

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE GANADERIA TROPICAL

PRODUCCION DE CARNE BOVINA EN PRADERAS DE PASTO
ESTRELLA (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var nlemfuensis) BAJO
DIFERENTES PRESIONES DE PASTOREO Y NIVELES DE
FERTILIZACION NITROGENADA

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR — CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

ARTURO ADOLFO LEMUS PAREDES

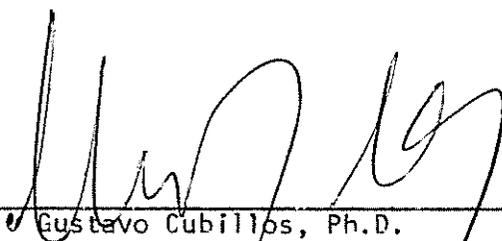
Turrialba, Costa Rica

1977

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto
UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

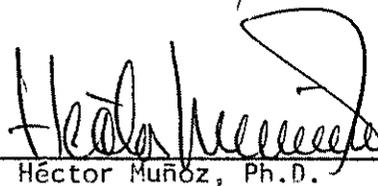
Magister Scientiae

JURADO:



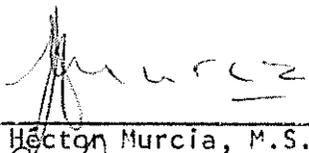
Gustavo Cubillos, Ph.D.

Consejero



Héctor Muñoz, Ph.D.

Comité



Héctor Murcia, M.S.

Comité



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mí esposa Lucía
A mí hijo Arturo

A mis padres
A mis hermanos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su sincero agradecimiento:

Al Dr. Gustavo Cubillos, Consejero Principal, por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Héctor Muñoz, Jefe del Departamento de Ganadería Tropical y miembro del Comité, por las facilidades y orientación brindadas durante el desarrollo de sus estudios y por sus sugerencias y observaciones al presente trabajo.

Al Ing. Héctor Murcia, en la realización del análisis económico de este estudio.

Al Dr. Oliver Deaton por su orientación y amistad brindadas durante su permanencia en el Centro.

A la Organización de Estados Americanos (OEA), al IICA-Zona Norte, y al Gobierno de Holanda, por su apoyo económico durante la realización de sus estudios.

Al personal del Departamento de Ganadería Tropical por su colaboración y amistad brindadas.

A los señores José J. Salazar, Alfredo Picado y Luis Tencio por su colaboración en la realización de los análisis de laboratorio.

A los señores Juan L. Solano y Víctor López por su invaluable colaboración en desarrollo del trabajo de campo.

A mi querida esposa por su permanente apoyo moral y ayuda física que en todo momento estuvo dispuesta a brindarme durante mi estadía en el Centro.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Realizó sus estudios primarios en la Escuela José María Vela Irisarri, los secundarios en la Escuela Normal Pedro Molina. En 1963 ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura donde se graduó de Perito Agrónomo en 1965.

De 1966 a 1969 trabajó como Agrónomo en el Ministerio de Agricultura de Guatemala.

En 1969 ingresó al Departamento de Ciencias Agropecuarias y Marítimas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, S.L., México, graduándose de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1973.

De 1973 a 1975 ocupó el cargo de Ingeniero Agrónomo II, como representante de la Dirección de Ganadería ante el Departamento de Programación del Ministerio de Agricultura de Guatemala.

En marzo de 1975 ingresó como estudiante graduado al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, del Convenio Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, Costa Rica, donde realizó estudios en el Departamento de Ganadería Tropical, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en junio de 1977.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITEPATURA	3
2.1 Efectos de la presión de pastoreo	3
2.2 Efectos de la fertilización nitrogenada	5
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 Conducción del experimento	9
3.2 Variables en estudio	11
3.3 Mediciones en la pradera	12
3.3.1 Composición botánica	12
3.3.2 Tasa de crecimiento del pasto	13
3.3.3 Disponibilidad de forraje	14
3.4 Mediciones en los animales	14
3.4.1 Carga animal	14
3.4.2 Incremento diario de peso	14
3.4.3 Producción por hectárea por día	15
3.5 Resistencia a la penetración	15
3.6 Diseño experimental	16
3.7 Análisis de la información	21
3.8 Análisis económico	22
4. RESULTADOS Y DISCUSION	23
4.1 Efectos sobre la pradera	23
4.1.1 Efectos sobre tasa de crecimiento del pasto	23
4.1.2 Efectos sobre la disponibilidad de forraje	27
4.1.3 Efectos sobre el contenido de proteína cruda del pasto	32
4.1.4 Efectos sobre la digestibilidad <i>in Vitro</i> del forraje	37
4.1.5 Efectos sobre la composición botánica de la pradera	42
4.2 Efectos sobre la producción animal	45
4.2.1 Efectos sobre la carga animal	45
4.2.2 Efectos sobre los incrementos diarios de peso	49
4.2.3 Efectos sobre la producción de carne por hectárea	52

	<u>Página</u>
4.3 Efectos sobre el suelo	56
4.3.1 Efectos sobre la acidez del suelo	56
4.3.2 Efectos sobre el contenido de nitrógeno del suelo	59
4.3.3 Efectos sobre la resistencia del suelo a la penetración	61
4.4 Análisis económico	64
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
6. RESUMEN	70
6a. SUMMARY	73
7. LITERATURA CITADA	76
8. ANEXOS	81

LISTA DE CUADROS

<u>Texto</u>		
<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento del pasto	24
2	Valores promedio de tasa de crecimiento del pasto según niveles de fertilización nitrogenada.....	26
3	Efecto de la presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje por hectárea	28
4	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad de forraje por hectárea.....	31
5	Contenido de proteína cruda del pasto por ciclos de pastoreo según diferentes presiones de pastoreo	34
6	Contenido de proteína cruda del pasto por ciclo de pastoreo según diferentes dosis de nitrógeno	
7	Digestibilidad <i>in Vitro</i> del forraje por ciclo de pastoreo según presión de pastoreo	40
8	Digestibilidad <i>in Vitro</i> del forraje por ciclo de pastoreo según niveles de nitrógeno	41
9	Composición botánica inicial y final en praderas con diferentes presiones de pastoreo	44
10	Composición botánica inicial y final en praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada	45
11	Valores promedio de carga animal según presión de pastoreo	46
12	Valores promedio de carga animal según la fertilización nitrogenada	48

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
13	Valores promedio de incrementos diarios de peso con diferentes niveles de presión de pastoreo	50
14	Valores promedio de incrementos diarios de peso con diferentes niveles de fertilización nitrogenada	50
15	Producción de carne por hectárea según la presión de pastoreo	53
16	Producción de carne por hectárea según niveles de fertilización nitrogenada	55
17	Valores iniciales y finales de acidez del suelo con diferentes niveles de fertilización nitrogenada	57
18	Valores iniciales y finales de acidez del suelo con diferentes presiones de pastoreo	58
19	Valores iniciales y finales de nitrógeno del suelo con diferentes presiones de pastoreo	59
20	Valores iniciales y finales de nitrógeno del suelo con diferentes niveles de fertilización nitrogenada	60
21	Valores de resistencia del suelo a la penetración al final del experimento según presión de pastoreo.....	63
 <u>APENDICE</u>		
1	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 1)	62
2	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 2)	62
3	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Total).....	63

<u>APENDICE</u>	<u>Página</u>
4	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Período 1) 83
5	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Período 2) 84
6	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Total)... 84
7	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 1) 85
8	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 2) 85
9	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Total)..... 86
10	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad <i>in Vitro</i> del pasto (Período 1) 86
11	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad <i>in Vitro</i> del pasto (Período 2) 87
12	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad <i>in Vitro</i> del pasto (Total).. 87
13	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la composición botánica de las praderas 88
14	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Período 1) 88
15	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Período 2) 89
16	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Total) 89
17	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre los aumentos diarios de peso (Período 1) 90
18	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre los aumentos diarios de peso (Período 2) 90

<u>APENDICE</u>	<u>Página</u>
19 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre aumentos diarios de peso (Total).....	91
20 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la producción de carne por hectárea (Período <u>1</u>)	91
21 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la producción de carne por hectárea (Período <u>2</u>)	92
22 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la producción de carne por hectárea (Total)....	92
23 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en agua de 0 - 10 cms de profundidad	93
24 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en KCL de 0 - 10 cms de profundidad	93
25 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en agua de 10 - 20 cms de profundidad	94
26 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en KCL de 10 - 20 cms de profundidad	94
27 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en agua de 0 - 10 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y fi- nales	95
28 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en KCL de 0 - 10 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y fi- nales	95
29 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en agua de 10 - 20 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y fi- nales	96
30 Análisis de varianza del efecto de tratamientos <u>so</u> bre la acidez del suelo en KCL de 10 - 20 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y fi- nales	96

<u>APENDICE</u>		<u>Página</u>
31	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 0 - 10 ⁷ cms de profundidad	97
32	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 10 - 20 cms de profundidad	97
33	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 0 - 10 ⁷ cms de profundidad entre valores pre-experimentales y finales	98
34	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 10 - 20 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y finales.....	98
35	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la resistencia del suelo a la penetración a nivel superficial	99
36	Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la resistencia del suelo a la penetración a 20 cms de profundidad	99
37	Detalle de los costos fijos utilizados en el cálculo económico por hectárea	100
38	Detalle de los costos variables utilizados en el cálculo económico por hectárea	102
39	Detalle de los ingresos y egresos por hectárea, durante los 224 días que duró el experimento	103
40	Detalle de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el resultado	104

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 1)	25
2	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad de forraje (Período 2).....	29
3	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la proteína cruda del pasto	33
4	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 2)	35
5	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad <i>in Vitro</i> de la materia seca (Período 2)	39
6	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de las praderas	43
7	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la resistencia del suelo a la penetración	62
8	Efecto de la presión de pastoreo y de la fertilización nitrogenada sobre la rentabilidad	66

1. INTRODUCCION

En América Latina, es manifiesta la escasez de carne bovina a bajo costo para la alimentación humana, a pesar del potencial de producción que posee.

Aproximadamente el 16% del área total están ocupados por praderas, que equivale a unos 505,000 Km² (24), pero la mayoría no son aprovechadas en forma eficiente, esto es producto de la baja productividad de las especies forrajeras utilizadas, baja eficiencia en la transformación de pasto a carne por parte de los animales o por deficiencia en la tecnología empleada para la explotación.

