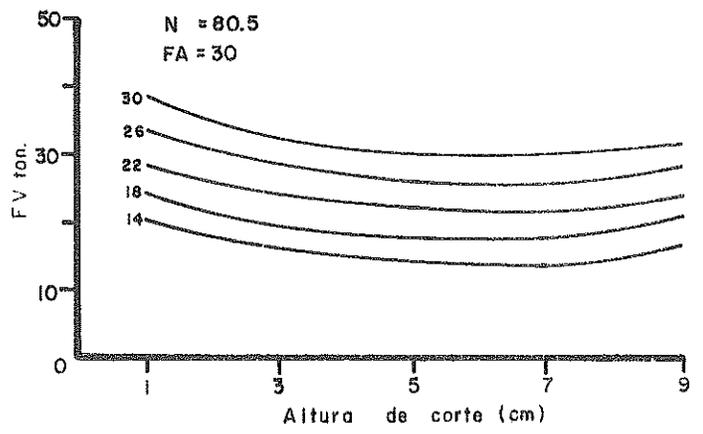
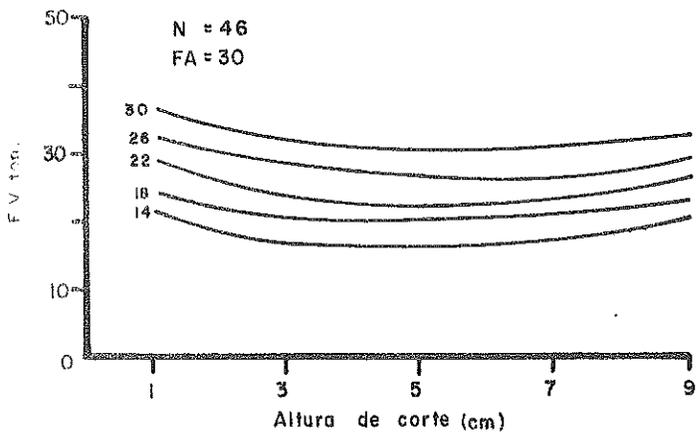


Fig. 4 Producción de forraje verde



N = Nitrógeno
FA = Frecuencia de aplicación

Fig.5 Producción de forraje verde

Al aumentar las dosis de nitrógeno se nota un incremento en la producción de forraje verde de manera sostenida, que podría deberse al rango tan estrecho en el intervalo de aplicación. La frecuencia de aplicación actúa sobre la producción de forraje verde causando un ligero descenso en el rendimiento y se mantiene el ritmo de producción de material verde a una tasa de 0,094 kg de forraje verde por cada día de intervalo. Con la frecuencia de corte se obtuvo un aumento en la producción, con 0,6327 kg de forraje verde por día de corte con un ritmo de incremento a una tasa de 0,141 kg de forraje verde por día en el intervalo de corte. Por su parte, la altura de corte causa un incremento en materia verde de 309,7 kg de forraje verde por cm de corte mientras el ritmo de producción decrece a una tasa de 0,154 kg de forraje verde por cada cm de corte.

Para las diferentes dosis de nitrógeno, cuando ocurre un aumento en el intervalo de corte, hay una disminución en la producción para las frecuencias de 14 y 18 días de aplicación, y para los valores correspondientes a las diferentes alturas de corte. Por el contrario, con frecuencias de 22, 26 y 30 días, en combinación con las demás condiciones anteriormente citadas, la producción aumenta para las diferentes dosis de nitrógeno e intervalos de corte (Tabla 1).

Se detecta también un aumento en la producción a medida que incrementamos el intervalo de corte, desde 14 hasta 30 días con las diferentes dosis de nitrógeno y frecuencias de aplicación.

En relación con las tasas, basados en las tablas de predicción, se nota un incremento en el ritmo de producción a medida que se aumentan

Tabla 1. Valor estimado de la producción de forraje verde en toneladas por hectárea por medio del modelo de segundo orden en cuatro variables.

DOSIS N.	F.A.P.H	F. CORTE	ALTURA DE CORTE				
			1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
46a	14a	14a	18.58	20.17	24.24	30.79	39.81
46a	14a	18a	14.43	15.82	19.70	26.05	34.88
46a	14a	22a	10.47	11.67	15.35	21.51	30.15
46a	14a	26a	6.71	7.73	11.21	17.18	25.63
46a	14a	30a	3.16	3.98	7.28	13.05	21.30
46a	18a	14a	19.40	19.63	22.35	27.54	35.20
46a	18a	18a	17.18	17.22	19.74	24.74	32.21
46a	18a	22a	15.16	15.01	17.33	22.14	29.42
46a	18a	26a	13.34	13.00	15.13	19.74	26.83
46a	18a	30a	11.72	11.19	13.13	17.55	24.44
46a	22a	14a	20.12	19.00	20.35	24.19	30.50
46a	22a	18a	19.83	18.52	19.58	23.32	29.44
46a	22a	22a	19.75	18.24	19.21	22.66	28.59
46a	22a	26a	19.07	18.17	18.95	22.20	27.94
46a	22a	30a	20.19	18.30	18.88	21.95	27.49
46a	26a	14a	20.74	18.26	18.26	20.74	25.70
46a	26a	18a	22.39	19.72	19.53	21.82	26.50
46a	26a	22a	24.34	21.38	21.00	23.09	27.66
46a	26a	26a	26.30	23.24	22.67	24.57	28.95
46a	26a	30a	28.55	25.41	24.54	26.25	30.43
46a	30a	14a	21.25	17.43	16.03	17.20	20.80
46a	30a	18a	24.85	20.82	19.28	20.21	25.62
46a	30a	22a	28.64	24.42	22.68	23.42	26.64
46a	30a	26a	32.63	29.22	26.29	25.83	29.88
46a	30a	30a	36.82	32.22	30.10	30.45	33.28
46c	14a	14a	19.65	20.41	23.64	29.35	37.54
46c	14a	18a	16.02	16.59	19.63	25.15	33.15
46c	14a	22a	12.60	12.97	15.82	21.14	28.95
46c	14a	26a	9.37	9.55	12.21	17.34	24.96
46c	14a	30a	6.35	6.34	8.80	13.74	21.16
46c	18a	14a	20.26	19.66	21.54	25.90	32.73
46c	18a	18a	18.57	17.78	19.46	23.63	30.27
46c	18a	22a	17.08	16.10	17.59	21.56	28.01
46c	18a	26a	15.79	14.62	15.92	19.70	25.95
46c	18a	30a	14.71	13.34	14.45	18.04	24.10
46c	22a	14a	20.77	18.82	19.34	22.35	27.83
46c	22a	18a	21.02	18.87	19.20	22.01	27.30
46c	22a	22a	21.46	19.13	19.26	21.88	26.98
46c	22a	26a	22.11	19.58	19.53	21.95	26.88
46c	22a	30a	22.97	20.24	20.00	22.23	26.94
46c	26a	14a	21.18	17.88	17.05	18.69	22.82
46c	26a	18a	23.37	19.87	18.84	20.30	24.23
46c	26a	22a	25.75	22.06	20.64	22.10	25.84
46c	26a	26a	28.34	24.45	23.04	24.11	27.66
46c	26a	30a	31.13	27.05	25.45	26.32	29.68
46c	30a	14a	21.50	16.84	14.65	14.95	17.72
46c	30a	18a	25.62	20.76	18.39	18.49	21.08
46c	30a	22a	29.94	24.89	22.37	22.23	24.61
46c	30a	26a	34.47	29.22	26.46	26.17	28.37
46c	30a	30a	39.19	33.76	30.80	30.32	32.32
115a	14a	14a	21.54	21.46	23.87	28.75	36.11
115a	14a	18a	18.44	18.18	20.39	25.07	32.24
115a	14a	22a	15.55	15.09	17.11	21.60	28.57
115a	14a	26a	12.66	12.21	14.03	18.33	25.11
115a	14a	30a	10.37	9.52	11.16	15.27	21.85
115a	18a	14a	21.94	20.51	21.56	25.09	31.05
115a	18a	18a	20.78	19.16	20.02	23.35	29.16
115a	18a	22a	19.83	18.01	18.47	21.81	27.44
115a	18a	26a	19.07	17.06	17.53	20.68	25.94
115a	18a	30a	18.52	16.32	16.60	19.35	24.58
115a	22a	14a	22.25	19.46	19.16	21.33	25.98
115a	22a	18a	23.03	20.05	19.55	21.53	25.98
115a	22a	22a	24.01	20.84	20.14	21.93	26.14
115a	22a	26a	25.19	21.83	20.94	22.53	26.60
115a	22a	30a	26.57	23.02	21.94	23.34	27.21
115a	26a	14a	22.46	18.32	16.66	17.47	20.76
115a	26a	18a	25.17	20.84	18.98	19.61	22.71
115a	26a	22a	28.09	23.56	21.51	21.94	24.85
115a	26a	26a	31.21	26.49	24.25	24.48	27.25
115a	26a	30a	34.53	29.62	27.14	27.23	29.75
115a	30a	14a	22.57	17.07	14.06	13.52	15.45
115a	30a	18a	27.22	21.53	18.32	17.59	19.33
115a	30a	22a	32.07	26.19	22.79	21.86	23.42
115a	30a	26a	37.13	31.05	27.44	26.34	27.70
115a	30a	30a	42.39	36.12	32.33	31.02	32.14
147a	14a	14a	24.25	23.35	24.97	28.97	35.49
147a	14a	18a	21.69	20.59	21.97	25.82	32.16
147a	14a	22a	19.33	18.04	19.27	22.88	29.02
147a	14a	26a	17.17	15.68	16.68	20.15	26.09
147a	14a	30a	15.21	13.53	14.33	17.61	23.37
147a	18a	14a	24.45	22.19	22.41	25.10	30.27
147a	18a	18a	23.83	21.37	21.39	23.89	28.87
147a	18a	22a	23.40	20.75	20.58	22.89	27.68
147a	18a	26a	23.18	20.34	19.97	22.09	26.68
147a	18a	30a	23.16	20.12	19.57	21.49	25.89
147a	22a	14a	24.55	20.94	19.80	21.14	24.95
147a	22a	18a	25.85	22.05	20.72	21.87	25.49
147a	22a	22a	27.37	23.37	21.85	22.80	26.23
147a	22a	26a	29.09	24.89	23.17	23.93	27.17
147a	22a	30a	31.00	26.62	24.71	25.27	28.32
147a	26a	14a	24.56	19.58	17.09	17.07	19.53
147a	26a	18a	27.80	22.64	19.95	19.74	22.01
147a	26a	22a	31.25	25.89	23.01	22.61	24.68
147a	26a	26a	34.90	29.35	26.28	25.68	27.56
147a	26a	30a	38.75	33.01	29.74	28.96	30.65
147a	30a	14a	24.46	18.14	14.29	12.91	14.02
147a	30a	18a	29.64	23.12	19.08	17.52	18.53
147a	30a	22a	35.03	28.32	24.08	22.32	25.04
147a	30a	26a	40.62	33.71	29.28	27.33	29.88
147a	30a	30a	46.41	39.31	34.69	32.54	32.88
184a	14a	14a	27.80	26.06	26.80	30.01	35.91
184a	14a	18a	25.75	23.83	24.35	27.40	32.91
184a	14a	22a	23.93	21.81	21.15	22.99	30.30
184a	14a	26a	22.31	19.99	20.15	22.79	27.90
184a	14a	30a	20.89	18.37	18.34	20.78	25.71
184a	18a	14a	27.79	24.69	24.08	25.94	30.28
184a	18a	18a	27.69	24.41	23.60	25.27	29.41
184a	18a	22a	27.80	24.32	23.37	24.79	28.75
184a	18a	26a	28.11	24.44	23.74	24.52	28.28
184a	18a	30a	28.62	24.76	23.37	24.46	28.02
184a	22a	14a	27.45	23.23	21.26	21.77	24.75
184a	22a	18a	29.53	24.88	22.72	23.03	25.82
184a	22a	22a	31.57	26.73	24.38	24.50	27.09
184a	22a	26a	33.81	28.79	26.24	26.16	28.57
184a	22a	30a	36.26	31.04	28.30	28.03	30.25
184a	26a	14a	27.48	21.68	18.35	17.50	19.13
184a	26a	18a	31.26	25.26	21.74	20.70	22.14
184a	26a	22a	35.24	29.05	25.34	24.10	25.34
184a	26a	26a	39.42	33.04	29.13	27.71	28.76
184a	26a	30a	43.81	37.23	33.13	31.51	32.37
184a	30a	14a	27.18	20.02	15.34	13.14	13.41
184a	30a	18a	32.90	25.54	20.67	18.27	18.35
184a	30a	22a	38.81	31.27	26.20	23.61	23.50
184a	30a	26a	44.93	37.19	31.93	29.15	28.84
184a	30a	30a	51.25	43.32	37.87	34.89	34.39

las alturas de corte encontrándose valores crecientes positivos de las tasas en el orden de 9 > 7 > 5 > 3.

Al aplicar la menor dosis de nitrógeno y con una frecuencia de aplicación de 14 y 18 días, el ritmo de producción desciende a una tasa de 0,122 y 0,262 kg para la menor altura de corte (1 cm). Esto no ocurre con las demás frecuencias y alturas de corte cuyo efecto es contrario y sostenido.

Para los cinco valores de dosis de nitrógeno con las mayores frecuencias de corte y aplicación (30 días), con la menor altura de corte (1 cm), encontramos los siguientes valores de menor a mayor dosis: 36, 39, 42, 46 y 51 ton/ha, respectivamente, en seis meses.

Si para la menor dosis de nitrógeno y las menores frecuencias de corte y aplicación (14 y 18 días) combinado con la menor altura de corte (1 cm), se obtienen 18 ton/ha en seis meses, es claro pensar que la condición de mayor economía estaría ubicada a dosis centrales o intermedias de 115 kg/ha/6 meses, frecuencias de corte y aplicación de 30 días y a una altura de un centímetro.

Materia seca

La producción y porcentaje de materia seca se presentan en el Cuadro 2 y su correspondiente análisis de variancia en el Cuadro 6 del Apéndice.

Al nivel de 0,01 por ciento de probabilidad se observa que el efecto de los tratamientos es estadísticamente significativo.

El detalle de la acción de los tratamientos se aprecia en la tendencia de respuesta, presentando un efecto cuadrático significativo

al nivel de 0,01 por ciento.

A juzgar por la función de producción podemos decir que el nitrógeno ocasiona un aumento inicial en el porcentaje de materia seca a dosis menores pero tiende a disminuir a medida que se aumentan las dosis.

Debido a la naturaleza de la función cuadrática se nota una disminución del porcentaje de MS de 0,0314 por ciento y el ritmo de producción de materia seca decrece a una tasa de 0,0001 kg de MS por kg de nitrógeno aplicado. Las tres restantes variables están influyendo negativamente en el porcentaje y mantienen su ritmo decreciente.