Por eso es necesario buscar sistemas de manejo que contribuyan a aumentar la producción de carne y que sea de bajo costo. Ello involucra un manejo adecuado de los pastizales para aumentar su producción, y un control adecuado en la asignación de animales por unidad de área.

La escasa información existente en el medio tropical, conduce a un uso inadecuado del pasto, ya sea por sub-pastoreo o sobrepastoreo, con lo que se obtiene una baja producción por animal y muchas veces daños a la pradera que merman considerablemente su potencial de producción y que solo son recuperables a largo plazo y con alto costo.

El pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var. nlemfuensis), es una especie que se ha adaptado bien al trópico húmedo por su gran potencial productivo. Los trabajos de investigación que se han realizado deben completarse para determinar su manejo para la producción de carne a pastoreo.

La presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada se encuentran entre los factores que afectan la productividad de un pasto, cuando ésta se mide en términos de producción animal. La primera influye sobre la tasa de crecimiento del pasto, pues una presión alta provoca una defoliación excesiva que a su vez disminuye las reservas nutritivas para la regeneración, además ejerce una acción de compactación del suelo que puede limitar el ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas. Unas especies de gramíneas responden mejor que otras a la fertilización nitrogenada, llegando a tener una respuesta lineal con aplicaciones altas de nitrógeno.

La presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento de praderas de pasto Estrella, en términos de la producción, digestibilidad in Vitro y contenido de proteína cruda, así como los cambios en la composición botánica de las praderas.
2. Evaluar el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la producción animal en incremento diario de peso, la carga animal y la producción por hectárea.
3. Determinar el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la compactación, el contenido de nitrógeno y la acidez del suelo.
4. Determinar la eficiencia económica de sistemas de manejo por efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Efectos de la Presión de Pastoreo

La presión de pastoreo es uno de los factores más importantes que afectan la productividad de una pradera, tanto en términos de su producción de Materia Seca, como de la producción animal que se pueda obtener de ellas.

Mott (42) define la presión de pastoreo como los kilogramos de Materia Seca de forraje presente por unidad de área y por animal pastoreando.

Existen diversos informes sobre el efecto de la presión de pastoreo sobre la productividad de las praderas. Ramírez (47) reporta que aumentos en la presión de pastoreo disminuyen el crecimiento de la biomasa y el porcentaje de pasto Estrella en la pradera, pero que hay poca influencia sobre el crecimiento de este último. También McMeeckan y Walshe (37) observaron un efecto depresivo en la producción con alta presión de pastoreo, con mayor efecto bajo condiciones de pastoreo continuo, que bajo pastoreo rotacional lo cual concuerda con lo observado por Cowlshaw (18).

El efecto de la selectividad del animal en pastoreo es mayor cuando la disponibilidad de forraje por animal es alta, ya que entonces es posible una selección de la dieta, con lo cual no solamente cambia la cantidad de macollos, sino también el balance entre las especies, lo que altera la producción de la pradera.

También se ha reportado que la presión de pastoreo afecta la composición botánica de las praderas. Se ha observado (8) en

praderas mixtas, que con altas presiones de pastoreo se favoreció el establecimiento de gramíneas indeseables, y además que el pisoteo de los animales afecta el rendimiento y composición botánica de la pradera, y dicho efecto se atribuye principalmente a la compactación del suelo y al daño mecánico que sufren las plantas (54).

El suelo también se ve afectado por la presión de pastoreo y se considera que el tráfico de ganado es uno de los causantes externos de la compactación de los suelos (14, 34). La resistencia mecánica a la penetración es considerada como un factor de crecimiento de los cultivos (26). Gardner (27) enfatiza que una de las tres formas en que los animales en pastoreo influyen en forma negativa en la producción de los pastos, es por efecto de la compactación del suelo ocasionado por el pisoteo. Un incremento en la resistencia mecánica del suelo, puede disminuir el rendimiento de los cultivos en tres formas, a saber: a) reducción de la profundidad a la cual se encuentra la mayor porción del sistema radicular; b) reducción de la proliferación de raíces dentro del volumen explorado; y c) disminución del diámetro de los haces vasculares y reducción del transporte de productos (35). Así mismo, Gardner (27) también reporta que el pisoteo de los animales aumenta la compactación del suelo reduciendo su porosidad y aireación, y también reduce la infiltración de agua.

El concepto de carga animal óptima según Cowlshaw (18), es aquella que permite a los animales en pastoreo producir la tasa más económica, que no necesariamente debe ser la máxima posible, ya que dependerá de la relación económica entre el valor de la pradera, el

producto y los costos asociados con el manejo.

La producción animal también se ve afectada por la presión de pastoreo y Zañartu (56) encontró que la producción por animal es afectada por la disponibilidad de forraje, a medida que esta se hace menor, menor es la producción de los animales que consumen ese forraje.

2.2 Efectos de la Fertilización Nitrogenada

La fertilización nitrogenada es un factor que influye en el desarrollo de una pradera (17) y se ha demostrado que produce incrementos considerables en la producción de Materia Seca, cuando está presente en proporciones adecuadas (12). Herrera et al. (29) indican que el nitrógeno es reconocido como el nutrimento que limita más la producción de forraje en las gramíneas dentro de las distintas zonas climáticas, y esto es especialmente cierto en el trópico.

En un trabajo realizado en la Provincia de Guanacaste, Costa Rica, con pasto Jaragua (Hyparrhenia rufa Nees Stapf) (55), se encontró producciones hasta de 5,000 kg/ha/ciclo de corte, durante la etapa siguiente a la estación lluviosa cuando aplicó fertilizante nitrogenado al pasto y la tasa de rebrote durante la siguiente estación lluviosa fue alta por efecto del N aplicado. Elliot (22) reporta que la fertilización nitrogenada en mezclas de Trifolium subterraneum, Lolium perenne y Dactylis glomerata, incrementan la producción de Materia Seca de 2 a 20 kg/kg de N aplicado cuando se aplicaron 100 kg/ha de nitrógeno al pasto puro. Ramírez (49) concluye que la fertilización nitrogenada favorece el crecimiento del

pasto Estrella, pero tiene poca influencia sobre la composición botánica y el crecimiento de la biomasa. En Turrialba, Carrillo (12) probó el efecto de diferentes dosis de nitrógeno: 0, 250, 500 y 1,000 kg de N/ha/año, y encontró que la fertilización nitrogenada incrementa la producción del forraje, pero durante la época de menor crecimiento fisiológico su mayor efecto está en la calidad de los pastos, lo que concuerda con lo obtenido por Zanartu (56).

También se ha encontrado que la fertilización nitrogenada afecta la digestibilidad del pasto y que existe una correlación positiva entre la digestibilidad in vitro de la Materia Seca y su contenido de proteína bruta, y entre la digestibilidad in vitro y su contenido de carbohidratos (20).

Varios autores (5, 50) coinciden en afirmar que la fertilización nitrogenada afecta el contenido de proteína en los pastos y que existe una relación directa entre el nitrógeno aplicado y el porcentaje de proteína bruta, además el contenido de proteína bruta se incrementa en forma lineal al aumentar los niveles de nitrógeno aplicado, siendo mayor cuando el intervalo entre cortes es realmente estrecho (5). Cilliers et al. (15) reportan que incrementos en la aplicación de nitrógeno de 40 a 320 kg/ha, a praderas de Eragrostis curvula, incrementaron el contenido de proteína cruda del heno, de 8.4% a 13.7% y también el contenido total de aminoácidos. Saleem y Cheeda (52) estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada y tiempo de aplicación en praderas de pasto Estrella y encontraron que la producción de Materia Seca, contenido de proteína cruda y utilización del pasto fue incrementado con niveles de 150 lbs/

acre, no así con niveles de 75 lbs/acre comparado con un tratamiento testigo sin nitrógeno en época lluviosa.

La digestibilidad es otra característica de las plantas que se ve afectada por la fertilización nitrogenada y que ha sido estudiada por numerosos investigadores. Se ha encontrado una correlación positiva entre la digestibilidad in Vitro de la Materia Seca y su contenido de carbohidratos (19). Minson y Brown citados por McIlroy (36) reportan que el contenido de carbohidratos solubles puede ser tan importante como el contenido de nitrógeno, en la digestibilidad de un pasto por parte de los rumiantes, y un mayor valor nutritivo puede depender consecuentemente de un apropiado balance entre dos constituyentes. Sin embargo, Minson et al. (40) no encontraron efectos sobre la digestibilidad de la Materia Seca en diferentes pastos, cuando aplicaron diferentes niveles de fertilizante nitrogenado, que variaron de 0-200 kg/ha.

La producción animal también se ve afectada por la fertilización nitrogenada a los pastos. Minson (38) en praderas de pasto Pangola (Digitaria decumbens), encontró que el consumo del pasto por parte de los animales era un 54% mayor, cuando era fertilizado con 625 kg de urea por hectárea y contenía un 7.2% de proteína cruda, que aquel con 250 kg de urea por hectárea y con 3.7% de proteína. También Blaser (5) reporta considerables incrementos en la producción animal por hectárea, debido a que el consumo y la producción de forraje se aumentan con el uso de fertilizantes nitrogenados.

Hay indicaciones que el suelo es afectado por la fertilización nitrogenada. Ramírez y Lotero (48) estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada con urea en dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha, después de cada corte, durante tres años, en un suelo franco arenoso, y encontraron que el porcentaje de nitrógeno total en el suelo no varió por efecto de la dosis de nitrógeno y la frecuencia de aplicación. Sin embargo, según Lotero (33), el Nitrato de Amonio y la urea acidifican el suelo.

3. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Finca Experimental Ganadera del Departamento de Ganadería Tropical del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, durante los meses de mayo a diciembre de 1976, en un suelo de la Serie Instituto Fase Pedregosa (1).

3.1 Conducción del Experimento

El experimento tuvo dos etapas, una de campo y otra de laboratorio.

Para la etapa de campo se utilizó un área de 6.4 ha, compuesta principalmente por pasto Estrella Africana, dividida en 13 parcelas de tamaño variable, con el objeto de mantener un número similar de animales, lo cual permitía la presión de pastoreo de acuerdo a cada tratamiento. Cada parcela fue sub-dividida en 4 sub-parcelas para tener un ciclo de uso de 28 días con 7 días de pastoreo y 21 días de descanso.