Al aumentar las dosis de nitrógeno con las diferentes frecuencias de aplicación y de corte, el ritmo de producción de materia seca decrece a medida que aumenta la altura de corte, notándose un efecto más marcado cuando se corta a 7 y 9 cm de altura. Sin embargo, con las diferentes dosis y frecuencias de aplicación de 22 y 26 días, utilizando la mayor frecuencia de corte, o sea, 30 días, se obtiene un ritmo de producción positivo y después desciende a medida que las alturas de corte son mayores.

Los porcentajes de materia seca para los diferentes tratamientos varían entre 15 y 23 por ciento, teniéndose para los tratamientos centrales valores de 20 por ciento.

Podría pensarse que los valores económicamente útiles al igual que en la variable anterior, podrían estar ubicados entre los valores menores de las variables y la parte central.

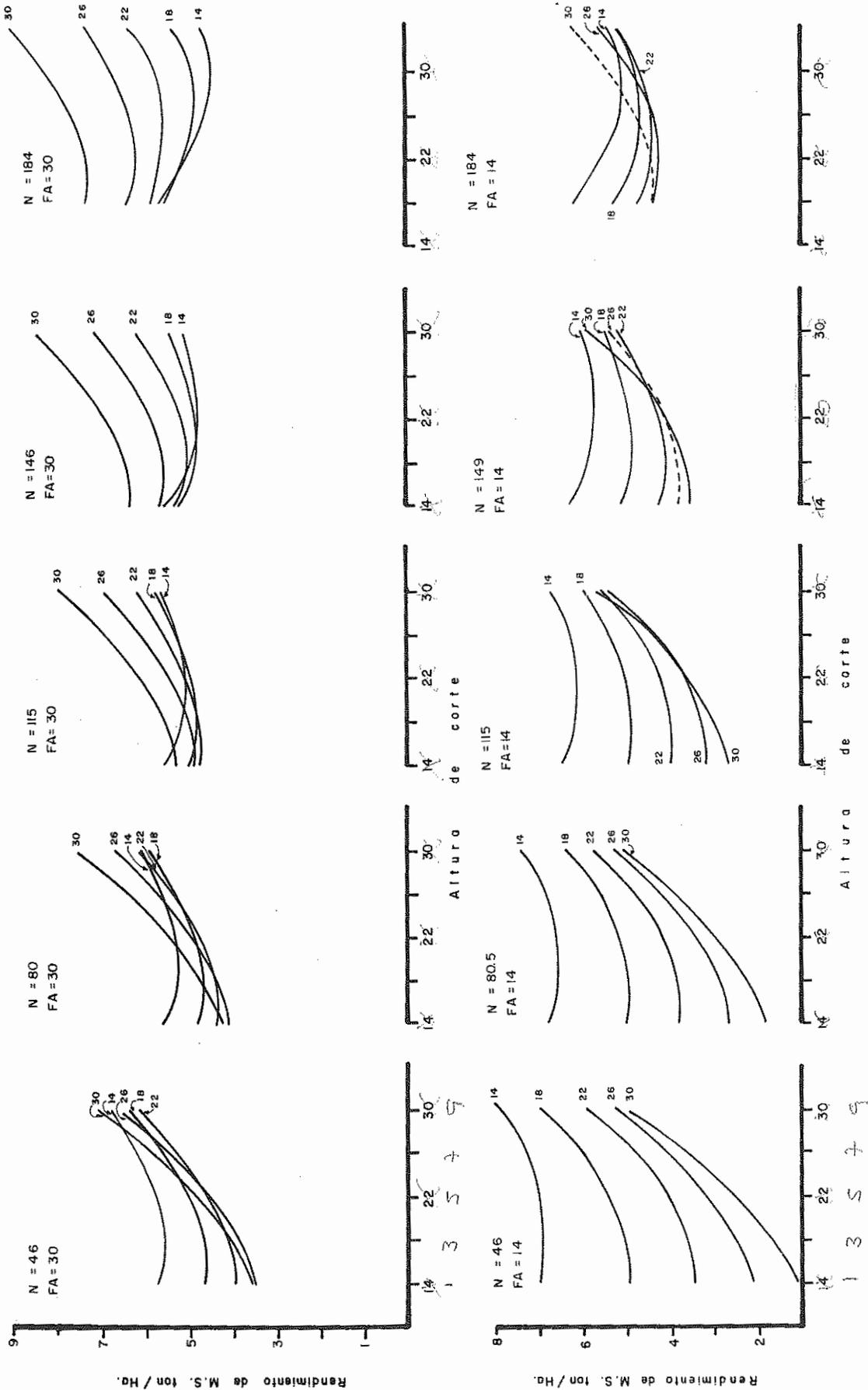
En el Cuadro 2 se observa que el rendimiento de materia seca

disminuye inicialmente y después aumenta siguiendo una tendencia cuadrática por efecto de las cuatro variables independientes en estudio. La frecuencia de corte, es la variable que más influye y ocasiona una disminución de 1102,98 kg/ha por cada día de corte y posteriormente aumenta 10,05 kg/ha por cada día de corte. El ritmo de producción también decrece al principio a una tasa de 3,490 kg/ha por día de corte incrementándose después a una tasa de 0,042 kg/día de corte. La altura de corte sigue en importancia ocasionando una disminución de 403,806 kg/ha por cada centímetro de corte y aumenta después 35,622 kg/ha por centímetro de corte. El ritmo de producción decrece inicialmente a una tasa de 5,595 kg/ha por cm de corte y después crece siguiendo su tendencia cuadrática a una tasa de 0,083 kg/ha por cm de corte.

Ocupando el tercer lugar en importancia, la frecuencia de aplicación de nitrógeno ocasionó una disminución de 314,71 kg/ha por cada día de aplicación y se originó más tarde un aumento de 0,701 kg/ha de materia seca por cada día de aplicación. Como antes se anotó el ritmo de producción de materia seca sigue la misma tendencia e inicialmente decreció a una tasa de 1,774 kg/ha por día de aplicación, aumentando después a la tasa de 0,012 kg/ha de materia seca por día de aplicación. Por su parte, las dosis de nitrógeno tuvieron un efecto de poca significancia en la producción de materia seca. A pesar de que inicialmente el ritmo de producción decreció a la tasa de 0,227 kg/ha por kilo de N aplicado y se mantuvo después constante. Al principio el nitrógeno hizo decrecer la producción de materia seca en 39,03 kg/ha por cada kg de nitrógeno aplicado y más tarde en su parte cuadrática se origina un

Tabla 2. Valor estimado de la producción de materia seca en toneladas por hectárea por medio del modelo de segundo orden en cuatro variables.

INDICE N.	F. AP. N.	F. CORTE	ALTURA DE CORTE				
			1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
46.	14.	14.	7.06	6.92	7.07	7.50	8.21
46.	14.	18.	5.12	5.15	5.46	6.06	6.94
46.	14.	22.	3.51	3.70	4.18	4.94	5.99
46.	14.	26.	2.22	2.58	3.22	4.15	5.36
46.	14.	30.	1.25	1.77	2.58	3.67	5.05
46.	18.	14.	6.71	6.56	6.69	7.11	7.82
46.	18.	18.	4.99	5.01	5.21	5.89	6.76
46.	18.	22.	3.60	3.78	4.24	5.00	6.03
46.	18.	26.	2.52	2.87	3.50	4.42	5.62
46.	18.	30.	1.77	2.29	3.08	4.17	5.53
46.	22.	14.	6.37	6.21	6.34	6.75	7.45
46.	22.	18.	4.88	4.88	5.17	5.75	6.61
46.	22.	22.	3.70	3.88	4.33	5.07	6.10
46.	22.	26.	2.85	3.19	3.81	4.72	5.91
46.	22.	30.	2.32	2.82	3.61	4.68	6.04
46.	26.	14.	6.06	5.89	6.01	6.41	7.10
46.	26.	18.	4.79	4.78	5.06	5.63	6.48
46.	26.	22.	3.83	4.00	4.44	5.17	6.19
46.	26.	26.	3.20	3.53	4.14	5.04	6.22
46.	26.	30.	2.89	3.38	4.16	5.22	6.57
46.	30.	14.	5.78	5.60	5.70	6.09	6.77
46.	30.	18.	4.72	4.71	4.98	5.53	6.38
46.	30.	22.	3.99	4.14	4.57	5.30	6.30
46.	30.	26.	3.57	3.89	4.49	5.38	6.55
46.	30.	30.	3.48	3.97	4.73	5.79	7.12
80.	14.	14.	6.77	6.51	6.54	6.85	7.44
80.	14.	18.	5.09	5.00	5.19	5.66	6.42
80.	14.	22.	3.73	3.80	4.16	4.80	5.72
80.	14.	26.	2.69	2.93	3.45	4.25	5.35
80.	14.	30.	1.97	2.37	3.06	4.03	5.29
80.	18.	14.	6.45	6.18	6.20	6.50	7.08
80.	18.	18.	4.99	4.89	5.07	5.53	6.28
80.	18.	22.	3.85	3.91	4.26	4.89	5.80
80.	18.	26.	3.03	3.26	3.77	4.57	5.65
80.	18.	30.	2.53	2.93	3.60	4.56	5.81
80.	22.	14.	6.16	5.88	5.88	6.17	6.75
80.	22.	18.	4.92	4.80	4.97	5.43	6.17
80.	22.	22.	4.00	4.05	4.38	5.00	5.91
80.	22.	26.	3.40	3.61	4.11	4.90	5.97
80.	22.	30.	3.12	3.50	4.17	5.12	6.36
80.	26.	14.	5.89	5.60	5.59	5.87	6.44
80.	26.	18.	4.84	4.74	4.99	5.35	6.08
80.	26.	22.	4.16	4.20	4.53	5.14	6.04
80.	26.	26.	3.78	3.99	4.48	5.26	6.32
80.	26.	30.	3.73	4.10	4.75	5.70	6.92
80.	30.	14.	5.64	5.34	5.32	5.59	6.15
80.	30.	18.	4.83	4.70	4.85	5.29	6.01
80.	30.	22.	4.35	4.38	4.70	5.30	6.19
80.	30.	26.	4.19	4.39	4.87	5.64	6.69
80.	30.	30.	4.35	4.72	5.36	6.30	7.51
115.	14.	14.	6.54	6.16	6.07	6.25	6.73
115.	14.	18.	5.11	4.90	4.97	5.32	5.96
115.	14.	22.	4.00	3.95	4.19	4.71	5.51
115.	14.	26.	3.22	3.33	3.73	4.42	5.39
115.	14.	30.	2.75	3.03	3.60	4.45	5.59
115.	18.	14.	6.26	5.87	5.76	5.94	6.41
115.	18.	18.	5.05	4.83	4.89	5.23	5.86
115.	18.	22.	4.16	4.10	4.33	4.84	5.63
115.	18.	26.	3.60	3.70	4.09	4.77	5.73
115.	18.	30.	3.35	3.62	4.18	5.02	6.15
115.	22.	14.	6.00	5.60	5.49	5.66	6.11
115.	22.	18.	5.01	4.78	4.83	5.16	5.78
115.	22.	22.	4.35	4.28	4.49	4.99	5.78
115.	22.	26.	4.00	4.09	4.48	5.14	6.09
115.	22.	30.	3.97	4.23	4.78	5.61	6.73
115.	26.	14.	5.77	5.36	5.23	5.39	5.83
115.	26.	18.	5.00	4.75	4.79	5.12	5.73
115.	26.	22.	4.55	4.47	4.67	5.17	5.94
115.	26.	26.	4.42	4.51	4.88	5.54	6.48
115.	26.	30.	4.62	4.87	5.41	6.23	7.33
115.	30.	14.	5.55	5.13	5.00	5.15	5.58
115.	30.	18.	5.00	4.75	4.78	5.09	5.69
115.	30.	22.	4.78	4.69	4.88	5.36	6.13
115.	30.	26.	4.87	4.95	5.31	5.95	6.88
115.	30.	30.	5.28	5.53	6.05	6.86	7.96
149.	14.	14.	6.37	5.87	5.65	5.72	6.07
149.	14.	18.	5.19	4.86	4.80	5.04	5.56
149.	14.	22.	4.34	4.17	4.28	4.68	5.36
149.	14.	26.	3.80	3.80	4.08	4.64	5.49
149.	14.	30.	3.59	3.75	4.20	4.93	5.94
149.	18.	14.	6.13	5.61	5.39	5.45	5.79
149.	18.	18.	5.17	4.82	4.75	4.98	5.49
149.	18.	22.	4.53	4.35	4.46	4.85	5.52
149.	18.	26.	4.22	4.20	4.47	5.03	5.87
149.	18.	30.	4.23	4.38	4.81	5.53	6.54
149.	22.	14.	5.90	5.38	5.15	5.19	5.53
149.	22.	18.	5.17	4.81	4.74	4.95	5.45
149.	22.	22.	4.75	4.56	4.66	5.04	5.70
149.	22.	26.	4.66	4.63	4.89	5.44	6.27
149.	22.	30.	4.89	5.03	5.45	6.16	7.16
149.	26.	14.	5.71	5.17	4.93	4.97	5.29
149.	26.	18.	5.19	4.82	4.74	4.95	5.43
149.	26.	22.	4.99	4.79	4.88	5.25	5.90
149.	26.	26.	5.12	5.08	5.33	5.87	6.69
149.	26.	30.	5.57	5.70	6.11	6.81	7.80
149.	30.	14.	5.53	4.99	4.73	4.76	5.07
149.	30.	18.	5.23	4.86	4.77	4.96	5.44
149.	30.	22.	5.26	5.05	5.12	5.48	6.12
149.	30.	26.	5.60	5.56	5.80	6.32	7.13
149.	30.	30.	6.27	6.39	6.80	7.49	8.46
184.	14.	14.	6.25	5.63	5.29	5.24	5.47
184.	14.	18.	5.33	4.87	4.70	4.81	5.21
184.	14.	22.	4.73	4.43	4.43	4.71	5.27
184.	14.	26.	4.44	4.32	4.48	4.92	5.65
184.	18.	14.	6.05	5.41	5.07	5.00	5.23
184.	18.	18.	5.34	4.88	4.69	4.80	5.18
184.	18.	22.	4.96	4.66	4.64	4.91	5.46
184.	18.	26.	4.90	4.76	4.91	5.35	6.06
184.	18.	30.	5.16	5.19	5.50	6.10	6.99
184.	22.	14.	5.86	5.22	4.86	4.79	5.00
184.	22.	18.	5.38	4.90	4.71	4.80	5.18
184.	22.	22.	5.22	4.90	4.88	5.14	5.68
184.	22.	26.	5.37	5.23	5.37	5.79	6.50
184.	22.	30.	5.86	5.87	6.18	6.77	7.64
184.	26.	14.	5.70	5.05	4.68	4.60	4.80
184.	26.	18.	5.44	4.95	4.75	4.83	5.20
184.	26.	22.	5.49	5.17	5.14	5.39	5.92
184.	26.	26.	5.87	5.72	5.85	6.26	6.96
184.	26.	30.	6.57	6.58	6.88	7.46	8.32
184.	30.	14.	5.56	4.90	4.52	4.43	4.62
184.	30.	18.	5.52	5.02	4.81	4.88	5.24
184.	30.	22.	5.80	5.46	5.42	5.66	6.18
184.	30.	26.	6.39	6.23	6.35	6.75	7.44
184.	30.	30.	7.31	7.31	7.60	8.17	9.02



N = Nitrógeno
 FA = Frecuencia de aplicación de N = 30 días

Fig. 6 Rendimiento materia seca

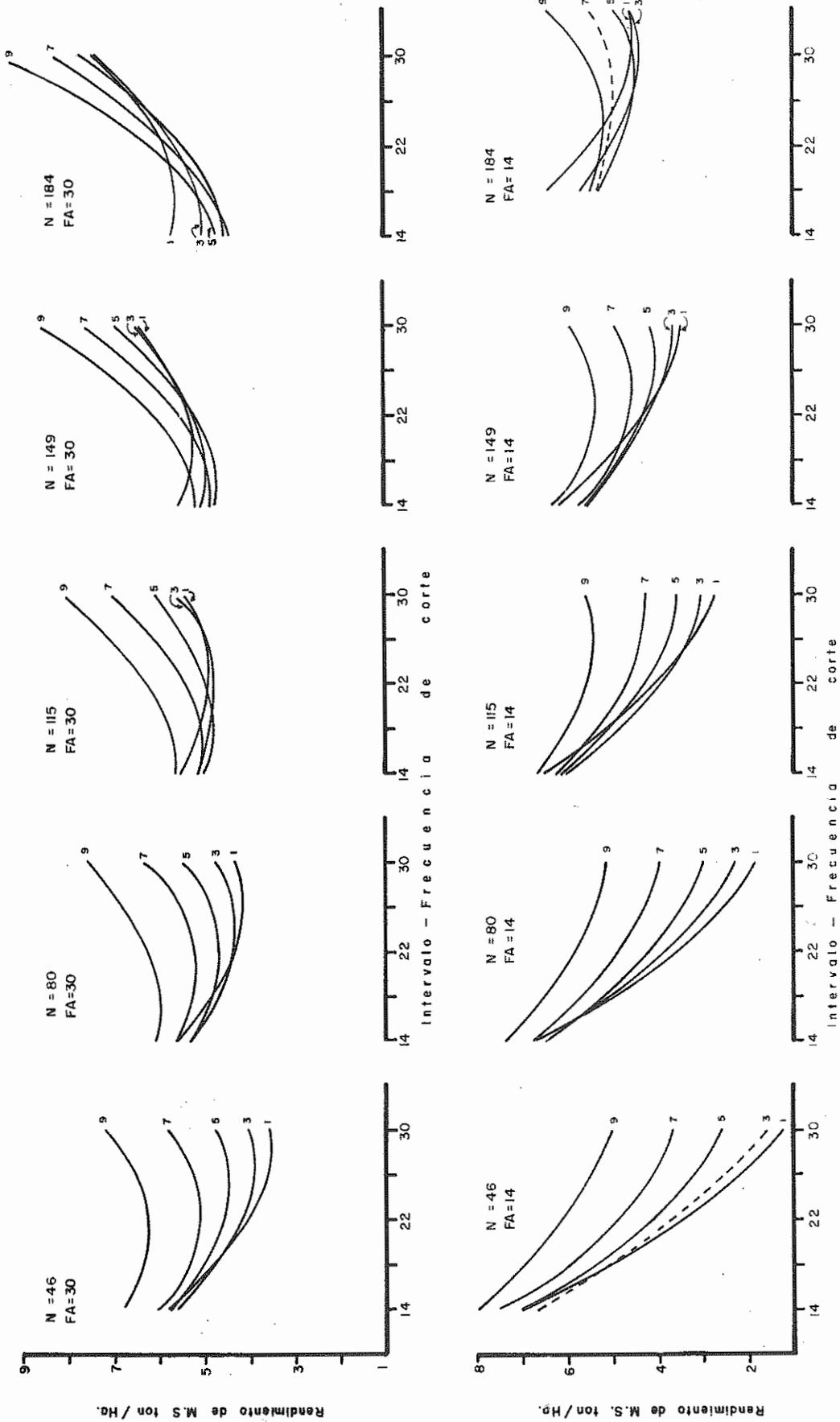


Fig. 7 Rendimiento de materia seca (FA=14 días)

aumento poco significativo de 0,024 kg/ha de materia seca por cada kg aplicado.

4.4 Efecto de los tratamientos en el contenido de proteína

El contenido de proteína en el pasto se presenta en el Cuadro 2. Su correspondiente Andeva en el Cuadro 7 del Apéndice, donde se observa el efecto de los tratamientos, estadísticamente significativos al nivel del 0,05 por ciento de probabilidad con una tendencia cuadrática significativa al 5 por ciento.

De acuerdo con los coeficientes de la respectiva función de producción en el Cuadro 3, notamos que a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno aplicado, el contenido de proteína disminuye inicialmente en 6,61 por ciento por cada kilo de nitrógeno aplicado y después aumenta en forma notoria a razón de 0,01 por ciento por cada kilo de nitrógeno aplicado.

El efecto de las otras tres variables presenta un incremento en el contenido de proteína manifestándose una mayor influencia de la altura de corte.

El ritmo de producción es sostenido inicialmente por efecto de las aplicaciones de nitrógeno, 0,004 por ciento por kg de nitrógeno aplicado, frecuencia de corte, 0,276 por ciento por cada día de corte y frecuencia de aplicación, 2,77 por ciento por cada día de aplicación, pero desciende por efecto de altura de corte en su fase inicial, 0,326 por ciento por cm de corte y luego aumenta a un ritmo sostenido a una tasa muy baja de 0,002 por ciento por cm de corte. El caso inverso ocurre para las otras tres variables.

Tabla 3. Valor estimado de la producción de proteína cruda en porcentaje por medio del método de regresión orden en cuatro variables.

DOSIS N.	F.A.P.N	F. CORTE	ALTURA DE CORTE				
			1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
46.	14.	14.	15.51	16.38	17.27	18.20	19.16
46.	14.	18.	15.37	16.03	16.53	17.05	17.61
46.	14.	22.	16.31	16.38	16.47	16.60	16.76
46.	14.	26.	17.75	17.41	17.11	16.83	16.59
46.	14.	30.	19.88	19.14	18.44	17.76	17.12
46.	18.	14.	16.97	17.57	18.19	18.85	19.55
46.	18.	18.	16.22	16.41	16.64	16.90	17.19
46.	18.	22.	16.15	15.95	15.77	15.63	15.52
46.	18.	26.	16.78	16.17	15.60	15.06	14.55
46.	18.	30.	18.10	17.09	16.12	15.17	14.26
46.	22.	14.	18.71	19.03	19.39	19.78	20.21
46.	22.	18.	17.14	17.07	17.02	17.02	17.04
46.	22.	22.	16.26	15.79	15.35	14.94	14.56
46.	22.	26.	16.08	15.21	14.37	13.55	12.77
46.	22.	30.	16.59	15.32	14.07	12.86	11.68
46.	26.	14.	20.71	20.77	20.86	20.99	21.14
46.	26.	18.	18.34	18.00	17.69	17.41	17.16
46.	26.	22.	16.65	15.91	15.20	14.52	13.87
46.	26.	26.	15.66	14.52	13.41	12.33	11.28
46.	26.	30.	15.36	13.81	12.30	10.82	9.37
46.	30.	14.	23.00	22.79	22.61	22.46	22.35
46.	30.	18.	19.81	19.20	18.62	18.07	17.56
46.	30.	22.	17.31	16.30	15.32	14.38	13.46
46.	30.	26.	15.51	14.10	12.72	11.37	10.06
46.	30.	30.	14.40	12.59	10.81	9.06	7.34
60.	14.	14.	14.60	15.50	16.42	17.38	18.37
60.	14.	18.	14.72	15.21	15.74	16.30	16.89
60.	14.	22.	15.53	15.62	15.75	15.91	16.10
60.	14.	26.	17.03	16.72	16.45	16.21	15.99
60.	14.	30.	19.22	18.52	17.84	17.20	16.56
60.	18.	14.	16.15	16.78	17.44	18.13	18.85
60.	18.	18.	15.46	15.68	15.94	16.23	16.55
60.	18.	22.	15.46	15.28	15.14	15.03	14.95
60.	18.	26.	16.15	15.57	15.03	14.52	14.04
60.	18.	30.	17.53	16.95	16.61	16.70	16.82
60.	22.	14.	17.97	18.33	18.72	19.14	19.60
60.	22.	18.	16.47	16.43	16.42	16.44	16.49
60.	22.	22.	15.66	15.22	14.81	14.43	14.08
60.	22.	26.	15.54	14.70	13.88	13.10	12.35
60.	22.	30.	16.11	14.87	13.65	12.47	11.35
60.	26.	14.	20.07	20.16	20.28	20.44	20.64
60.	26.	18.	17.76	17.45	17.17	16.92	16.71
60.	26.	22.	16.14	15.42	14.74	14.10	13.48
60.	26.	26.	15.20	14.09	13.01	11.97	10.95
60.	26.	30.	14.97	13.45	11.97	10.52	9.11
60.	30.	14.	22.44	22.26	22.12	22.00	21.92
60.	30.	18.	19.32	18.74	18.19	17.68	17.19
60.	30.	22.	16.89	15.91	14.96	14.04	13.16
60.	30.	26.	15.15	13.77	12.42	11.10	9.81
60.	30.	30.	14.10	12.32	10.57	8.85	7.16
115.	14.	14.	14.14	15.07	16.03	17.02	18.04
115.	14.	18.	14.32	14.85	15.41	15.99	16.62
115.	14.	22.	15.19	15.32	15.48	15.67	15.89
115.	14.	26.	16.76	16.48	16.24	16.03	15.85
115.	14.	30.	19.01	18.34	17.69	17.08	16.50
115.	18.	14.	15.78	16.44	17.13	17.85	18.60
115.	18.	18.	15.15	15.41	15.70	16.02	16.37
115.	18.	22.	15.21	15.07	14.96	14.88	14.83
115.	18.	26.	15.96	15.42	14.91	14.43	13.98
115.	18.	30.	17.41	16.47	15.55	14.67	13.82
115.	22.	14.	17.69	18.08	18.50	18.96	19.44
115.	22.	18.	16.25	16.24	16.26	16.31	16.40
115.	22.	22.	15.50	15.09	14.71	14.36	14.05
115.	22.	26.	15.45	14.63	13.85	13.10	12.39
115.	22.	30.	16.08	14.87	13.69	12.54	11.42
115.	26.	14.	19.88	20.00	20.15	20.34	20.55
115.	26.	18.	17.63	17.35	17.10	16.88	16.70
115.	26.	22.	16.07	15.39	14.74	14.12	13.54
115.	26.	26.	15.20	14.12	13.07	12.05	11.07
115.	26.	30.	15.02	13.54	12.09	10.68	9.29
115.	30.	14.	22.34	22.19	22.07	21.99	21.94
115.	30.	18.	19.28	18.73	18.21	17.73	17.28
115.	30.	22.	16.91	15.96	15.04	14.16	13.30
115.	30.	26.	15.23	13.88	12.56	11.28	10.02
115.	30.	30.	14.24	12.49	10.78	9.09	7.44
149.	14.	14.	14.13	15.09	16.08	17.10	18.15
149.	14.	18.	14.37	14.93	15.52	16.14	16.79
149.	14.	22.	15.31	15.47	15.65	15.87	16.13
149.	14.	26.	16.94	16.69	16.48	16.30	16.15
149.	14.	30.	19.26	18.61	18.00	17.42	16.87
149.	18.	14.	15.86	16.55	17.27	18.02	18.80
149.	18.	18.	15.29	15.58	15.90	16.25	16.64
149.	18.	22.	15.42	15.30	15.22	15.18	15.16
149.	18.	26.	16.23	15.72	15.24	14.79	14.37
149.	18.	30.	17.74	16.83	15.95	15.10	14.28
149.	22.	14.	17.86	18.28	18.73	19.22	19.73
149.	22.	18.	16.48	16.40	16.55	16.64	16.75
149.	22.	22.	15.80	15.42	15.07	14.75	14.46
149.	22.	26.	15.80	15.02	14.27	13.55	12.87
149.	22.	30.	16.50	15.32	14.17	13.05	11.96
149.	26.	14.	20.13	20.29	20.47	20.69	20.93
149.	26.	18.	17.95	17.70	17.48	17.30	17.14
149.	26.	22.	16.45	15.80	15.18	14.60	14.05
149.	26.	26.	15.65	14.60	13.58	12.59	11.64
149.	26.	30.	15.33	14.08	12.67	11.28	9.92
149.	30.	14.	22.68	22.57	22.48	22.43	22.41
149.	30.	18.	19.69	19.17	18.68	18.23	17.81
149.	30.	22.	17.38	16.46	15.56	14.72	13.90
149.	30.	26.	15.76	14.45	13.16	11.91	10.68
149.	30.	30.	14.84	13.12	11.44	9.78	8.16
184.	14.	14.	14.57	15.56	16.58	17.63	18.72
184.	14.	18.	14.88	15.47	16.09	16.74	17.42
184.	14.	22.	15.88	16.06	16.28	16.53	16.82
184.	14.	26.	17.57	17.35	17.17	17.02	16.90
184.	14.	30.	19.95	19.33	18.75	18.20	17.68
184.	18.	14.	16.39	17.11	17.86	18.64	19.46
184.	18.	18.	15.88	16.20	16.55	16.94	17.35
184.	18.	22.	16.07	15.99	15.94	15.92	15.94
184.	18.	26.	16.95	16.47	16.02	15.60	15.22
184.	18.	30.	18.52	17.64	16.79	15.97	15.18
184.	22.	14.	18.48	18.93	19.41	19.93	20.47
184.	22.	18.	17.16	17.21	17.30	17.41	17.56
184.	22.	22.	16.54	16.19	15.87	15.59	15.33
184.	22.	26.	16.61	15.86	15.14	14.45	13.80
184.	22.	30.	17.37	16.22	15.10	14.01	12.94
184.	26.	14.	20.84	21.02	21.24	21.49	21.76
184.	26.	18.	18.72	18.50	18.31	18.16	18.04
184.	26.	22.	17.28	16.66	16.08	15.52	15.00
184.	26.	26.	16.54	15.52	14.54	13.58	12.66
184.	26.	30.	16.49	15.07	13.69	12.33	11.01
184.	30.	14.	23.48	23.39	23.34	23.32	23.33
184.	30.	18.	20.54	20.06	19.60	19.16	18.79
184.	30.	22.	18.30	17.41	16.56	15.74	14.95
184.	30.	26.	16.75	15.46	14.21	12.98	11.79
184.	30.	30.	15.89	14.20	12.55	10.92	9.33