Previo al inicio del experimento, se hizo un corte uniforme de toda el área, con el fin de eliminar material tosco acumulado y estimular un crecimiento nuevo.

Al inicio del experimento se hizo una fertilización con la fórmula 0-20-0 a razón de 250 kg/ha/año, aplicando entonces la mitad y la otra mitad seis meses después.

Las aplicaciones de N se hicieron en forma de Nitrato de Amonio (33.5% de N) después de cada período de pastoreo, de acuerdo al tratamiento respectivo. No fue posible efectuar aplicaciones de N desde el principio del experimento y las dosis se hicieron

a partir de la segunda mitad del período experimental, distribuida en los últimos cuatro períodos de 28 días.

Se utilizaron novillos de raza Romosinuano y encastados con Brahman, con un peso inicial entre 175 y 200 kg asignados al azar en un sistema de carga variable. Para ajustar la disponibilidad de forraje a la presión de pastoreo asignada, se dispuso de un lote de novillos flotantes que entraban al experimento únicamente para consumir el exceso de forraje (10). Los novillos se desparasitaron interna y externamente al inicio del experimento y posteriormente cada 56 días y se pesaron al final de cada ciclo de pastoreo.

Se hicieron estimaciones del pasto ofrecido en términos de M.S. al inicio del pastoreo y del pasto residual al final del mismo.

La etapa de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Ganadería Tropical, y en el de Suelos del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE. Se hicieron las siguientes pruebas:

1. Contenido de proteína cruda de la M.S., mediante el método de Micro Kjeldahl (3).
2. Digestibilidad in Vitro de la M.S., mediante el método de dos etapas, que consiste en una primera etapa de digestión microbiana por un período de 48 horas, y una segunda etapa de digestión enzimática por otro período de 48 horas (41).
3. Contenido de nitrógeno del suelo en términos de porcentaje de muestras de suelo de 0-10 y 10-20 cms de profundidad que fueron previamente tamizados con un tamiz de 1 mm². Para esto se

utilizó el método de "semi-micro Kjeldahl" (20). Esta medición se hizo tanto al inicio como al final del experimento.

4. Acidez del suelo en términos de pH de las muestras de suelo indicadas en el numeral 3, tanto en H₂O como en KCl, para lo cual se usó un potenciómetro. Esta medición se hizo tanto al inicio como al final del experimento (25).

3.2 Variables en Estudio

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

1. Presión de pastoreo, expresada en términos de disponibilidad de forraje por cada 100 kg de peso vivo (P.V.)/día con cinco niveles que fueron:

2 4 6 8 y 10 kg de MS/100 kg de PV/día.

2. Dosis de nitrógeno, expresadas en kg de elemento puro, con cinco niveles que fueron:

0 125 250 375 y 500 kg/ha/año

La combinación de los tratamientos fue la siguiente:

Trata- miento	PP	N	Trata- miento	PP	N
1	6	0	7	10	250
2	6	0	8	10	250
3	4	125	9	4	375
4	8	125	10	8	375
5	2	250	11	6	500
6	2	250	12	6	500
			13	6	250

3.3 Mediciones en la Pradera

3.3.1 Composición Botánica

Se determinó la composición botánica previo al inicio del experimento y al final del mismo, para lo cual se utilizó el sistema de "Doble Muestreo" (14), efectuando 400 observaciones visuales por tratamiento, de un área de 400 cms² cada una, y una muestra de cada 10 observaciones visuales fue cosechada. Estas muestras se llevaron al laboratorio para hacer la separación manual en pasto Estrella y otros. Este último comprendió todas las otras especies que no eran pasto Estrella.

Estas dos estimaciones de la composición botánica se hicieron con el objeto de determinar los cambios ocurridos en los componentes de la pradera, por efecto de los tratamientos.

Se utilizó la siguiente ecuación; para corregir las observaciones realizadas:

$$\hat{Y} = \bar{y} + b(x' - \bar{x})$$

donde:

\hat{Y} = Media estimada que tiene relación lineal con las x

\bar{y} = Media estimada de la muestra separada manualmente (40 observaciones)

x' = Media de todas las observaciones visuales (400 observaciones)

\bar{x} = Media de las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales (40 observaciones)

b = Coeficiente de regresión lineal de y en x obtenido de las muestras reales.

3.3.2 Tasa de Crecimiento del Pasto

Un día antes del pastoreo de una sub-parcela se estimó la cantidad de forraje disponible en términos de M.S., con el fin de establecer la carga animal necesaria para mantener la presión de pastoreo asignada a cada tratamiento. Para ello se utilizó el método de "Doble Muestreo" (14), tomando 20 lecturas visuales en 1 m² c/u por cada sub-parcela y se cosechó una muestra de 1 m², por cada 5 lecturas visuales.

Se utilizó la siguiente ecuación para corregir las muestras reales:

$$\hat{Y} = \bar{y} + b(x' - \bar{x})$$

donde:

\hat{Y} = Media estimada que tiene relación lineal con las x

\bar{y} = Media estimada de la cantidad de M.S. por m², de las muestras reales (4 muestras reales)

x' = Media de todas las observaciones visuales (20 observaciones)

\bar{x} = Media de las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales (4 muestras)

b = Coeficiente de regresión lineal de y en x obtenido de las muestras reales.

Al final de cada período de pastoreo se estimó la cantidad de forraje residual, en términos de M.S., utilizando el mismo procedimiento usado para estimar el forraje ofrecido. Las muestras reales de esta estimación fueron tomadas contiguas a las obtenidas del pasto ofrecido, con el objeto de hacer un muestreo pareado.

Con estos datos se estimó la tasa de crecimiento del pasto en términos de MS/ha/día (T_i), siguiendo la siguiente relación:

$$T_i = \frac{B_i - A_{i-1}}{n}$$

donde:

- $i = 1, 2, \dots, 7$ días de pastoreo
- $A_{i-1} =$ MS/ha después del pastoreo anterior
- $B_i =$ MS/ha antes del pastoreo i
- $n =$ número de días de descanso (21 días)

3.3.3 Disponibilidad del forraje

$$D_i = B_i + (T_i \times 7)$$

donde:

- $B_i =$ Como se definió anteriormente
- $T_i =$ Como se definió anteriormente
- $7 =$ Número de días de pastoreo

3.4. Mediciones en los animales

3.4.1 Carga animal

Se estimó la capacidad de cada pradera en términos de kg de PV/día, de acuerdo a la producción de pasto y a la presión de pastoreo asignada. Seguidamente se estimó la cantidad de animales a introducir en términos de animal de 300 kg/ha/día.

3.4.2 Incremento diario de peso (IDP)

Los animales se pesaron al final de cada ciclo de pastoreo de 28 días. Seguidamente el incremento de peso de cada animal se

dividió entre el número de días del ciclo de pastoreo y se obtuvo el promedio de incremento de los animales testigos de cada tratamiento, durante cada ciclo de pastoreo:

$$IDP = \frac{Pf - Pi}{n}$$

donde:

- IDP = Incremento diario de peso
- Pi = Peso al inicio del ciclo de pastoreo
- Pf = Peso al final del ciclo de pastoreo
- n = Número de días del ciclo de pastoreo (28 días)

3.4.3 Producción/ha/día

Se estimó en términos de kg de PV/ha/día, multiplicando los incrementos diarios de peso por la carga animal.

$$P/ha/día = (IDP) \times \text{No. de animales/ha/día}$$

donde:

$$IDP = \text{Incremento diario de peso}$$

3.5 Resistencia a la penetración

Se utilizó un penetrómetro estático con pistón de acero inoxidable de 5 mm de diámetro con una línea circunscrita en el pistón a 5 mm del extremo. Cat 719-40 MRPFR, de la compañía John Chatillon and Sons. Se tomaron 16 muestras por cada tratamiento efectuando 4 lecturas por muestra, distantes a 10 cms c/u. Las lecturas se tomaron en la superficie del suelo y a 20 cms de profundidad, con el objeto de cuantificar la diferencia a estas dos profundidades. Las lecturas obtenidas (lbs/pulgada²) se multiplicaron

por el factor 2.27 para transformarlas a bares (1 Bar = 1.020 kg/cm²). Debido a que las variaciones de humedad con el suelo afectan la resistencia a la penetración, se efectuó un muestreo de suelo de cada lugar de lectura para estimar el porcentaje de humedad y posteriormente se hizo un ajuste por covarianza.

3.6 Diseño Experimental

Se usó un diseño factorial incompleto de dos factores, con repetición de los puntos extremos (15).

Se hizo un análisis por cada período de 112 días ya definidos y, un análisis integro de todo el experimento.

Se probaron los siguientes modelos matemáticos con cada parámetro:

$$a.- \hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

donde:

\hat{Y} = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1 y b_2 = Coeficiente de regresión

X_1 = Presión de pastoreo

X_2 = Nivel de nitrógeno

$$b.- \hat{Y} = b_0 + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2$$

donde:

\hat{Y} = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1 y b_2 = Coeficiente de regresión

X_1 = Presión de pastoreo

X_2 = Nivel de nitrógeno

$$c.- \quad \hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

donde:

\hat{Y} = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 = Coeficiente de regresión

X_1 = Presión de pastoreo

X_2 = Nivel de nitrógeno

$$d.- \quad \hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3 \log X_1 + b_4 \log X_2 + b_5X_1X_2$$

donde:

\hat{Y} = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1, b_2, b_3, b_4 y b_5 = Coeficiente de regresión

X_1 = Presión de pastoreo

X_2 = Nivel de nitrógeno

$$e.- \quad \hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^{.5} + b_4X_2^{.5} + b_5X_1X_2$$

donde:

\hat{Y} = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_1, b_2, b_3, b_4 y b_5 = Coeficiente de regresión

X_1 = Presión de pastoreo

X_2 = Nivel de nitrógeno

El modelo "e" fue el que dio mejor ajuste para producción por hectárea y para producción animal, y los análisis de varianza fueron de la siguiente forma:

1. Para producción por hectárea donde la hectárea es la unidad experimental:

a) Por período de 112 días

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	46
TOTAL	51

b) Análisis Integro

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	98
TOTAL	103

2. Para producción animal donde el animal es la unidad experimental.

a) Por período de 112 días

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	46
TOTAL	51

b) Análisis Integro

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	98
TOTAL	103

El modelo matemático "c" fue el que describió mejor el efecto de tratamientos sobre la composición botánica, y el análisis de varianza con los valores obtenidos al final del experimento fue como sigue:

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	20
TOTAL	25

El modelo matemático "c" fue el que describió mejor el efecto de tratamientos sobre el suelo y el análisis de varianza con los valores obtenidos al final del experimento fue como sigue:

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Atribuible regresión	5
Efecto lineal Nivel Nitrógeno	1
Efecto lineal Presión Pastoreo	1
Efecto raíz Nivel Nitrógeno	1
Efecto raíz Presión Pastoreo	1
Interacción NN x PP	1
ERROR	7
TOTAL	12

Se hizo una prueba de "f" entre los valores pre-experimentales y los valores obtenidos al final del experimento, el análisis de varianza fue como sigue:

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	12
Etapa	1
Etapa x Tratamiento	12
Total	25

3.7 Análisis de la Información

Se estudió el efecto de las variables en estudio sobre los siguientes parámetros:

- Composición Botánica de la pradera
- Tasa de Crecimiento del pasto
- Disponibilidad de forraje
- Contenido de proteína del pasto
- Digestibilidad in Vitro del forraje
- Carga animal
- Ganancia diaria de peso de los animales
- Producción por ha/día.

3.8 Análisis económico

Se estudió el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la rentabilidad económica, mediante la forma siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = \left(\frac{\text{IN}}{\text{Costos totales}} \right) \times 100$$

donde:

IN = Ingreso neto por hectárea = (kg de carne producidos/ha x precio/kg) - Costos totales.

Costos Totales = Costos fijos + Costos variables.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan y discuten por período y para todo el experimento en conjunto, considerando primero los efectos sobre la pradera, luego los efectos sobre la producción animal, los efectos sobre el suelo y el resultado económico de la producción animal.

4.1 Efectos sobre la pradera

4.1.1 Efectos sobre la tasa de crecimiento del pasto

Durante el primer período, la presión de pastoreo afectó ($P < 0.01$) la tasa de crecimiento del pasto (Cuadro 1 del apéndice). Se observó que la tasa de crecimiento aumenta conforme disminuye la presión de pastoreo para luego disminuir cuando la presión de pastoreo es baja (Cuadro 1). Esto se debe a que con presiones de pastoreo altas la planta queda defoliada casi por completo, de modo que el nivel de reservas nutritivas para lograr un rebrote aceptable es bajo y la recuperación es lenta. Conforme el efecto del pastoreo es menos severo la planta queda en mejores condiciones para su recuperación, debido al mayor contenido de reservas nutritivas. Sin embargo, con presiones de pastoreo demasiado bajas el Índice de Área Foliar (IAF) puede subir por sobre el nivel óptimo de manera que los rayos solares no inciden directamente sobre los estratos inferiores de la planta, con lo cual se pierde eficiencia en la fotosíntesis global de la planta (8). Esto a su vez provoca una disminución en la tasa de crecimiento del pasto.

Cuadro 1. Efecto de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento del pasto (kg MS/ha/día).

Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)	Promedios (kg MS/ha/día)		Total
	Período 1	Período 2	
2	34.3	73.2	53.8
4	45.9	71.1	58.5
6	73.8	81.1	77.5
8	58.2	89.2	73.7
10	65.5	80.3	72.9
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	72.45	112.29	
b ₁	0.51	-0.03	0.23
b ₂	0.37***	0.05	0.21*
b ₃	58.29	-22.99	17.64
b ₄	-3.40*	-2.27	-2.83*
b ₅	-0.03	0.02	-0.0055

$$a/ \hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 PV/día

X₂ = Dosis nitrógeno 1 kg/ha/año

* (P < 0.10)

*** (P < 0.01)

Durante el segundo período experimental hubo un efecto (P < 0.01) de la dosis de nitrógeno sobre la tasa de crecimiento del pasto como se aprecia en el Cuadro 2 del apéndice. En la Figura 1 y en el

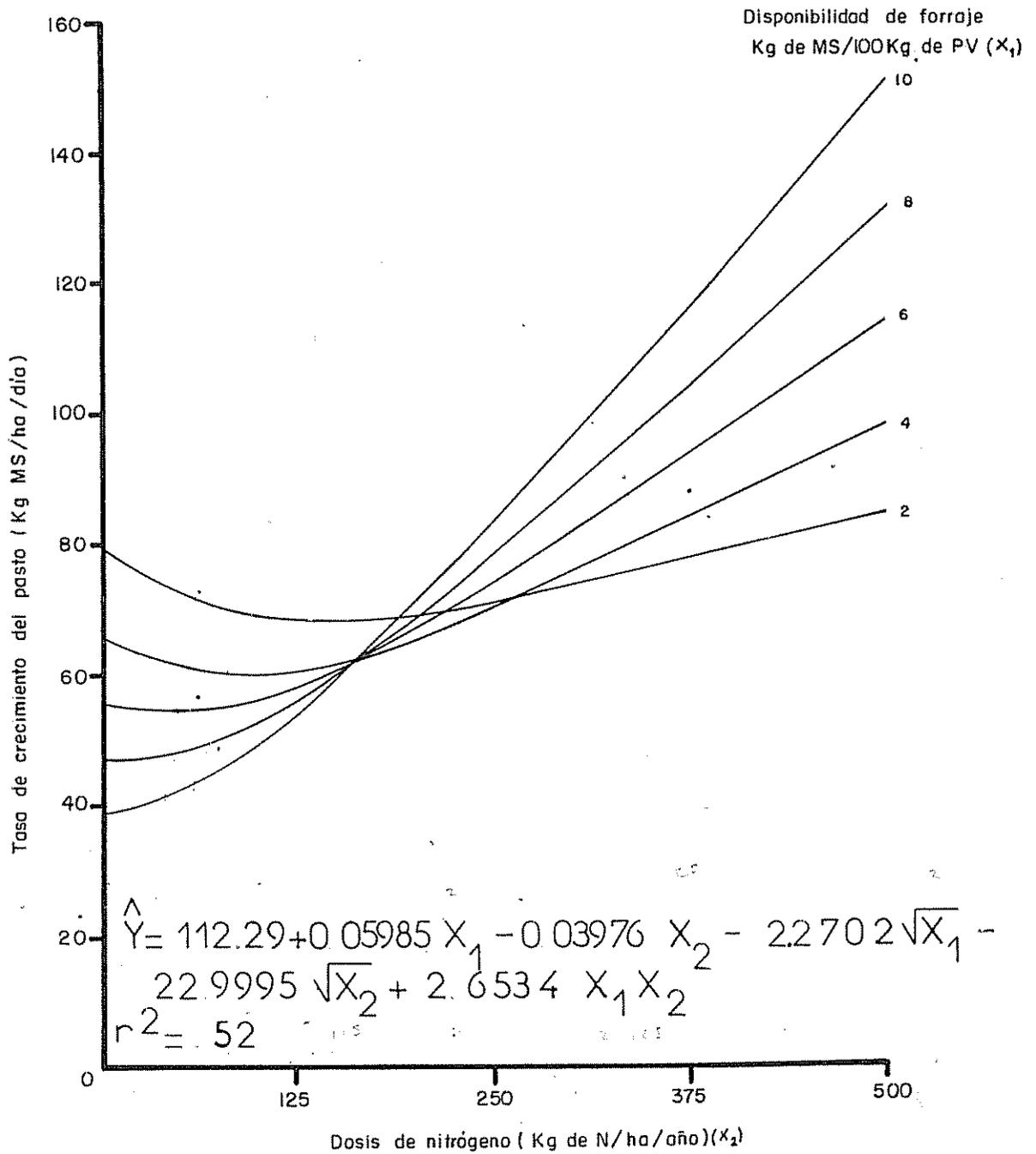


Figura 1 Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 2)

Cuadro 2. Valores promedio de tasa de crecimiento del pasto según niveles de fertilización nitrogenada (kg MS/ha/día).

Kg de N/ha/año	Promedios (kg de MS/ha/día)		Total
	Período 1	Período 2	
0	72.34	55.62	63.98
125	50.66	56.32	53.49
250	53.55	76.54	65.04
375	50.64	104.42	78.53
500	78.09	109.39	93.74
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	72.45	112.29	19.92
b ₁	0.51	-0.03	0.23
b ₂	0.37***	0.05	0.21*
b ₃	58.29	-22.99	17.64
b ₄	-3.40*	-2.27	-2.83*
b ₅	-0.03	0.02	-0.0055

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 PV/día

X₂ = Dosis nitrógeno 1 kg/ha/año

* (P < 0.10)

*** (P < 0.01)

Cuadro 2 se muestran los valores de predicción encontrados para el efecto nitrógeno y presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento. Cuando la presión de pastoreo es alta, la fertilización nitro

genada muestra poco efecto sobre la tasa de crecimiento. Esto puede deberse a que con bajas dosis de nitrógeno hay aumento de leguminosas en la pradera, lo cual contribuye a mantener un crecimiento mayor. Debe destacarse que en este estudio la medición de la tasa de crecimiento involucró toda la biomasa producida.

El análisis para todo el período experimental, muestra un efecto ($P < 0.01$) de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto (Cuadro 3 del apéndice). La presión de pastoreo no tuvo efecto, lo cual coincide con lo observado por Ramírez (48) en las condiciones de Turrialba, quien encontró que la presión de pastoreo tiene poca influencia sobre el crecimiento de las plantas.

4.1.2 Efectos sobre la disponibilidad de forraje

En el primer período se encontró un efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje por hectárea (Cuadro 4 del apéndice).

En el Cuadro 3 se observa que conforme aumentó la disponibilidad de forraje por animal, también aumentó la cantidad de forraje por hectárea, lo que es consecuencia del efecto acumulativo de los tratamientos sobre la pradera. Una presión de pastoreo muy liviana resulta en una acumulación de forraje al final del período de pastoreo que no es consumido por el animal. Por el contrario, cuando la presión de pastoreo es elevada hay una defoliación casi completa de las plantas que no permite acumulación de material vegetal, de modo que la disponibilidad en el próximo ciclo de pastoreo es menor.