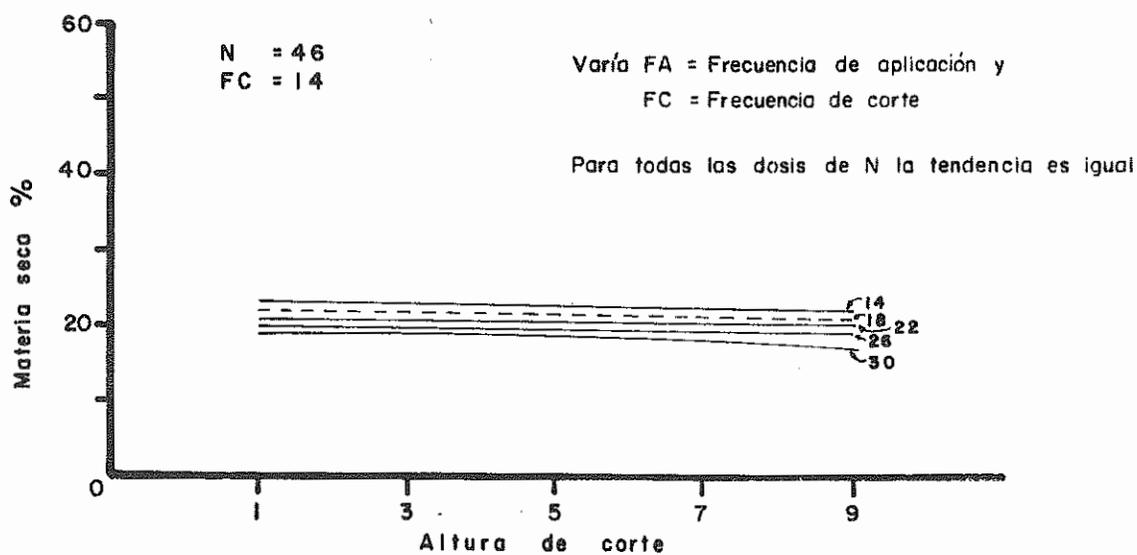


Fig. 8 Tendencia del porcentaje de materia seca analizado en el forraje

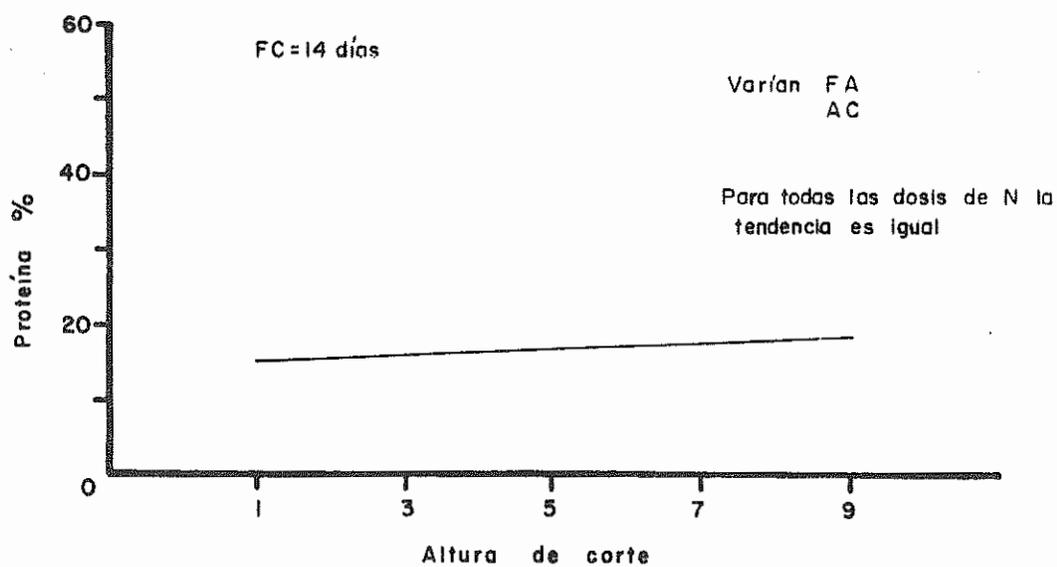


Fig. 9 Tendencia del porcentaje de proteína en el forraje seco

No se detecta mucha diferencia en el ritmo de producción de proteína debido posiblemente a las alturas de corte tan bajas. Sin embargo, ese ritmo de producción es más notorio a dosis mayores de nitrógeno y alturas más bajas de corte: 1, 3 y 5 cm.

Con las diferentes dosis y frecuencias de aplicación de nitrógeno el contenido de proteína aumentó con las alturas de corte cuando la frecuencia de corte correspondió a 14 días. Por el contrario, cuando la frecuencia de corte fue mayor (30 días) y se mantuvieron las mismas otras condiciones anteriores, la disminución en el contenido de proteína del pasto fue marcada.

Un hecho importante es el que con las diferentes dosis de nitrógeno y los valores máximos de frecuencia de aplicación y de corte, 30 días, se presentó una disminución en el contenido de proteína a medida que las alturas de corte iban aumentando. Así, por ejemplo, con los mayores valores de las tres primeras variables, el contenido de proteína disminuyó desde 15 por ciento para una altura de corte de 1 cm, hasta 9 por ciento para una altura de corte de 9 cm.

Se puede notar que el efecto de la altura de corte fue el más pronunciado y que los valores más económicos se obtendrían con las dosis centrales hacia la menor, con la frecuencia más alta de aplicación, 30 días, utilizando la menor frecuencia de corte, 14 días, y las alturas de corte más bajas. Este último detalle de las bajas alturas de corte es lógico pero no práctico, como se verá en la Discusión.

4.5 Efecto de los tratamientos sobre la composición química

Considerando los análisis de variancia de cada uno de los

elementos analizados, solamente el calcio, el azufre, el manganeso y el aluminio mostraron significancia.

Por tal motivo, se presentarán los resultados de estos elementos ya que los tratamientos no causaron diferencias significativas en los demás.

Calcio

Los contenidos de calcio en el forraje y sus correspondientes tasas de producción, se presentan en el Cuadro 4. Los efectos de los tratamientos son estadísticamente significativos al nivel de 0,05 por ciento de probabilidad. El detalle de la acción de los tratamientos se aprecia en la tendencia de la respuesta, siendo ésta lineal y significativa al nivel del 5 por ciento (Cuadro 8 del Apéndice)

Se puede notar en el Cuadro 3 que el contenido de calcio aumenta a una tasa de 0,3 por ciento por cada kilo de nitrógeno aplicado y el ritmo de acumulación de calcio en la planta decrece a una tasa de 0,002 por ciento por kg de nitrógeno aplicado.

Por otra parte, la frecuencia de aplicación y de corte causan una disminución en el contenido de calcio a unas tasas de 1,4 por ciento y 0,2 por ciento, respectivamente, por cada día de incremento en la aplicación y/o corte, a pesar de que estas dos variables influyen en el contenido de calcio, en este caso no se detectan diferencias significativas en cuanto a su contribución.

La altura de corte que aparece ser la más importante en cuanto al contenido de calcio, ocasiona incremento a una tasa de 7,7 por ciento por cada centímetro de aumento en la altura de corte.

X ₁ (N)	X ₂ (FA)	X ₃ (FC)	X ₄ (AC)	Número de Cortes	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Manganeso		Hierro		Aluminio		Zinc	
					% prom.	tasa (10 ⁻³) prom.																
149.5	26	26	7	5	0.32	0.230	2.34	1.000	0.34	1.384	0.26	0.115	0.25	-1.384	164	284.615	239	0630.769	270	384.615	76	-092.307
149.5	26	26	3	5	0.30	0.153	2.42	0.230	0.40	1.500	0.31	0.076	0.18	-0.384	155	38.461	518	0400.000	431	-1576.923	95	276.923
149.5	26	18	7	8	0.34	1.355	2.46	0.304	0.52	2.969	0.30	1.011	0.23	-0.363	197	304.232	431	1197.090	360	1931.216	112	-432.539
149.5	26	18	3	8	0.31	0.952	2.47	0.542	0.41	3.253	0.28	0.747	0.16	-1.210	169	85.978	471	-0707.672	370	-0597.830	87	-015.873
149.5	18	26	7	5	0.29	0.923	2.48	-3.461	0.33	0.346	0.24	-0.115	0.23	-1.038	151	307.692	375	-0784.615	305	-0576.923	88	-030.769
149.5	18	26	3	5	0.30	0.884	2.54	-1.846	0.44	1.846	0.26	0.230	0.26	-1.653	185	692.307	442	1438.461	350	-0384.615	93	176.923
149.5	18	18	7	8	0.34	1.455	2.31	0.264	0.50	2.923	0.29	0.919	0.18	-1.058	180	476.190	486	1091.269	370	2222.222	85	-080.687
149.5	18	18	3	8	0.33	1.236	2.45	0.171	0.50	2.698	0.30	0.925	0.19	-1.276	160	410.052	539	2109.788	287	3346.560	82	048.941
80.5	26	26	7	5	0.31	0.538	3.10	-4.923	0.46	1.115	0.25	0.153	0.15	-0.807	166	307.692	542	-1253.846	440	-2923.077	84	061.538
80.5	26	26	3	5	0.33	0.307	2.75	-7.076	0.48	1.769	0.28	0.115	0.17	0.538	175	192.307	482	-0484.615	277	-0576.923	77	-023.076
80.5	26	18	7	8	0.32	1.666	2.45	-0.304	0.51	2.466	0.29	0.595	0.19	-1.058	186	257.936	457	1216.931	380	1904.762	83	-047.619
80.5	26	18	3	8	0.34	0.839	2.46	1.296	0.48	3.240	0.29	0.773	0.19	-0.899	180	26.455	502	0886.243	380	1587.301	93	-082.010
80.5	18	26	7	5	0.30	0.461	2.51	-1.769	0.47	1.730	0.29	0.000	0.24	0.846	151	423.076	411	0461.538	294	0846.153	88	-092.307
80.5	18	26	3	5	0.32	1.461	2.39	-0.384	0.38	2.115	0.25	0.346	0.31	0.000	183	553.846	438	0461.538	372	-0461.538	86	138.461
80.5	18	18	7	8	0.33	0.998	2.46	-2.499	0.52	3.571	0.29	1.236	0.24	-0.284	181	628.306	573	0562.169	475	0873.015	93	-169.312
80.5	18	18	3	8	0.33	2.050	2.52	-1.706	0.51	2.936	0.30	0.879	0.22	-1.130	143	370.370	517	2857.142	402	3955.026	95	-043.690
46	22	22	5	5	0.39	0.698	2.37	-0.649	0.49	2.922	0.29	0.762	0.21	-0.243	219	746.753	676	3717.532	489	5844.156	111	-142.857
184	22	22	5	5	0.37	1.120	2.51	-0.389	0.50	1.899	0.29	0.487	0.21	-0.551	189	259.740	513	0568.181	426	0487.013	88	069.805
115	14	22	5	8	0.38	1.152	2.36	1.785	0.47	1.136	0.28	0.243	0.20	-0.649	207	373.376	641	1858.766	600	1493.506	89	115.259
115	30	22	5	8	0.40	1.233	2.65	-0.016	0.51	2.694	0.27	0.795	0.20	-0.146	171	292.207	519	0373.376	423	0000.000	81	126.623
115	22	14	5	10	0.37	0.988	2.50	-8.309	0.53	1.595	0.30	-0.202	0.20	0.166	173	404.761	686	0083.333	409	3476.190	89	-090.476
115	22	30	5	5	0.33	1.200	2.21	0.266	0.43	2.366	0.31	0.433	0.27	-3.266	250	866.666	567	1100.000	292	0466.666	93	-280.000
115	22	22	1	8	0.37	1.980	2.75	1.980	0.43	3.068	0.27	0.698	0.25	0.551	204	178.571	544	0941.558	583	1363.636	84	147.727
115	22	22	9	8	0.41	0.649	2.62	-2.175	0.45	1.737	0.25	0.162	0.19	-0.113	180	389.610	451	0500.649	408	2045.454	85	064.935
**115	22	22	5	8	0.36	1.525	2.54	1.006	0.46	1.688	0.27	0.503	0.21	-0.730	194	211.038	587	1379.870	486	1688.311	91	092.532

* (N) = Fertilización nitrogenada

(FA) = Frecuencia de aplicación de N (días)

(FC) = Frecuencia de cortes (días)

(AC) = Altura de corte (cm)

** Promedio de 7 tratamientos parte central

Con excepción de esta última variable podemos decir que no se detecta significancia en el efecto de las demás variables.

El mayor valor en contenido de calcio se obtuvo para cada una de las cinco alturas de corte cuando se aplicó la dosis máxima de nitrógeno y la frecuencia de corte y de aplicación fue de 14 días. Sin embargo, la diferencia entre los valores de calcio no es tan apreciable, en los diferentes tratamientos, que resultaría más práctico ubicarnos en los valores centrales. Por ejemplo, para los menores valores de las variables, se obtuvo 0,40 por ciento de calcio en el forraje, en los valores máximos de las mismas variables se notó una disminución del 50 por ciento con relación a los menores valores. En cambio en los valores centrales fue de 0,46 por ciento.

El ritmo de acumulación de calcio en el pasto, aunque con tasas muy bajas, sin embargo, fue relativamente uniforme y creciente para las diferentes combinaciones de los tratamientos.

Azufre

En el Cuadro 4 se presentan los contenidos promedios de azufre y sus tasas de producción en el pasto durante la fase experimental y su correspondiente Andeva en el Cuadro 9 del Apéndice, donde el efecto de los tratamientos se observa estadísticamente significativo al nivel de 0,01 por ciento de probabilidad.

En el Cuadro 2, los coeficientes de la función de producción, indican que el nitrógeno ocasionó una disminución de 0,4 por ciento en el contenido de azufre por cada kilo de nitrógeno aplicado, la tendencia posterior es decreciente para dicho contenido. El ritmo de

acumulación de azufre fue notorio pero estadísticamente no significativo.

Las frecuencias de corte y de aplicación ocasionaron un aumento en el contenido de azufre de 0,8 y 0,4 por ciento, respectivamente, y posteriormente se produce un descenso con la frecuencia de aplicación a una tasa de 0,22 por ciento. A su vez, la frecuencia de corte muestra un efecto positivo a una tasa de 0,002 por ciento por cada día de aplicación.

En relación con el azufre, se podría decir que no hubo un efecto significativo de las cuatro variables como para considerar situaciones críticas.