Cuadro 3. Efecto de la presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje por hectárea (kg MS/ha).

Disponibilidad de forraje (kg de MS/100 kg PV)	Promedios (kg de MS/ha)		Total
	Período 1	Período 2	
2	1617	2129	1873
4	1774	2601	2188
6	2823	3448	3286
8	2364	4208	3287
10	2974	4763	3868
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	-233.26	1466.79	616.76
b ₁	236.04	512.92	374.48
b ₂	10.76*	10.78*	10.77*
b ₃	792.77	-746.39	23.19
b ₄	-115.66	-105.74	-110.70
b ₅	-0.87	0.10	-0.39

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 PV/día

X₂ = Dosis nitrógeno 1 kg/ha/año

* (P < 0.10)

En el segundo período se observó un efecto (P < 0.01) de los tratamientos sobre la cantidad de forraje disponible por hectárea (Cuadro 5 del apéndice). La Figura 2 muestra los valores de

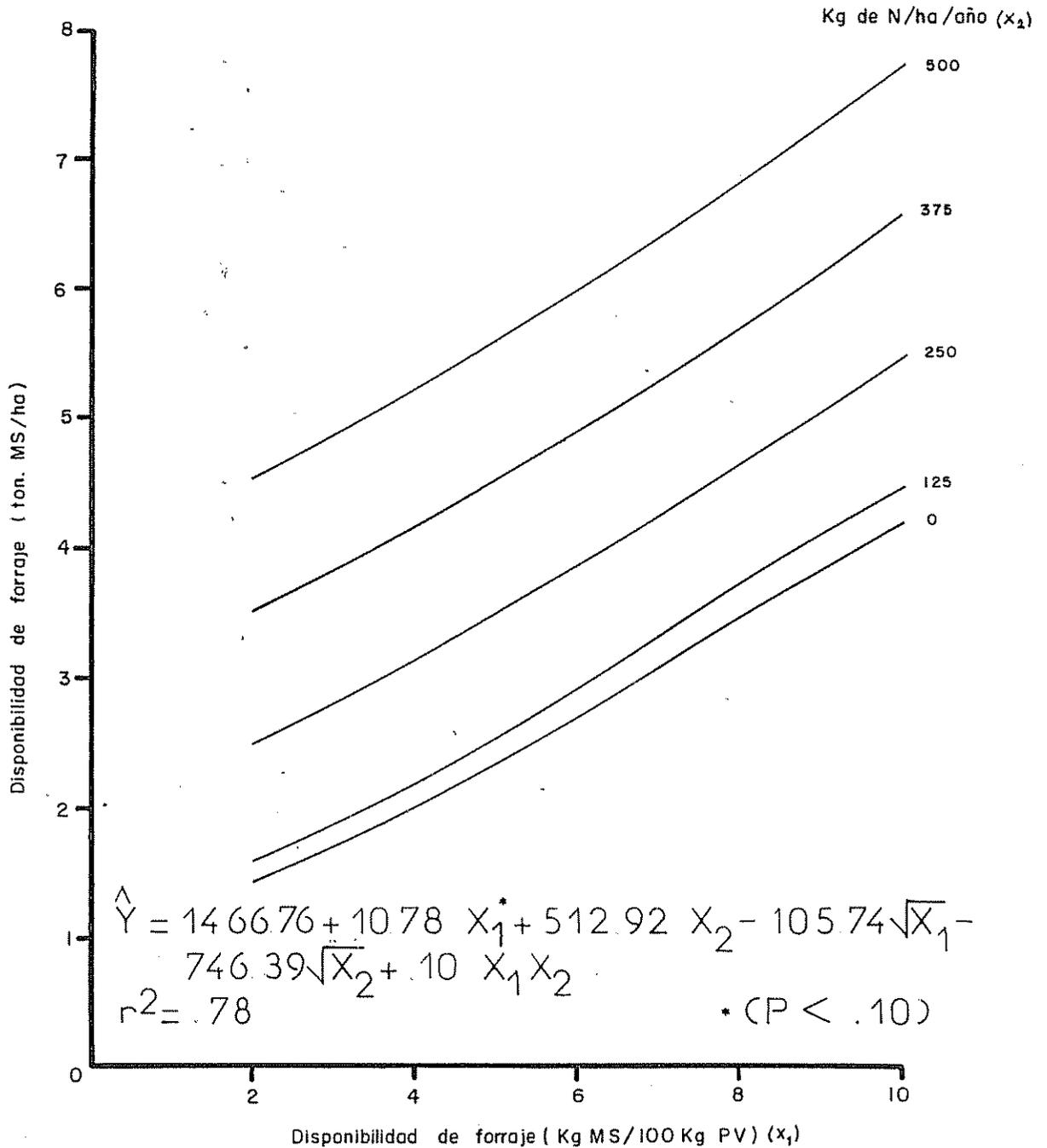


Figura 2 Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad de forraje por hectárea (Período 2)

predicción para la disponibilidad con diferentes presiones de pastoreo y dosis de nitrógeno. Se observa que a medida que aumenta la disponibilidad de forraje por animal por día, hay mayor disponibilidad de forraje para el período de pastoreo. Los efectos son similares que los descritos en el primer período con la diferencia de que debido a la mayor producción de forraje por efecto de la fertilización nitrogenada en el segundo período, los valores de forraje por hectárea fueron mayores en este último (Cuadro 4).

En la Figura 2 se observa el efecto de la fertilización por la separación entre curvas ($P < 0.01$) (Cuadro 5 del apéndice). Además conforme aumenta la fertilización nitrogenada aumenta la producción de forraje, de manera que la disponibilidad en el siguiente ciclo de pastoreo es mayor. Puede notarse que la separación entre curvas del tratamiento sin fertilizante y la de 125 kg de N por hectárea, es menor que entre los otros niveles de fertilización. Esto podría deberse a que por el nitrógeno que aportaron las leguminosas, que en el tratamiento sin fertilizante llegaron a constituir el 30% de la pradera, la producción de forraje no fue tan baja como se esperaba y se acerca a las producciones obtenidas con 125 kg por hectárea por año.

El análisis para todo el experimento indica que hubo efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad de forraje por hectárea (Cuadro 6 del apéndice).

Cuadro 4. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad de forraje por hectárea (kg MS/ha).

Niveles de nitrógeno (kg N/ha/año)	Promedios (kg de MS/ha)		Total 7
	Período 1	Período 2	
0	2597	2389	2493
125	1926	2172	2049
250	2408	3519	2964
375	2213	4637	3425
500	3031	5078	4055
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	-233.26	1466.79	616.76
b ₁	236.04	512.92	374.48
b ₂	10.76*	10.78*	10.77*
b ₃	792.77	-746.39	23.19
b ₄	-115.66	-105.74	-110.70
b ₅	-0.87	0.10	-0.39

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 PV/día

X₂ = Dosis nitrógeno 1 kg/ha/año

* (P < 0.10)

Los valores mayores se obtuvieron en el segundo período pero estos fueron afectados por los bajos valores del primero, de modo que los valores del análisis conjunto resultan intermedios.

4.1.3 Efectos sobre el contenido de proteína cruda del pasto

Durante el primer período hubo efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Cuadro 7 del apéndice). Los valores de predicción se muestran en la Figura 3 y se puede apreciar que conforme aumenta la disponibilidad de pasto por animal baja el contenido de proteína cruda del pasto. Solamente en el tratamiento con 500 kg de N por hectárea por año hay un ligero ascenso en el contenido de proteína, probablemente por efecto residual de nitrógeno del experimento anterior.

En el Cuadro 5 se presentan los valores de proteína obtenidos según la presión de pastoreo y se aprecia que con presiones de 2 y 4 kg de M.S. por 100 kg de P.V. por hectárea por día, el contenido de proteína es mayor que con presiones de 6, 8 y 10 kg de M.S. por 100 kg de P.V. por hectárea por día. Esto es debido a que cuando la presión de pastoreo es alta hay una defoliación severa del pasto y debido a la mayor excreción de heces y de orina por unidad de área, se favorece el ciclaje de nutrimentos. Así mismo la planta aprovecha mejor los nutrimentos disponibles, principalmente cuando hay fertilización nitrogenada y debido a que no hay acumulación de pasto en la pradera, siempre habrá pasto de mejor calidad a través del tiempo.

En el segundo período el contenido de proteína del pasto fue afectado ($P < 0.01$) por la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada (Cuadro 8 del apéndice).

$$\hat{Y} = 15.982 - .030787 X_1 - 1.26053 X_2 + .26173 \sqrt{X_1} + .49257 \sqrt{X_2} + .003156 X_1 X_2$$