Manganeso

Al igual que para las otras variables, los contenidos de Mn y sus tasas de producción, se presentan en el Cuadro 4 y su correspondiente análisis de variancia en el Cuadro 10 del Apéndice. Se observa que el efecto de los tratamientos es lineal y estadísticamente significativo al nivel de 0,05 de probabilidad.

Las cuatro variables en estudio ocasionaron al principio un sensible aumento en el contenido de Mn para después ocasionar un efecto negativo que repercuta en el bajo contenido del elemento en cuestión.

Este aumento inicial es más pronunciado debido a la influencia de la frecuencia de aplicación, altura de corte y frecuencia de corte, que genera un contenido de 30,0; 27,9; y 20,4 ppm, respectivamente, por cada unidad básica en dichas variables. También el nitrógeno

produce un incremento a razón de 0,84 ppm por cada kilo aplicado.

El ritmo de producción crece para todas las variables excepto para frecuencia de corte que hace disminuir dicho ritmo a una tasa de 0,05 ppm. Las otras tres variables muestran un ritmo de acumulación de Mn de manera positiva pero a tasas muy bajas. Para la frecuencia de aplicación y altura de corte la razón de acumulación es negativa pero también a tasas muy bajas. A pesar de todas estas consideraciones parece que el efecto de cada una de dichas variables no es tan significativo como para considerarlo crítico en nuestras condiciones experimentales.

El mayor contenido de Mn se obtuvo con la aplicación de 46 kilos de N cada 18 días, cortando a los 30 días y a una altura de 1 cm.

Con respecto a las tasas, se observó que el ritmo de acumulación fue creciente y uniforme para las diferentes combinaciones de tratamientos.

Aluminio

En el Cuadro 4 se presentan los contenidos de Al y sus correspondientes tasas de producción en el pasto y en el Cuadro 11 del Apéndice su correspondiente Andeva. El efecto de los tratamientos es significativo al nivel de 0,05 por ciento de probabilidad.

Al analizar el Cuadro 3 se observa que según los coeficientes de la función de producción por cada kg de nitrógeno aplicado se aumenta en 3,34 ppm el contenido de aluminio. El ritmo de acumulación de aluminio en el pasto decrece a una tasa de 0,055 ppm por cada kilo gramo de nitrógeno aplicado.

A su vez, la frecuencia de corte tiene un efecto estimulante en el contenido de aluminio alcanzándose un contenido de 103,14 ppm a un ritmo creciente de acumulación de aluminio de 0,509 ppm por cada día en el intervalo de corte.

Se puede decir que la altura de corte también ejerce su influencia en el contenido de aluminio. A pesar de haber un decremento en el ritmo de acumulación de aluminio de 0,844 ppm por cada cm en el corte, su contenido alcanza a ser de 77,43 ppm por cada centímetro de corte.

Por otro lado, la frecuencia de aplicación causa una disminución en la producción de 12,37 ppm y el ritmo de acumulación de aluminio es creciente a una tasa de 1,44 ppm por día de aplicación.

La mayor tendencia positiva en el ritmo de acumulación o del contenido de aluminio se obtuvo para todas las combinaciones a alturas mayores (7 y 9 cm) no así para la altura de 1 cm.

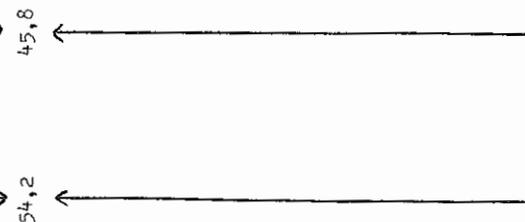
Por la característica de los resultados del análisis, se detecta el efecto de las cuatro variables en estudio sobre el contenido de aluminio en las condiciones experimentales bajo las cuales se llevó a cabo la prueba.

Finalmente, se puede destacar que a medida que aumentan las alturas de corte y se mantienen los más bajos valores de dosis de nitrógeno, altura y frecuencia de corte, el contenido de aluminio fue mayor.

4.6 Efecto de los tratamientos en la composición botánica

En el Cuadro 5 se presentan los valores de la composición botánica inicial y los resultados de la composición botánica final para cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	ESTRELLA				MALEZA		Total	Estrella final %	Maleza final %
	X ₁ (N)	X ₂ (FA)	X ₃ (FC)	X ₄ (AC)	% MS inicial	% MS final			
149,5	26	26	26	7	42	53	95	44,2	55,8
149,5	26	26	26	3	50	68	118	42,4	57,6
149,5	26	18	18	7	54	25	79	68,3	31,6
149,5	26	18	18	3	58	47	105	55,2	44,7
149,5	18	26	26	7	68	62	128	53,0	47,0
149,5	18	26	26	3	73	75	148	49,3	50,8
149,5	18	18	18	7	43	34	78	55,1	43,5
149,5	18	18	18	3	62	19	81	76,5	23,4
80,5	26	26	26	7	54	64	118	45,7	54,2
80,5	26	26	26	3	63	72	134	47,0	52,9
80,5	26	18	18	7	57	17	74	77,0	22,9
80,5	26	18	18	3	27	42	69	39,3	60,8
80,5	18	26	26	7	36	43	79	45,5	54,4
80,5	18	26	26	3	48	52	100	48,0	52,0
80,5	18	18	18	7	49	19	68	72,0	27,9
80,5	18	18	18	3	57	23	80	71,2	28,7
46	22	22	22	5	36	22	58	62,0	37,9
184	22	22	22	5	53	26	79	67,0	32,9
115	14	22	22	5	22	32	54	40,7	59,2
115	30	22	22	5	33	75	108	30,5	69,4
115	22	14	22	5	48	68	116	41,3	58,6
115	22	22	22	5	32	36	68	47,0	52,9
115	22	22	22	1	44	46	90	48,8	51,1
115	22	22	22	9	68	34	102	66,6	33,3
115	22	22	22	5	22	42	64	34,3	55,6
115	22	22	22	5	76	27	103	73,7	26,2
115	22	22	22	5	83	11	94	88,2	11,7
115	22	22	22	5	39	21	60	65,0	35,0
115	22	22	22	5	52	11	63	82,5	17,4
115	22	22	22	5	16	75	91	17,5	82,4
115	22	22	22	5	60	39	99	60,6	39,4



N = Fertilización nitrogenada kg/ha seis meses
 FA = Frecuencia de aplicación de N (días)
 FC = Frecuencia de cortes (días)
 AC = Altura de corte (cm)

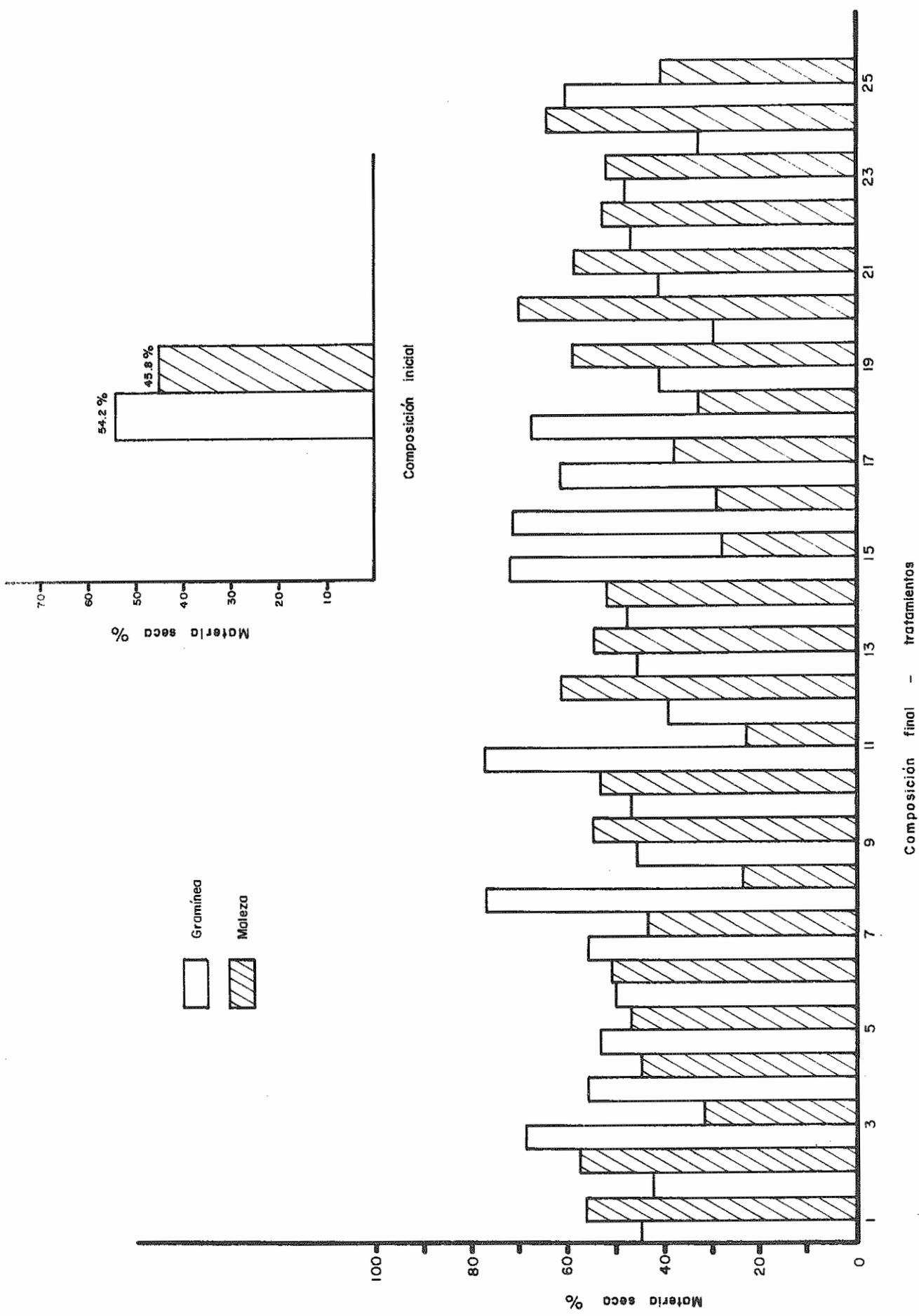


Fig.10 Cambios en la composición botánica

5. DISCUSION

5.1 Consideraciones sobre la medida de los parámetros de comparación

En general, es muy difícil calcular el efecto aislado en la función de producción de cada una de las variables estudiadas ya que todas ellas interaccionan.

En relación con las dosis de nitrógeno, un problema en la evaluación de este parámetro es que se ha encontrado una respuesta en las especies forrajeras de crecimiento estolonífero, a dosis tan altas como por ejemplo, 400 kilos de nitrógeno aplicados cada 35 días y casi siempre el único medio para tal evaluación es más de índole económica, que agronómica.

Otro problema cuando carecemos de riego, como en nuestro caso, es la influencia de la precipitación en la disponibilidad del nitrógeno que ocasiona un rango de variación alto si comparamos épocas secas y épocas húmedas durante años anormales.

Finalmente, podríamos anotar que la fuente de nitrógeno utilizada tiene marcado efecto en la rapidez de la respuesta del pasto en condiciones de suficiente humedad: El intervalo-frecuencia de aplicación como interpretación de resultados es problemático porque produce desigualdad en el número de observaciones. Así, por ejemplo, a mayor intervalo menor frecuencia de aplicación y viceversa.

El efecto residual del fertilizante está influenciando altamente en la medición del intervalo-frecuencia de aplicación.

Sobre intervalo-frecuencia de corte, la primera consideración

del caso anterior también es aplicable para este parámetro.

Agregándose que el intervalo-frecuencia de corte varía fundamentalmente de acuerdo con la acumulación de reservas en la planta y estas variaciones no se han determinado para la especie estudiada en la presente investigación. En relación con la altura de corte, resulta difícil simular con el corte el efecto del animal. Hay mucha diferencia entre el efecto mecánico que tiene el corte en comparación con el efecto causado por el animal que frecuentemente es mucho mayor. Para determinar este parámetro es necesario considerar que el índice de área foliar varía de acuerdo con la altura de la planta.

Correlacionando cantidad y calidad en el forraje podríamos decir que cuando dicha correlación se hace entre cantidad de forraje verde y cantidad de materia seca resulta ser elevada y cuando la hacemos en términos de cantidad o volumen de forraje verde con porcentaje de materia seca, dicha correlación suele ser muy baja, insignificante y a veces negativa.

5.2 Rendimiento y porcentajes de materia seca en el pasto y producción de forraje verde

La variable de respuesta materia seca será considerada para efectos de su discusión bajo los siguientes aspectos: rendimiento y tasas de producción y porcentajes.

En cuanto al rendimiento, se observa que las cuatro variables independientes en estudio causan inicialmente una disminución en el rendimiento de materia seca para después aumentar siguiendo una tendencia cuadrática, siendo la frecuencia de corte la que parece tener una

mayor influencia. Esto indica que a cortes frecuentes la producción de materia seca disminuye y cuando el intervalo frecuencia de corte aumenta hasta cada 22 días esa producción es mayor para seguir después constante. Podría explicarse este hecho indicando que la planta alcanza una mayor recuperación en términos de área foliar lo que le permite una tasa de fotosíntesis más acelerada lo cual repercutiría en una tasa de incremento mayor. La altura de corte sigue la misma tendencia o sea que alturas de corte bajas producen más cantidad de materia seca. Pero desde el punto de vista de utilización de forraje por el animal, es poco probable que ocurran pastoreos inferiores a cinco centímetros y considerando el aspecto de producción, el corte a cinco centímetros sería el más aceptable, aunque el máximo rendimiento se alcance cortando a un centímetro de altura.

El intervalo frecuencia de aplicación de nitrógeno presenta la misma tendencia cuadrática que las dos variables anteriores. A medida que se aumenta el intervalo de aplicación de nitrógeno el rendimiento de materia seca inicialmente aumenta y luego tiende a estabilizarse. Esto posiblemente es debido a que cuando el nitrógeno se aplica a intervalos más amplios la planta no se encuentra en un estado activo de crecimiento y por consiguiente su capacidad de asimilación de nutrientes podría ser menor. El ritmo de incremento de materia seca debido a la aplicación de dosis de nitrógeno cada vez más altas siguió una tendencia cuadrática lo cual está de acuerdo con la literatura consultada (25,42). Esta tendencia puede deberse a la deficiencia de otros nutrientes en el suelo diferentes al nitrógeno, posiblemente el

azufre, y en parte al efecto residual acidificante que altas dosis de nitrógeno tienen en el suelo.

Las tasas de rendimiento de materia seca indican que las dosis de nitrógeno, el intervalo-frecuencia de aplicación de nitrógeno, la altura y el intervalo-frecuencia de corte siguen una tendencia cuadrática muy definida. El ritmo de producción de materia seca representado en sus tasas, decrece inicialmente y después aumenta hasta los niveles intermedios para después decaer en su tendencia cuadrática.

Se considera que los bovinos no aprovechan más de un 7 por ciento de proteína cruda provenientes de los forrajes y este porcentaje se alcanza a una edad temprana, por lo tanto, esta no sería una limitación para el corte temprano. Si el corte se efectúa cada 14 días se podrían hacer 26 cortes o pastoreos por año, sin embargo, si se hace cada 22 días podríamos tener 16 cortes. Según los datos obtenidos no existe una diferencia apreciable en rendimiento de materia seca entre los cortes efectuados cada 14 días y los efectuados cada 22 días, por lo tanto, si tenemos en cuenta la consideración anterior, la producción de forraje por hectárea y por año sería mayor cuando los cortes se hacen cada 14 días.

De acuerdo con la Tabla 2 de predicción y la Figura 6 y 7, el rendimiento de materia seca, con las diferentes dosis de nitrógeno y la menor frecuencia de aplicación (14 días), aumenta con las alturas y frecuencias de corte, notándose que el rendimiento de materia seca se incrementa mayormente con los valores centrales que con los máximos valores de cada una de las variables. Se observa además, que con

las diferentes dosis de nitrógeno y la frecuencia de aplicación mínima (14 días), a medida que aumenta la frecuencia de corte el rendimiento disminuye para cada una de las alturas.

Al utilizar la mayor frecuencia de aplicación (30 días), para las diferentes dosis de nitrógeno, y a medida que aumenta la frecuencia de corte, la producción de materia seca sufre incrementos más pronunciados a partir de los valores centrales para cada una de las alturas de corte, siendo ese incremento mayor con la altura de 9 centímetros (Figuras 8 y 9).

En cuanto al porcentaje de materia seca, al hacer su análisis se observa que las dosis de nitrógeno ocasionaron un marcado efecto sobre esta variable de respuesta. Inicialmente se presentó un ligero aumento para después decaer; es posible que se haya presentado escasez de algún nutrimento en el suelo diferente al nitrógeno, posiblemente azufre, y una vez que el fertilizante completo fue aprovechado por la planta ya que se originó un incremento en el porcentaje de materia seca.

Escobar, Ramírez y Lotero (25) determinaron que la producción de forraje seco por cada kg de nitrógeno aplicado disminuyó al aumentar las dosis de nitrógeno. Gomide et al (30) encontraron que en el pasto Bermuda el porcentaje de materia seca decreció con la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los estados tempranos de crecimiento no así en los más avanzados de madurez, además que el porcentaje de materia seca decreció con la fertilización nitrogenada y afirman que este resultado concuerda con los de varios investigadores citados por

ellos. La frecuencia de aplicación ocasionó una tendencia a la disminución del porcentaje de materia seca. Esto concuerda con lo mencionado por los autores anteriores (30); quienes comprobaron que por efecto del aumento en la frecuencia de aplicación el forraje seco producido disminuyó y al aumentar el intervalo de aplicación dicha producción también disminuyó.

Hay evidencias que la producción de materia seca aumenta por el alargamiento entre los intervalos de defoliaciones. Binnie y Harriatong (8) afirman que los aumentos obtenidos por ellos en la producción de materia seca fueron el resultado de un rebrote más vigoroso del pasto asociado con el más largo período de crecimiento. Cuando se aumentó el intervalo entre cortes aumentó la producción.

La altura de corte al igual que la variable anterior produjo un decremento en el porcentaje de materia seca. Los trabajos de Caro-Costas y Vicente-Chandler (19) con cinco gramíneas tropicales mostraron que la altura de corte produjo una reducción en la materia seca producida.

A medida que se bajó la altura de corte aumentó la producción de materia seca. Los beneficios de un corte bajo solamente pueden obtenerse cuando se logra suficiente y rápido rebrote del pasto. En los trabajos de Binnie (8), cuando se redujo el corte de 5' a 1' se incrementó la materia seca en un 34,6 por ciento, pero cuando se hizo de 5' a 3' sólo fue de 4,6 por ciento. El autor señala que estos resultados son similares a los obtenidos por Robinson y Sprague, Longille, Warren y Reid (8). Agrega el mismo autor que Stapledon compara el

corte a ras y a 2' y Roberts y Hunt a 1/2 y 1'. En ambos casos la más baja fue tanto o menos intensa que en nuestro caso. Posiblemente la menor altura nuestra de 1 cm debido al intervalo de corte permitió un ligero rebrote que no fue suficiente para superar el corte a 5 cm. Podría esperarse que esta disminución sea mayormente ocasionada por la reducción del área fotosintética y agotamiento de las reservas en el pasto y la baja luminosidad que hubo durante el período del ensayo, debido a la mucha nubosidad.

Sobre la producción de forraje verde puede decirse que debido al contenido de agua en el pasto verde el animal poco la utiliza en su metabolismo, y por tanto no representa una variable de respuesta tan importante como la materia seca, sin embargo, la correlación es alta entre el volumen de forraje verde y el rendimiento de materia seca mientras que con el porcentaje de materia seca es baja y puede llegar a ser negativa como se anotó anteriormente.

Al establecer relación entre cantidad y calidad del forraje se hizo mención al factor consumo. Este aspecto tiene gran importancia porque es directamente responsable de la producción por animal y el volumen de forraje verde tiene que ver con el consumo. El análisis de los resultados de este trabajo y los gráficos de la Figura 4 explican aspectos importantes sobre la producción de forraje verde y el efecto que sobre dicha producción tienen las variables estudiadas.

5.3 Contenido de proteína

Si se observan las tasas de incremento de proteína, la frecuencia

de corte tuvo el efecto negativo más marcado, mientras más frecuentemente se cortó el pasto menor fue la tasa de incremento. Esta tendencia es similar a la que sigue la producción de forraje seco por efecto de la aplicación de nitrógeno y de acuerdo con la literatura consultada (24, 25), el nitrógeno es uno de los nutrimentos que más influye en el contenido de proteína y con aplicaciones más frecuentes la tasa de incremento en el porcentaje de proteína es mayor.

En cuanto a la altura de corte se observó que cortes más bajos produjeron las mayores tasas de acumulación de proteína; esto puede deberse a que dichos cortes estimulan un mejor aprovechamiento de las reservas de la planta lo que resultó en una mayor recuperación con calidad (proteína) más alta. Las dosis de nitrógeno prácticamente no tienen efecto en las tasas, sin embargo se observa una ligera tendencia a disminuir la tasa de producción de proteína con dosis altas de nitrógeno; la frecuencia de aplicación sí tuvo un efecto marcado. Prácticamente a medida que aumenta el nitrógeno la cantidad de este elemento que pasa a formar parte de la proteína no sufre cambios apreciables. Es factible que en cierto estado fisiológico sea la planta la que condiciona la tasa de acumulación de proteína (Tabla 3).

Haciendo un análisis de los coeficientes de la función de producción, en el Cuadro 3 puede estimarse que al aumentar la cantidad de nitrógeno aplicado, dosis mayores de 115 kg/ha ocasionaron disminución del porcentaje de proteína en el pasto. Podría haber ocurrido el fenómeno de dilución de la proteína en el follaje.

La frecuencia de aplicación tuvo efecto muy positivo en el porcentaje de proteína. Aún con la máxima frecuencia de aplicación el

pasto mostró alto contenido semejante al conseguido con frecuencias más bajas. Esto puede explicarse debido a que el pasto se mantuvo siempre tierno en ambas épocas de aplicación y el porcentaje de fibra posiblemente no tendió a aumentar en este intervalo tan corto. Se podría pensar que el aumento en el porcentaje de materia seca con llevó un aumento en el contenido de proteína.

Knutti y Hidiroglov (39) pudieron determinar que en el pasto timoty el contenido de proteína aumentó cuando aumentó la frecuencia del corte.

La altura de corte influyó en forma significativa en el contenido de proteína. Cortes bajos produjeron forraje con un menor contenido de proteína que el pasto cortado a mayor altura. Esto es explicable debido a la tendencia de las gramíneas a aumentar el contenido de fibra y disminuir el contenido de proteína en los tejidos más viejos que en los terminales.

5.4 Composición química

Las dosis de nitrógeno influyeron positivamente en el contenido de calcio. En términos generales, la literatura revisada indica que el contenido de calcio no es afectada por las dosis y frecuencias de nitrógeno (25, 42).

La altura de corte fue la variable que mayormente influyó en el contenido de calcio. Este elemento está muy relacionado con la constitución de la pared celular. Es posible que su aumento en el pasto hubiese estado en relación con la edad de los tejidos de la planta. Por tanto, las reservas que la planta tenía fueron utilizadas

mayormente al hacer cortes más bajos.

El nitrógeno causó una disminución en el contenido de azufre.

Woodhouse (69) encontró que la aplicación de nitrógeno disminuyó la concentración de azufre en el pasto Bermuda, particularmente a los rangos más altos. Sus resultados muestran que había una relación positiva entre la relación $\frac{N}{S}$ y el rango más alto de nitrógeno aplicado y consideró como un valor normal de la relación $\frac{N}{S}$ de 12-17.

El nivel óptimo de S en los pastos parece ser influenciado por su estado de nitrógeno. Los niveles de nitrógeno parecen ser aproximadamente proporcional a los niveles de S y el nitrógeno tiene un efecto altamente significativo sobre la relación N/S. A medida que se aumenta la dosis de N aumenta esa relación hasta llegar a un máximo.

Por el contrario las frecuencias de corte y de aplicación causaron aumento en el contenido de azufre de 0,8 y 0,4 por ciento, respectivamente.

La altura de corte influyó en el contenido de este elemento en la planta. Es de notarse que debido a la naturaleza inmóvil del azufre su distribución es irregular. Cuando es deficiente sus efectos se notan en la parte superior de la planta donde están los tejidos jóvenes.

El nitrógeno en forma de NH_4^+ estimula la absorción de azufre por las plantas mientras que el nitrógeno en forma de NO_3^- tiende a disminuirla. El azufre constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, que forman parte de las proteínas de las plantas juega un papel fundamental en el metabolismo del nitrógeno.

En relación con el manganeso, se encontró aumento en su contenido en la planta de 0,84 ppm por cada kilo de nitrógeno aplicado. Hemingway (36) estudió el efecto de la aplicación de nitrógeno durante tres años y afirma que el sulfato de amonio aumentó grandemente el contenido de manganeso en el pasto durante el período hasta el estado de corte para ensilaje. Sobre todo el nitrógeno duplicó el contenido de manganeso en relación con el testigo.

La tendencia fue siempre lineal en relación con las otras tres variables. En las condiciones de estos suelos donde se llevó la prueba el contenido de manganeso es bastante elevado (1200 ppm) y no se presentan problemas en el pasto. Roldan (61) llevó a cabo estudios de suelos de región oriental de la Meseta Central de Costa Rica y pudo establecer que en estos suelos volcánicos el contenido de manganeso es elevado (1500 ppm).

Es bien conocido que las aplicaciones de nitrógeno pueden ocasionar una alta solubilidad del manganeso. Esto podría confirmar estos resultados.

El manganeso juega un papel importante en la planta pues actúa como un activador no específico de por lo menos 28 enzimas.

Gomide et al (30) comprobaron que la frecuencia de aplicación solo tuvo un efecto en el aumento del contenido de manganeso en contraste con otros elementos estudiados. Este incremento fue cerca de 41 ppm para varias especies.

El contenido de aluminio en la planta aumentó por efecto de las dosis de nitrógeno. El contenido de aluminio total en estos suelos es bastante alto (90.000 ppm). El aluminio es el elemento más

abundante en el pasto de todos los elementos analizados en la serie Juray. El máximo valor encontrado en la zona radical fue de 15 por ciento y se encontraron valores entre 9.000 y 40.000 ppm de Al en las raíces del pasto Estrella*.

La frecuencia de corte estimuló el contenido de aluminio y por el contrario la frecuencia de aplicación causó un decremento.

La altura de corte aumentó el contenido de dicho elemento.

Berlanga* encontró que la acumulación de aluminio fue mayor en las raíces luego en los tallos y menor en los terminales del pasto Estrella.

Con alturas de 7 y 9 cm hubo mayor acumulación de este elemento. Se puede agregar que la aplicación frecuente de nitrógeno tiende a acidificar el suelo pudiendo conducir a efectos tales como alto contenido de Al y puede volverse tóxico a las plantas. Aunque en el presente caso, por efecto del nitrógeno fue mayor su contenido en la planta pero no alcanzó niveles críticos.

Un aspecto de importancia que debe destacarse es el relacionado con el contenido de fósforo en la planta. El porcentaje de este elemento en los pastos varía normalmente entre 0,10 y 0,24 por ciento con un valor medio de 0,21 por ciento. De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación el contenido de fósforo varía entre 0,29 y 0,41 por ciento. Entre los tratamientos no se detectó diferencia estadísticamente significativa siendo estos valores considerados como altos.

* Berlanga, S. I. Información personal.

El rango de contenido total de fósforo en los suelos de Centro América oscila entre 0,03 y 0,25 por ciento. La concentración total tiende a ser más elevada a medida que prevalece la influencia volcánica en los suelos. El principal problema es la retención en forma de fosfatos de hierro y aluminio poco asequibles para las plantas. A medida que los suelos se meteorizan mayor cantidad de fósforo es retenido por el hierro. Los suelos jóvenes de Centro América son principalmente derivados de cenizas volcánicas y el problema radica en que el fósforo reacciona con el aluminio y es difícil que se presente un exceso de fósforo (9).

A la siembra del pasto el lote recibió fertilizante fosforado, más tarde a los tres meses, cuando se inició el experimento recibió una aplicación básica de fertilizante completo. El fósforo disponible en el suelo antes de fertilizar fue de 0,016 por ciento; es posible que el fertilizante haya contribuido en parte al alto contenido de fósforo en el pasto pero la justificación más importante puede estar en el reciclaje del fósforo entre la planta y el suelo. Se ha encontrado que el volumen de raíces de los pastos en esta área puede alcanzar hasta 10 toneladas por hectárea de materia seca y la concentración de fósforo disponible se ha encontrado ser mayor en la zona radical, probablemente debido a la mayor abundancia de materia orgánica*.

5.5 Composición botánica

En la Figura 10 se puede observar el efecto de cada uno de los

* Berlanga, I. Comunicación personal.

tratamientos en relación con los cambios de la composición botánica. En realidad el período experimental fue demasiado corto para hacer una evaluación más precisa de estos cambios. La condición de la pradera inicialmente refleja un mayor porcentaje del pasto Estrella en relación con las otras especies. Sin embargo, se nota que en 13 de los 25 tratamientos la proporción de malezas fue superior a la de la gramínea en estudio. Debido a las interacciones de las cuatro variables resulta difícil establecer cuál de las cuatro ocasionó un mayor cambio.