$r^2 = .67$

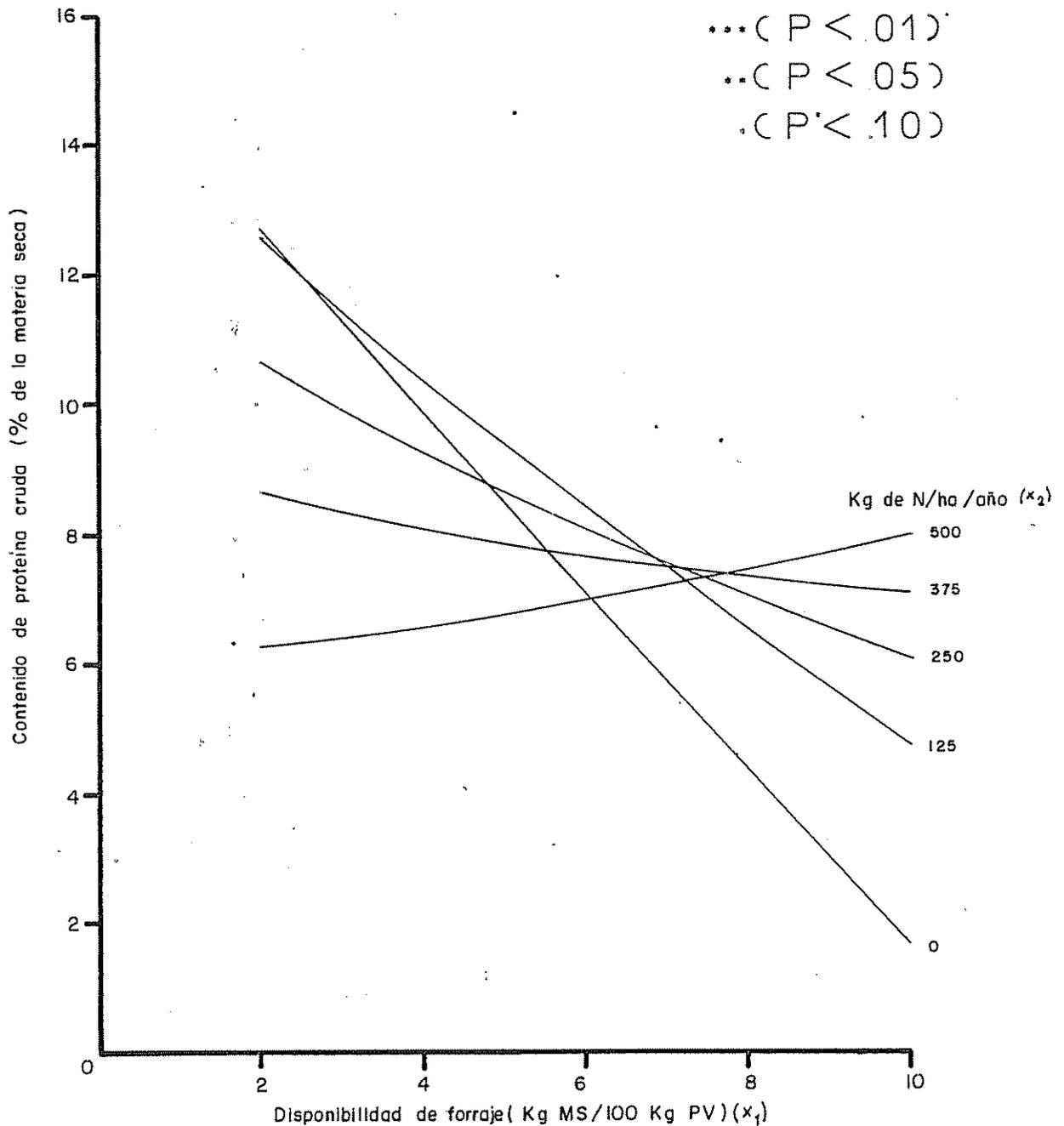


Figura 3. Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la proteína cruda del pasto (Período 1)

Cuadro 5. Contenido de proteína cruda del pasto por ciclos de pastoreo según diferentes presiones de pastoreo (% de la M.S.).

Período	Ciclos de Pastoreo	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg P.V.)				
		2	4	6	8	10
1	C ₁	8.89	9.15	7.20	7.60	5.89
1	C ₂	10.30	9.60	6.58	6.47	5.89
1	C ₃	10.73	11.20	7.20	6.90	7.19
1	C ₄	11.90	10.77	7.10	7.60	5.86
	\bar{X}	10.20	10.18	7.02	7.14	6.21
2	C ₅	16.42	13.78	10.62	11.75	10.03
2	C ₆	16.82	14.32	12.17	11.27	9.51
2	C ₇	13.11	12.81	11.04	9.83	9.55
2	C ₈	14.32	13.20	10.51	9.90	9.70
	\bar{X}	15.17	13.53	11.09	10.69	9.70
	\bar{X} Total	12.81	11.77	9.05	8.91	7.95

En la Figura 4 se presenta este efecto y se puede apreciar que en los tratamientos con 0, 125 y 250 kg de N por hectárea por año, hubo una disminución en el contenido de proteína cruda del pasto conforme aumentó la disponibilidad de forraje por animal. Solamente con 375 y 500 kg de N por hectárea por año se lograron aumentos en el contenido de proteína cruda del pasto al aumentar la

$$Y = 29.539 - .04908 X_1^{***} - 2.02318 X_2^{**} + .18218 \sqrt{X_1} - 3.59105 \sqrt{X_2} + .000439 X_1 X_2$$

$r^2 = .81$

*** (P < .01)
** (P < .05)

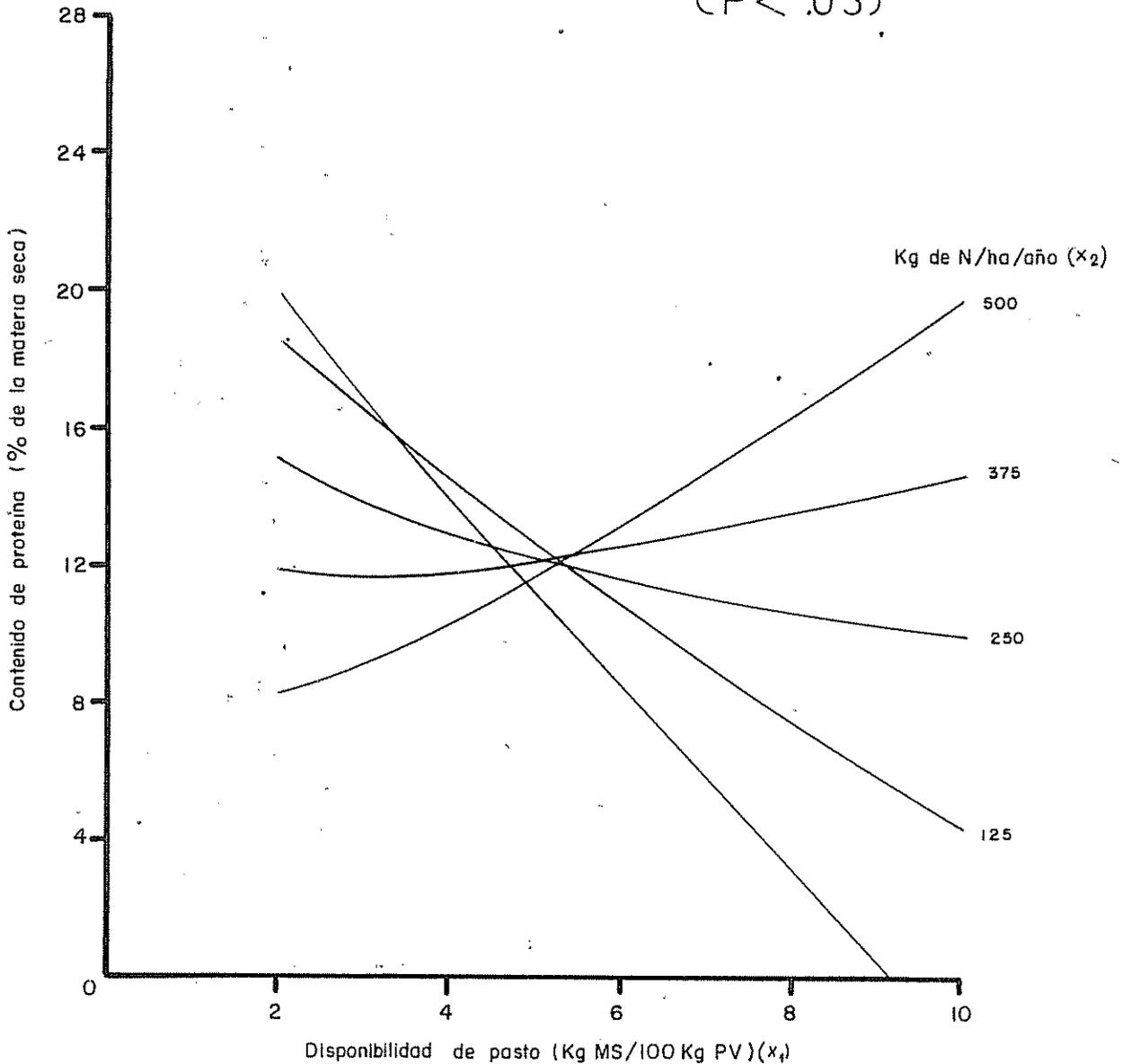


Figura 4. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 2)

disponibilidad por animal. Los valores obtenidos durante este período fueron mayores que los obtenidos en el primer período (Cuadros 5, 6), lo cual era de esperarse por el efecto del nitrógeno aplicados, y esto concuerda con los resultados de varios autores, en el sentido de que la fertilización nitrogenada aumenta el contenido de proteína cruda de los pastos (5, 13, 48, 50, 52).

Para todo el período experimental hubo efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo y de la fertilización nitrogenada, y de la interacción de estos dos factores (Cuadro 9 del apéndice) sobre el contenido de proteína del pasto.

En general los valores encontrados de proteína cruda del pasto son bajos (Cuadros 5, 6), si se comparan con los encontrados por Carrillo (13) y Zañartu (56) en las mismas condiciones y Carocostas en Puerto Rico (11). Los valores mayores del segundo período fueron afectados por los bajos valores del primero, de modo que los valores del total del período experimental también fueron afectados.

La interacción indica que aumentos en la disponibilidad de forraje por animal disminuye el contenido de proteína y conforme aumenta el nivel de fertilización aumenta el contenido de proteína.

Cuadro 6. Contenido de proteína cruda del pasto por ciclo de pastoreo según diferentes dosis de nitrógeno (% de la M.S.).

Período	Ciclos de Pastoreo	Dosis de nitrógeno (kg/N/ha/año)				
		0	125	250	375	500
1	C ₁	6.77	8.35	7.23	8.39	7.90
1	C ₂	6.76	8.31	7.90	7.75	6.43
1	C ₃	6.73	10.25	8.70	7.84	7.45
1	C ₄	8.39	8.95	8.49	9.41	5.88
	\bar{X}	7.16	8.97	8.08	8.35	6.92
2	C ₅	8.03	11.87	12.65	13.65	13.34
2	C ₆	9.16	12.24	12.96	13.41	15.20
2	C ₇	8.88	11.01	11.38	11.63	12.90
2	C ₈	8.28	10.54	11.56	12.56	13.06
	\bar{X}	8.59	11.41	12.41	12.81	13.63
	\bar{X} Total	7.88	10.19	10.10	10.58	10.27

4.1.4 Efectos sobre la digestibilidad in vitro del forraje

En el primer período se encontró efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre la digestibilidad in vitro del forraje (Cuadro 10 del apéndice).

En el Cuadro 7 se puede apreciar que conforme aumenta la

disponibilidad de forraje por animal disminuye la digestibilidad.