Con el tratamiento central hubo predominio de la gramínea sobre la maleza. Con la menor altura de corte y los otros tratamientos centrales hubo un predominio marcado de las malezas y en las mismas condiciones con la mayor altura el pasto predominó sobre la maleza. Manteniendo los tratamientos centrales se obtuvo con la mayor frecuencia de nitrógeno una disminución del pasto y con la menor que fue de 14 días, un resultado similar.

Variando solamente la frecuencia de corte notamos que a los 14 días predominó la maleza pues hubo 41,3 por ciento de materia seca del pasto con 58,7 por ciento de la maleza y a los 30 días de frecuencia de corte una proporción muy similar. Variando solamente la dosis de nitrógeno y manteniendo la otra parte central hubo un predominio muy marcado del pasto de 67 por ciento y con la menor dosis el predominio fue también marcado. Aparentemente el efecto de la frecuencia y la al tura de corte fue mayor aún cuando el mayor cambio se obtuvo con los tratamientos centrales y la mayor frecuencia de aplicación.

6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Las respuestas más recomendables se obtuvieron con los valores de 230 kg/ha/año de nitrógeno aplicado cada 30 días con una frecuencia de corte de 22 días y una altura de corte de 5 cm.
2. La dosis de nitrógeno de 300 kg/ha/año aumentó el rendimiento de materia seca en 0,20 ton/ha/año en relación con el tratamiento central de 230 kg de N/ha/año.

El aumento de la dosis de nitrógeno en las diferentes frecuencias de aplicación y de corte, hace aumentar el ritmo de producción de materia seca a medida que la altura de corte aumenta, notándose un efecto mayor cuando se corta a 7 y 9 cm del suelo.

3. La altura de corte se relacionó inversamente con el porcentaje de materia seca.
4. El porcentaje de proteína cruda aumentó con la aplicación de nitrógeno hasta 230 kg/ha/año y disminuyó a dosis mayores.

Con las diferentes dosis y frecuencias de aplicación de nitrógeno el porcentaje de proteína cruda aumentó con las alturas de corte y con la frecuencia de corte de 14 días, por el contrario, frecuencias mayores disminuyeron el porcentaje de proteína del pasto.

5. El contenido de calcio fue afectado positivamente por la altura de corte encontrándose un incremento de 7,7 por ciento por cada centímetro de aumento en la altura de corte.

6. Al aumentar las dosis de nitrógeno disminuyó en forma significativa el contenido de azufre en el forraje. La frecuencia de corte y de aplicación no tuvieron un efecto definido sobre el contenido de azufre.
7. El manganeso y el aluminio en términos generales, tendieron a aumentar su contenido en el forraje por efecto de los tratamientos.
8. El contenido de potasio fue alto y al igual que los demás nutrientes alcanzó valores adecuados para llenar los requisitos del animal.
9. El período experimental posiblemente fue corto para medir los cambios en la composición botánica y a pesar de la dificultad para establecer cual de los tratamientos afectó este parámetro, se puede decir que la altura y la frecuencia de corte tuvieron mayor influencia en los cambios.
10. Como el experimento se condujo en el período cuando empieza a declinar la tasa de crecimiento del pasto, los resultados promedio podrían estar castigados.
11. Finalmente, si se considera que un animal consume de 2 a 3 kilos de forraje seco por cada 100 kilos de peso vivo, y teniendo en cuenta una pérdida de forraje de 30 por ciento debido a factores de manejo, se podría tener una capacidad de carga de cinco animales por hectárea de un peso de 300 kilos cada uno.

7. RESUMEN

Se estudió el efecto de dosis de nitrógeno, intervalo-frecuencia de aplicación de nitrógeno y de corte y de las alturas de corte sobre la producción y composición del pasto Estrella Africana (Cynodon plectostachyus (K. Shum) Pilger). La investigación se llevó a cabo en el área de Ganadería Tropical y en los laboratorios del IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica, zona que ecológicamente pertenece al bosque tropical húmedo con temperatura media entre 22 y 27°C, precipitación media anual de 2.682,5 mm, humedad relativa de 87,7 por ciento y una altitud entre 580 y 990 m. Los suelos pertenecen a la Serie Juray, Clase II. El área experimental recibió una aplicación de 184 kg/ha de fertilizante 0-20-0 a la siembra del pasto y aplicación básica de 120 kg/ha de fertilizante 20-10-6-5.

Los objetivos fueron: Determinar la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizante nitrogenado más convenientes, establecer la altura y la frecuencia de corte, simulando presión de pastoreo, necesarios para una mayor recuperación del pasto, estudiarlos cambios en la composición botánica como efecto de tratamientos y determinar la composición química del pasto como efecto de los tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue superficie de respuesta con arreglo de "Compuesto Central y Rotable" de la forma $2^4 + 2 \times 4 + 7$, constituyendo los factores estudiados: Dosis de nitrógeno, intervalo-frecuencia de aplicación de nitrógeno, intervalo-frecuencia de corte y alturas de corte. Como fuente de nitrógeno se empleó nitrato de amonio (33,5% N).

Las respuestas se midieron en términos de cantidad de forraje verde, rendimiento y porcentajes de materia seca, proteína cruda, contenido de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Al, Zn y cambios en la composición botánica.

El estudio demostró que el rendimiento, la composición química y botánica fueron afectados por las variables estudiadas y que las respuestas más recomendables se obtuvieron con los valores de 230 kg/ha/año de nitrógeno aplicados cada 30 días con una frecuencia de corte de 22 días y una altura de corte de cinco centímetros.

Las variables de respuestas que mostraron diferencias significativas fueron: forraje verde, rendimiento y porcentaje de materia seca, proteína, calcio, azufre, manganeso y aluminio. La composición botánica fue afectado mayormente por las alturas de corte más bajas (1 y 3 cm) y la menor frecuencia de corte (14 días).

7a. SUMMARY

The effect of nitrogen levels, frequency of application, frequency of cutting and height of cutting on production and composition of African Star grass (Cynodon plectostachyus (K. Shum) Pilger) was here investigated. The study was carried out in the Animal Husbandry area and in the soils laboratory of IICA, Turrialba, Costa Rica. The area belongs to wet tropical forest formation with an average mean temperature of 22 to 27°C, average annual rainfall of 2,682.5 mm, relative humidity of 87.7 per cent and an average altitude of 580 to 990 m. The soils belong to Juray Serie, Class II. Initial fertilizer application to the experimental area were of 184 kg/ha single superfosphate (0-20-0) and 120 kg/ha of 20-10-6-5 mixture.

Objectives of the experiment were: to assess best levels and frequency of nitrogen application to establish height and frequency of cutting, simulating pasture pressure, required for better pasture recuperation; to study changes in botanic and mineral composition of the plant as affected by treatments.

The experiment design was a rotatable surface response ($2^4 + 2 \times 4 + 7$). Ammonium nitrate was the nitrogen source utilized.

Measurements were made on fresh weight matter yields, amount and percentage of dry matter, crude protein, nutrient contents of P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Al, Zn and changes in botanical composition.

Results showed that yields, chemical and botanical composition were affected by the studied variables. Best responses were obtained at the 230 kg/ha nitrogen level applied every 30 days, a frequency of

cutting of 20 days and a height of cutting of 5 cm.

The variables which have shown significant differences were: fresh weight matter, yield and percentage dry matter and protein, Ca, S, Mn and Al. Botanical composition was affected mainly by the lowest height of cutting (1 and 3 cm) and the lowest frequency of cutting (14 days).

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, A. V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 137 p.
2. BARNES, D. L. Growth and management studies on sabi panicum (*Panicum maximum*) and star grass (*Cynodon plectostachyus*). I. Rhodesia Agricultural Journal 57(5):399-411. 1960.
3. _____. Growth and management studies on sabi panicum (*Panicum maximum*) and star grass (*Cynodon plectostachyus*). II. Rhodesia Agricultural Journal 57(6):451-457. 1960.
4. _____. Dryland pastures. Rhodesia Agricultural Journal 65(1):6-13. 1968.
5. BARRERA, C. et al. Frecuencia de aplicación y dosis de nitrógeno en los pastos raigras anual y raigras inglés en la serie de suelos de Río Bogotá. Agricultura Tropical (Colombia) 26(12):812-821. 1970.
6. BASTIDAS, R. A. Frecuencia de corte y aplicación de nitrógeno en cuatro gramíneas de clima frío. Agricultura Tropical (Colombia) 23(11):747-756. 1967.
7. BATEMAN, J. V. Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. Herrero Hermanos Sucesores. México, D.F. 1970.
8. BINNIE, R. C. y HARRINGTON, J. F. The effect of cutting height and cutting frequency on the productivity of an italian ryegrass swar. Journal British Grassland Society 27(3): 177-182. 1972.
9. BLASCO, L. M. Nutrición de plantas. In Curso sobre Producción y utilización de Forrajes, Guatemala, 1972. Trabajos. Guatemala, IICA, Zona Norte, 1972. p. irr.
10. BLUE, W. G. Fertilizer nitrogen uptake by pensacola bahia grass (*Paspalum notatum*) from Leon fine sand a spodosol. In International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings. Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 389-392.
11. BOWER, C. A. et al. Exchangeable cation analysis of saline alkaline soil. Soil Science 73(4):251-261. 1952.

12. BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59(1):39-45. 1945.
13. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. et al., eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1171-1175.
14. BRYAN, W. W. Changes in botanical composition in some subtropical sown pastures. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings*. Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 636-638.
15. BURTON, G. W., SOUTHWELL, B. L. y JONSON Jr., J. C. The palatability of Coastal Bermuda grass (*C. dactylon* (L) Pers) as influenced by nitrogen level and age. *Agronomy Journal* 48(8):399-402. 1956.
16. CAMERON, H. I. y CANNON, D. J. Changes in the botanical composition of pasture in relation to rate of stoking with sheep, and consequent effects on wool production. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings*. Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 640-642.
17. CAREY, V., MITCHEL, H. L. y ANDERSON, K. Effects of nitrogen fertilization on the chemical composition of bromegrass. *Agronomy Journal* 63(1):33. 1971.
18. CARO-COSTAS, R., VICENTE-CHANDLER, J. y FIGARELA, F. The yields and composition of five grasses growing in the humid mountains of Puerto Rico, as affected by nitrogen fertilization season, and harvest procedures. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 44(3): 107-120. 1960.
19. _____ y VICENTE-CHANDLER, J. Cutting height strongly affects yields of tropical grasses. *Agronomy Journal* 53(1):59-60. 1961.
20. _____ y VICENTE-CHANDLER, J. Effects of two cutting heights on yield of five tropical grasses. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 45(1):46-49. 1961.
21. CUBILLOS, F. G. y MOTT, G. O. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. *Agricultura Técnica (Chile)* 29(4):178-184. 1962.

22. CHAUDRY, I. A. Studies on sulphur metabolism in soil. Ph.D. Thesis. London, Imperial College of Science and Technology, University of London, 1966. 186 p.
23. _____ y CORNFIELD, A. H. The determination on total sulphur in soil and plant material. *Analyst* 91(1085):528-530. 1966.
24. CHICCO, C. R. Estudio de la digestibilidad de los pastos en Venezuela. IV. Valor nutritivo del pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) en varios estados de crecimiento. *Agronomía Tropical* 22(2):57-63. 1962.
25. ESCOBAR, R. L., RAMIREZ, P. A. y LOTERO, J. Dosis de nitrógeno y frecuencia de aplicación en el pasto Coastal Bermuda. *Revista ICA (Colombia)* 4(4):269-276. 1969.
26. FORSYTHE, W. M. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 216 p. (Mimeografiado).
27. FOX, R. L. Evaluating the sulphur status of soils by plant and soil test. *Soil Science Society of American Proceedings* 28:243-246. 1964.
28. GARRIDO, O. Growth of star grass and pangola grass. *Herbage Abstracts* 35(3):192. 1965.
29. GOMIDE, J. A. Effect of plant age and nitrogen fertilization on the chemical composition and in vitro cellulose digestibility of tropical grasses. *Agronomy Journal* 61(1):116-119. 1969.
30. _____ et al. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 61(1):120. 1969.
31. HARDY, F. *Edafología tropical*. México, D.F., Herrero, 1970. 416 p.
32. HARLAN, J. R., DEWET, J. M. y RAWAL, K. W. Geographic distribution of the species of *Cynodon* L. C. Rick (Gramínea). *East African Agricultural and Forestry Journal* 36(2):1-350. 1970.
33. HARRIS, H. C., SCHRODER, V. N. y GILMAN, R. L. Nutrient deficiency effects on yield and chemical composition of plant grown on Leon fine sand. *Herbage Abstracts* 38(

34. HERRERA, G., BERNAL, J. y LOTERO, J. Altura de corte en pasto elefante. *Agricultura Tropical* (Colombia) 23(8): 521-527. 1967.
35. HOLDRIDGE, L. R. Mapa ecológico de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1959. Escala 1:1.000.000.
36. HEMINGWAY, R. G. Copper, molybdenum, manganese and iron contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-years period. *Journal British Grassland Society* 17(3):182-187. 1962.
37. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos; una importante contribución al estudio de la química de suelo. Trad. por José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
38. JAIYEBO, E. O. y MOORE, A. W. Soil fertility and nutrient storage in different soil-vegetation systems in a tropical rain forest environment. *Tropical Agriculture* (Trinidad) 41(2):129-139. 1964.
39. KNUTTI, H. J. y HIDIROGLOV, M. The effect of cutting and nitrogen treatments on yield, protein content and smooth bromegrass. *Journal British Grassland Society* 22(1): 35-41. 1967.
40. LIIV, J. Changes in botanical composition and yield of plant communities under intensive fertilization. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings.* Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 646-648.
41. LOOK KIN, W. K. y MacKENZIE, A. F. Effect of time and rate of N application on yield, nutritive value index, crude protein and nitrate content of bromegrass. *Agronomy Journal* 62():442-445. 1970.
42. LOTERO, J. y MONSALVE, A. S. Efecto de fuentes y dosis de aplicación de nitrógeno. *Revista ICA* (Colombia) 5(3): 199-220. 1968.
43. _____. Principales factores que influyen en la productividad ganadera. Curso intensivo en producción y utilización de forrajes, IICA-CITEI. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. p. 35. (Mimeografiado).
44. MATA PACHECO, J. Nuevos pastos de altura y su fertilización. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico no. 44. 1963. 26 p.

45. MATCHES, A. G. Influence of cutting height in darkness of measurement of energy reserves of tall fescue. *Agronomy Journal* 61(6):896-898. 1969.
46. MICHELIN, A., BERNAL, J. y LOTERO, J. Frecuencia de corte y aplicación de nitrógeno en pasto Angleton. *Agricultura Tropical (Colombia)* 23(11):715-720. 1967.
47. _____ et al. Frecuencia de corte y aplicación de nitrógeno en Coastal, Bermuda, Pangola y Pará en el valle del Cauca. *Agricultura Tropical (Colombia)* 24(10):692-703. 1968.
48. _____. Algunos resultados de la fertilización de pastos. *Agricultura Tropical (Colombia)* 26(3):113-118.
49. MIHELFFY, A. La selección de forrajes como factor principal en la cría equina. *Agricultor Venezolano* 13(135):46/47. 1949.
50. MOORE, A. W. The influence of fertilization and cutting on a tropical grass-legume pasture. *Experimental Agriculture* 1(3):193-200. 1965.
51. MORRIS, H. D. y REESE, E. L. Effect of varying levels of nitrogen on forage yield of several Rye varieties of Rye mixtures. *Agronomy Journal* 54(4): 1955.
52. MOTT, G. O. et al. Supplemental feeding of steers on festuca arundinacea Schreb. Pastures fertilized at three levels of nitrogen. *Agronomy Journal* 63:751-754. 1971.
53. _____. Evaluación en la producción de forrajes. In Hughes, H. D., Heath, M. R. y Metcalfe, D. S. Eds. *Forrajes. México Continental*, 1966.
54. _____. Interpretación correcta de resultados con animales en experimentos de pastoreo. In Paladines, O. ed. *Empleo de animales en investigaciones*. Montevideo, IICA, Zona Sur, 1966. pp. 73-106.
55. OAKES, A. J. y SKOV, O. Response of four pasture grasses to nitrogen in the dry tropics. *Agronomy Journal* 54(2): 176-178. 1962.
56. PEECH, M. Hidrogen-ion activity. In Black, C. A. et al. eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 913-926.

57. POWER, J. F. y LESSI, A. Nitrogen fertilization of semiarid grasslands. Plant growth and soil mineral N levels. *Agronomy Journal* 63(2):277-280. 1971.
58. RAU, S. H. y CHANDRASEKARAN, S. N. A note on the pasture value of the Giant Star Grass, Cynodon plectostachyus Pilger. *Indian Farming* 8:121-128. 1947.
59. REYNOLDS, J. H., BARTH, K. M. y FRIER, M. W. Effect of harvest frequency and nitrogen fertilization on estimated total nutrients of orchard grass (Dactylis glomerata L.). Regrowth, *Agronomy Journal* 61(3):433-436. 1969.
60. RODEL, M. G. Effects of four minor elements on the herbage yields of Star Grass on granite sandveld soil. *Rhodesia Agricultural Journal* 68(2):32-33. 1971.
61. ROLDAN RETANA, J. A. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Tesis Lic. Química. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Química, 1969. 61 p.
62. SALETTE, J. E. Nitrogen use and intensive management of grasses in the wet tropics. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings.* Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 646-649.
63. SILES FUENTES, R. Efectos de aplicación de tres niveles de N-P-K sobre zacate Estrella Africana (Cynodon plectostachyus). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1968. 87 p.
64. TERGAS, L. E. y BLUE, W. G. Nitrogen and phosphorus in Jaragua grass (Hipharrenia rufa (Ness) Staff) during the dry season in a tropical savana as affected by nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 63(1):6-9. 1971.
65. VICENTE-CHANDLER, J. et al. El manejo intensivo de forrajeras tropicales en Puerto Rico. Puerto Rico Agricultural Experiment Station. Bulletin 202. 1967. 168 p.
66. VILLAMIZAR, F. Las plantas y la economía del nitrógeno. *Agricultura Tropical (Colombia)* 26(10):731-736. 1970.
67. _____ y LOTERO, C. J. Respuesta del pasto Pangola a diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. *Revista ICA (Colombia)* 2(1):57-70. 1967.

68. WALKEY, A. y BLACK, T. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the Chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38. 1934.
69. WHITNEY, A. S. y GREN, R. E. Pangola grass performance under different levels of nitrogen fertilization in Hawaii. Agronomy Journal 61(4):577-580. 1969.
70. WOODHOUSE, W. W. Jr. Long-term fertility requirements of coastal bermuda-grass. II Sulphur. North Carolina State University Agricultural Experiment Station. Agronomy Journal 61(5):705-708. 1969.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Características físicas del suelo del área experimental.

Profundidad (cm)	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porocidad	Distrib. de partículas			Clase textural
					Arena	Limo	Arcilla	
0-25	1,01	2,4	58,35	58,26	28,50	40,00	31,80	Franco arcilloso
25-40	1,09	2,5	51,91	56,22	26,60	29,90	43,50	Arcilloso
40-65	1,27	2,5	45,31	50,20	26,00	40,80	33,20	Franco arcilloso
65-90	-	2,6	-	-	31,40	34,60	34,00	Franco arcilloso

Cuadro 2. Características químicas del suelo del área experimental.

Profundidad (cm)	pH	H ₂ O	CaCl ₂	Mó		C	N	C/N	P disponible (ppm)
				%	%				
0-25	4,5	5,3	4,5	6,95	4,04	0,35	11,5	7,90	
25-40	4,5	5,4	4,5	4,17	2,42	0,15	16,1	1,83	
40-65	4,8	5,5	4,8	1,56	0,90	0,13	6,9	1,37	
65-90	5,0	5,5	5,0	1,30	0,75	0,07	10,7	0,66	

C.I.C.	Bases cambiabiles				S. B.	Relaciones			
	Ca	Mg	Na	Mn		K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg / K
←----- meq/100g de suelo ----->					%				
44,20	2,04	1,65	0,16	0,02	11,99	3,4	1,2	3,0	6,7
43,86	1,55	1,21	0,13	0,01	8,11	0,6	1,3	15,1	34,5
44,59	3,16	1,75	0,21	0,02	12,87	0,7	1,8	12,5	35,1
46,36	3,52	2,31	0,29	0,01	15,99	0,6	1,5	12,8	32,4

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
 Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
 Turrialba, Costa Rica

Cuadro 3. Resumen de datos meteorológicos, año 1972.

MES	TEMPERATURA			PRECIPITACION		BRILLO SOLAR			RADIACION		H.R.		EVAPORACION		Piché			
	Máx. Promedio	Mín. Med.	Med. Absoluta	Máx. Mín.	Total mens. mm.	Total mens. hrs.	Prom. diario hrs.	Total mens. cal/cm ² /min.	Prom. diario %	Plato total mens. mm.	Tanque total mens. mm.	Piché total mens. ml.						
Enero	24.9	16.9	20.9	27.3	14.5	27.3	14.5	271.4	25	57.1	117.9	3.80	11.397	367.6	88.4	25.9	70.5	40.4
Febrero	25.6	16.2	20.9	28.0	12.8	171.4	15	86.4	15	86.4	172.2	5.93	14.285	492.6	85.6	35.6	99.8	55.3
Marzo	26.4	17.0	21.7	29.0	13.5	40.8	14	11.1	14	11.1	179.7	5.79	16.779	541.2	84.2	43.9	124.9	65.2
Abril	26.7	18.3	22.5	30.1	14.7	208.9	23	48.3	23	48.3	152.6	5.08	15.257	508.6	87.3	33.2	113.2	52.3
Mayo	27.6	19.2	23.4	29.1	17.0	194.6	23	67.3	23	67.3	163.6	5.27	15.714	506.9	88.6	31.2	112.3	48.4
Junio	27.7	18.6	23.2	30.0	16.3	261.6	21	71.4	21	71.4	161.0	5.36	14.025	467.5	86.6	30.8	103.5	47.6
Julio	27.4	19.8	23.6	30.0	17.6	107.2	25	21.5	25	21.5	127.8	4.12	12.944	417.5	88.4	27.8	83.4	42.8
Agosto	26.7	18.9	22.8	29.2	17.0	363.4	27	126.8	27	126.8	121.4	3.91	10.341	333.6	89.5	27.3	80.0	39.5
Setiembre	27.1	19.2	23.2	29.0	17.5	308.2	25	43.3	25	43.3	121.5	4.04	12.933	431.1	89.4	25.2	106.5	39.2
Octubre	26.9	18.3	22.6	29.2	15.0	235.6	25	50.4	25	50.4	135.6	4.37	13.558	437.4	89.3	28.3	99.9	43.2
Noviembre	27.0	18.5	22.8	28.4	16.6	214.9	22	70.8	22	70.8	161.1	5.36	13.539	451.3	88.7	27.3	92.4	42.8
Diciembre	25.8	18.2	22.0	28.0	14.6	336.7	25	105.3	25	105.3	129.8	4.18	11.273	363.6	90.0	24.0	67.5	37.4
Total	---	---	---	---	---	2714.7	270	---	270	---	1744.2	---	162.045	5318.9	---	360.5	1163.9	554.1
Promedio	26.6	18.2	22.5	---	---	226.2	22.5	---	22.5	---	145.4	4.77	---	443.2	88.0	---	---	46.2

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
 Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
 Turrialba, Costa Rica

Cuadro 4. Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación de observaciones hasta diciembre de 1971.

MES	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION			BRILLO SOLAR			RADIACION		HUMEDAD RELATIVA		EVAPORACION	
	Máx. Prom.	Mín. Prom.	Med. Absoluta	Máx. 24 hrs.	Prom. mens. (mm)	Máx. hrs. O.1 mm	Prom. días lluvia cont.+ O.1 mm	Sumas de Hrs. con Sol Prom. Med. mens. diaria	Prom.+ mens. cal/cm ² min.	Med. diario cal/cm ² min.	% med. mens. diaria	Suma prom. mens. (mm)	prom. diario (mm)		
Enero	25.8	16.1	21.0	31.0	10.0	176.1	164.9	18.7	143.5	4.62	11.326	368.1	86.6	107.8	3.47
Febrero	26.3	16.1	21.0	30.0	10.4	144.2	247.5	15.2	148.7	5.26	11.419	414.2	85.6	118.1	4.18
Marzo	27.0	16.6	21.8	31.5	10.5	80.4	81.5	13.7	155.4	5.00	13.554	437.7	84.6	138.4	4.46
Abril	27.4	17.4	22.3	31.7	11.8	135.6	287.9	15.2	152.8	5.08	14.278	468.1	85.2	136.0	4.52
Mayo	28.0	18.2	23.1	32.0	13.5	220.7	65.0	23.1	142.4	4.58	13.921	455.7	86.9	128.4	4.14
Junio	27.9	18.5	23.1	31.5	15.2	284.4	85.5	24.7	124.9	4.16	12.364	412.1	88.5	112.6	3.75
Julio	27.2	18.3	22.8	30.6	14.1	275.8	102.3	25.1	115.0	3.70	11.414	374.0	90.2	105.4	3.39
Agosto	27.6	18.2	22.8	30.0	14.9	231.8	99.1	24.3	133.1	4.28	13.120	424.8	88.8	120.3	3.88
Setiembre	27.9	18.0	23.0	30.8	14.8	250.5	99.1	22.3	139.6	4.64	13.075	438.8	88.2	123.4	4.10
Octubre	27.8	18.0	22.8	30.8	14.5	252.1	109.2	24.1	148.4	4.78	12.914	425.8	88.7	124.8	4.01
Noviembre	26.6	17.7	22.1	30.1	13.7	276.9	115.3	22.8	128.6	4.27	10.840	361.3	89.2	98.8	3.29
Diciembre	25.8	16.8	21.4	29.9	10.9	338.5	288.3	22.1	128.9	4.16	10.526	342.3	89.0	92.1	2.96
Total	---	---	---	---	---	2667.0	---	251.3	1661.3	---	148.751	---	---	1406.1	---
Promedio	27.1	17.5	22.3	---	---	---	---	20.9	138.4	4.54	---	---	87.6	117.2	3.84

Cuadro 5. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de forraje verde.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrado medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	0.00237	0.00016	2.64	4.77	3.01
Parte lineal	4	0.00162	0.00040	6.67**		
Parte cuadrática pura	4	0.00024	0.00006	1.00		
Parte cuadrática mixta	6	0.00050	0.00008	1.30		
Desvio del modelo	10	0.00088	0.00006			
Error puro	6	0.00013				
Total	30	0.00340				

Cuadro 6. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de materia seca.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrado medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	0.01178	0.00084	3.31	4.77	3.01
Parte lineal	4	0.00284	0.00071	2.80		
Parte cuadrática pura	4	0.00781	0.00195	7.80**		
Parte cuadrática mixta	6	0.00113	0.00018	0.70		
Desvío del modelo	10	0.00281				
Error puro	6	0.00124	0.00025			
Total	30	0.01584				

Cuadro 7. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de proteína.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrad. Medio	F
Atribuible a la regresión	14	0.00823	0.00058	1.87
Parte lineal	4	0.00174	0.00043	1.38
Parte cuadrática pura	4	0.00546	0.00136	4.38*
Parte cuadrática mixta	6	0.00102	0.00017	0.54
Desvío del modelo	10	0.00452	0.00031	
Error puro	6	0.00048	0.00008	
Total	30	0.01325		

Cuadro 8. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de calcio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrad. medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	0.0000085	0.0000006	1.12	4.77	3.01
Parte lineal	4	0.0000070	0.0000017	3.22*		
Parte cuadrática pura	4	0.0000004	0.0000001	0.20		
Parte cuadrática mixta	6	0.0000011	0.0000001	0.34		
Desvío del modelo	10	0.0000071				
Error puro	6	0.0000015				
Total	30	0.0000173				

Cuadro 9. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de azufre.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrad. medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	0.0000094	0.0000006	1.04	4.77	3.01
Parte lineal	4	0.0000021	0.0000005	8.26		
Parte cuadrática pura	4	0.0000038	0.0000009	14.72**		
Parte cuadrática mixta	6	0.0000035	0.0000005			
Desvío del modelo	10	0.0000081				
Error puro	6	0.0000022				
Total	30	0.0000199				

Cuadro 10. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de manganeso.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrad. medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	0.709535	0.050681	1.45	4.77	3.01
Parte lineal	4	0.421318	0.105329	3.02*		
Parte cuadrática pura	4	0.163306	0.040826	1.17		
Parte cuadrática mixta	6	0.124910	0.020818	0.05		
Desvío del modelo	10	0.334867				
Error puro	6	0.222951	→ 16 0.03486			
Total	30	1.267354				

Cuadro 11. Análisis de variancia como superficie de respuesta con base en análisis de tasas de la variable de respuesta de aluminio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrad.	Cuadrad. medio	F	Ft (0.01)	Ft (0.05)
Atribuible a la regresión	14	68.93421	4.92387	1.87	4.77	3.01
Parte lineal	4	41.18488	10.29622	3.92*		
Parte cuadrática pura	4	21.82960	5.45742	2.08		
Parte cuadrática mixta	6	5.91972	0.98662	0.00		
Desvío del modelo	10	31.60208				
Error puro	6	10.43269	1.73878			
Total	30	110.96899				