Con altas presiones de pastoreo sucede una defoliación marcada en las praderas. Al favorecerse el ciclaje de nutrimentos debido a la mayor excreción de heces y orina y al no haber acumulación de pasto después de cada período de recuperación, siempre habrá pasto tierno que es de mayor digestibilidad. Las presiones livianas permiten cierta acumulación de forraje al final del período de pastoreo que cada vez es menos digestible, debido al mayor contenido de lignina y fibra.

En el segundo período se encontró efecto ($P < 0.01$) tanto de la presión de pastoreo, y la fertilización como de la interacción de estos factores sobre la digestibilidad del pasto (Cuadro 11 del apéndice).

En la Figura 5 y en el Cuadro 8 se aprecia que en los tratamientos con 0, 125 y 250 kg de N/ha/año la digestibilidad disminuye conforme aumenta la disponibilidad de pasto por animal. Con estos niveles de nitrógeno no se consigue mejorar la digestibilidad debido a la acumulación gradual de forraje sobre la pradera que cada vez es más lignificado y fibroso. Solamente con 375 y 500 kg de N por hectárea por año se mejora la digestibilidad aún con disponibilidades altas de forraje por animal.

La interacción indica que aumentos en la disponibilidad de forraje por animal, disminuyen la digestibilidad y a su vez aumentos en la fertilización nitrogenada aumentan la digestibilidad.

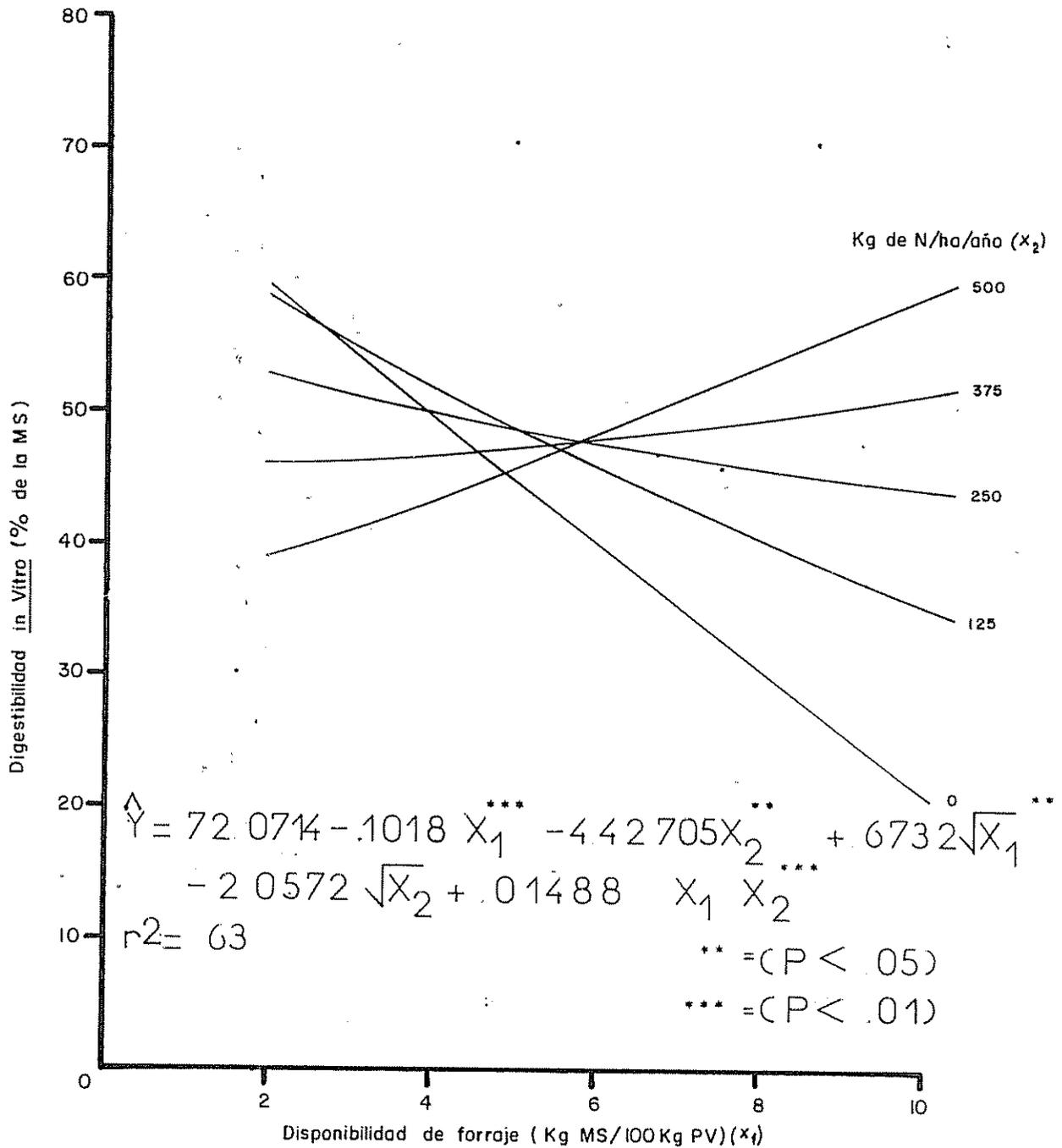


Figura 5. Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad in Vitro de la materia seca (Período 2)

Cuadro 7. Digestibilidad in vitro del forraje por ciclo de pastoreo según presión de pastoreo (% de la M.S.).

Período	Ciclos de Pastoreo	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg P.V.)				
		2	4	6	8	10
1	C ₁	42.45	41.61	38.81	39.34	35.41
1	C ₂	55.77	53.11	40.43	44.81	40.51
1	C ₃	54.68	52.81	45.69	39.36	45.13
1	C ₄	48.25	40.11	36.07	38.22	36.04
	\bar{X}	47.78	46.91	40.25	40.43	39.27
2	C ₅	51.60	48.39	43.79	46.26	45.64
2	C ₆	58.24	54.32	48.08	49.94	46.11
2	C ₇	54.11	51.09	47.19	45.23	42.60
2	C ₈	47.89	45.47	43.73	39.87	40.79
	\bar{X}	45.46	49.81	45.70	45.32	43.78
	\bar{X} Total	51.62	48.36	42.97	42.87	41.52

Varios autores señalan que la fertilización nitrogenada mejora la digestibilidad de los pastos (19, 40, 49). Puede apreciarse en el Cuadro 8 que la digestibilidad fue mayor en el segundo período, lo cual era de esperarse pues la fertilización nitrogenada aumenta el contenido de proteína y de carbohidratos (19) y esto mejora la digestibilidad.

Cuadro 8. Digestibilidad in vitro del forraje por ciclo de pastoreo según niveles de nitrógeno (% de la M.S.).

Período	Ciclos de Pastoreo	Dosis de nitrógeno (kg N/ha/año)				
		0	125	250	375	500
1	C ₁	42.54	39.26	38.25	41.68	37.28
1	C ₂	43.24	47.06	45.99	50.86	39.13
1	C ₃	48.87	45.48	49.38	46.69	41.70
1	C ₄	40.39	42.48	40.78	39.85	32.11
	\bar{X}	43.76	43.57	43.50	44.77	37.56
2	C ₅	40.16	50.51	47.42	44.13	48.03
2	C ₆	43.06	51.38	51.72	51.87	52.18
2	C ₇	40.14	47.12	48.30	49.19	53.79
2	C ₈	38.26	42.66	44.51	42.66	48.46
	\bar{X}	40.41	49.71	47.99	46.96	50.62
	\bar{X} Total	42.08	45.74	45.79	45.89	44.09

Sin embargo en el análisis del total del experimento solo se encontró efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo y de la interacción de esta con la fertilización nitrogenada (Cuadro 12 del apéndice). Esto significa que la fertilización nitrogenada no afectó la digestibilidad in vitro de la MS por si sola, sin embargo, al combinarse con la variable presión de pastoreo si hubo efecto ($P < 0.01$) como lo muestra el Cuadro 11 del apéndice.

4.1.5 Efectos sobre la composición botánica de la pradera

Estos resultados representan el efecto de tratamiento durante todo el período experimental, ya que los valores de composición botánica fueron estimados al final del experimento.

La fertilización nitrogenada tuvo efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la composición botánica de las praderas (Cuadro 13 del apéndice). En la Figura 6 y en el Cuadro 10 se aprecia que conforme aumenta la fertilización nitrogenada aumenta el porcentaje de pasto Estrella sobre la pradera, cualquiera que sea la presión de pastoreo a que fue sometida. Si se considera que el punto crítico para una pradera es aquel cuando se encuentra un 50% de la especie principal, se observa que aplicaciones menores de 250 kg de N por hectárea por año, resultan en casos que estuvieron por debajo de este punto (Fig. 6). Se puede apreciar que con 125 kg de N por hectárea por año, las praderas se mantienen por sobre el punto crítico solamente cuando las disponibilidades de pasto por animal fueron altas (8 y 10 kg de MS/100 kg PV).

Esto implica que el nivel crítico de fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de las praderas podría estar entre 125 y 250 kg/ha/año con cualquier presión de pastoreo a que fueron sometidas.

Entre las otras especies encontradas que no eran pasto Estrella pueden mencionarse: Gamalote, Guinea, grama, Stylosantes, Mimosae, Bergonia, etc., cabe mencionar también que las leguminosas llegaron a constituir hasta un 30% de las praderas sin fertilización nitrogenada.

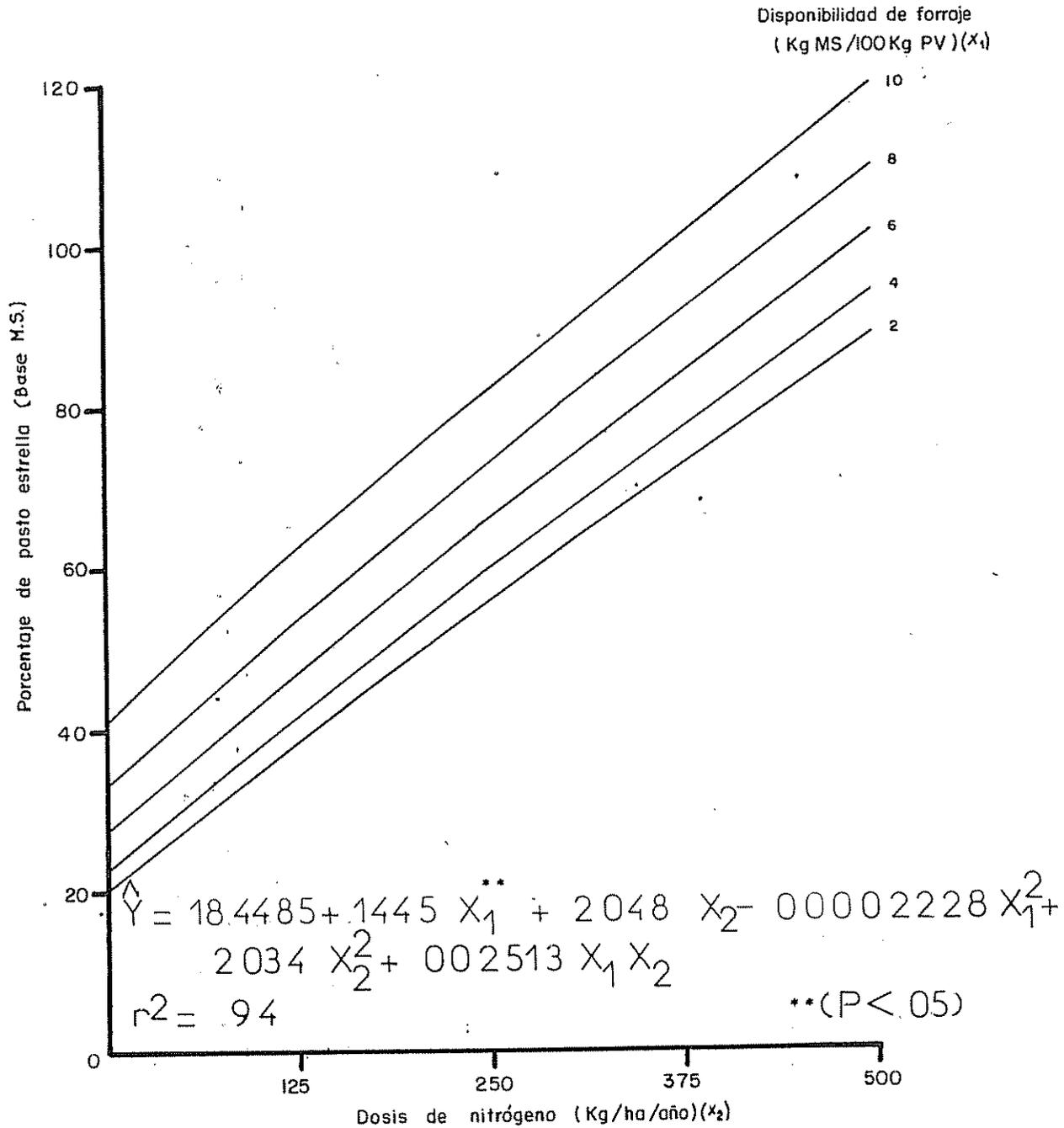


Figura 6. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de las praderas.

Cuadro 9. Composición botánica inicial y final en praderas con diferentes presiones de pastoreo (porcentaje de pasto Estrella).

Composición Botánica	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2	4	6	8	10
Inicial	63.5	67.87	83.06	85.66	84.85
Final	57.30	55.53	65.16	73.78	81.11

Los cambios en composición botánica observados por efecto de fertilización nitrogenada, pueden deberse a que este elemento favorece el crecimiento del pasto y esto a su vez aumenta su capacidad para competir con otras especies.

No se observaron diferencias significativas en la composición botánica de las praderas por efecto de la presión de pastoreo (Cuadro 13 del apéndice). Esto concuerda con lo observado por Zañartu (56) en un experimento similar realizado en las mismas praderas, quien no observó variación en la composición botánica. Lo mismo reporta Ramírez (48) sobre otro experimento en praderas de pasto Estrella, en las condiciones de Turrialba.

En el caso presente, en el que se incluye el efecto de tratamiento de un experimento similar realizado un año antes, y que en total comprende un total de 24 meses de experimentación, podría considerarse que este período es suficientemente largo, sin embargo no se detectó algún efecto del animal sobre la composición botánica.

Esto demuestra la resistencia del pasto Estrella al efecto mecánico del animal sobre la pradera (Cuadro 9).

Cuadro 10. Composición botánica inicial y final en praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada (porcentaje de pasto Estrella).

Composición Botánica	Dosis de nitrógeno (kg N/ha/año)				
	0	125	250	375	500
Inicial	64.70	63.81	76.85	89.73	99.20
Final	30.40	40.01	68.87	89.30	98.47

4.2 Efectos sobre la producción animal

4.2.1 Efectos sobre la carga animal

En el primer período se encontró un efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre la carga animal (Cuadro 14 del apéndice).

En el Cuadro 11 se observa que conforme aumenta la disponibilidad de pasto por animal, disminuye la carga con una tendencia a estabilizarse con disponibilidades entre 8 y 10 kg de MS/100 kg de PV. Se observa que con el tratamiento sin fertilizante, las cargas fueron mayores que con otros niveles de fertilización con disponibilidades altas de pasto por animal, debido a que el pasto disponible tuvo el mismo comportamiento por la mayor producción,

Cuadro 11. Valores promedio de carga animal según la presión de pastoreo.

kg MS/ha/año	Promedios		Total
	Animales de 300 kg/ha/día		
	Período 1	Período 2	
2	9.61	12.30	10.96
4	5.20	7.74	6.47
6	5.55	7.29	6.42
8	3.61	6.42	5.02
10	3.60	5.59	4.59
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	21.13	23.16	22.15
b ₁	2.5938**	3.9395***	2.2666**
b ₂	0.02 *	0.046***	0.0356***
b ₃	-12.81**	-17.19***	15.00 ***
b ₄	-27.21 *	0.2749*	-0.2735***
b ₅	-0.18	-0.37	-0.28 *

$$^a/ \hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 kg PV/día

X₂ = Dosis de nitrógeno kg/ha/año

* (P < 0.10)

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

debido al nitrógeno aportado por las leguminosas (Cuadro 12). Estos resultados están en función de la disponibilidad del pasto por animal, que en el primer período tuvo una correlación -0.62 lo que significa que a mayor carga menor disponibilidad de pasto por animal.

En el segundo período hubo efecto ($P < 0.01$) tanto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada como de la interacción de estos dos factores sobre la carga animal (Cuadro 15 del apéndice). La tendencia fue similar a la obtenida en el primer período, pero el efecto de la fertilización hizo que los valores fueran más altos (Cuadro 11).

El efecto de la interacción indica que aumentos en la disponibilidad de forraje por animal disminuye la carga y, aumentos en la fertilización nitrogenada producen aumentos en la carga animal.

Estas diferencias de los valores de carga animal entre el primero y segundo período son consecuencia de la mayor producción de pasto obtenida en el segundo período por efecto del nitrógeno aplicado a las praderas (Cuadro 12).

En el análisis conjunto se encontró efecto ($P \leq 0.01$), tanto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada, como de la interacción de estos dos factores sobre la carga animal (Cuadro 16 del apéndice).

En los Cuadros 11, 12 se presenta este efecto, y se puede ver que las tendencias fueron similares a las encontradas en cada período por separado pero con valores intermedios debido a que los bajos valores del primer período afectaron a los del segundo y por consiguiente afectaron el análisis total.

Cuadro 12. Valores promedio de carga animal según la fertilización nitrogenada.

kg N/ha/año	Promedios Animales de 300 kg/ha/día		Total
	Período 1	Período 2	
0	4.92	5.57	5.24
125	4.10	4.44	4.27
250	6.42	8.67	7.54
375	4.80	9.73	7.27
500	6.03	9.88	7.95
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	21.13	23.16	22.15
b ₁	2.5938**	3.9395***	2.2666***
b ₂	0.0246**	0.0465***	0.0356***
b ₃	-12.8195**	-17.1978***	-15.0086***
b ₄	-0.2721*	-0.2749*	-0.2735***
b ₅	-0.18	-0.37	-0.28

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 kg PV/día

X₂ = Dosis de nitrógeno kg/ha/año

* (P < 0.10)

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Los valores inferiores promedio de carga animal obtenidos en el presente ensayo equivalen a 459 animales de 300 kg por hectárea por día, y a pesar de que fueron inferiores a los obtenidos por Zañartu (56) nos revela la potencialidad de producción del pasto Estrella si se compara con valores de carga obtenidos por otros autores (2, 17), con Guinea, Trébol rosado y rye grass, respectivamente.

4.2.2 Efectos sobre los incrementos diarios de peso

Los valores promedio de incrementos diarios de peso se presentan en los Cuadros 13 y 14 según la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada, respectivamente.

Se encontró un efecto significativo ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre el incremento diario de peso durante el primer período (Cuadro 17 del apéndice). En el Cuadro 13 se presenta este efecto y se puede apreciar que con disponibilidades altas de materia seca por animal se obtuvieron mayores incrementos de peso que con disponibilidades bajas. Esto es debido a que con mayores disponibilidades de MS el animal tiene más oportunidad de seleccionar su dieta, y el consumo es mayor (Cuadro 17 del apéndice) y, a mayor consumo mayor incremento de peso como se deduce de la correlación positiva encontrada entre estos dos factores (0.62). Estos incrementos pueden considerarse bajos si se comparan con los encontrados por otros autores (2, 56), lo cual era de esperarse, ya que por falta de fertilización, la calidad y producción de los pastos fueron bajos.

Cuadro 13. Valores promedio de incrementos diarios de peso con diferentes niveles de presión de pastoreo (kg/año/día).

Período	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2	4	6	8	10
1	-0.153	0.031	0.361	0.394	0.730
2	-0.076	0.010	0.169	0.336	0.416
\bar{X}	-0.114	0.021	0.265	0.365	0.573

Cuadro 14. Valores promedio de incrementos diarios de peso con diferentes niveles de fertilización nitrogenada (kg/año/día).

Período	Dosis de nitrógeno (kg de N/ha/año)				
	0	125	250	375	500
1	0.360	0.136	0.327	0.289	0.298
2	-0.152	0.249	0.231	-0.026	0.245
\bar{X}	0.104	0.192	0.279	0.131	0.272

En el segundo período también hubo efecto significativo ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre los incrementos diarios de peso. No hubo efecto de la fertilización nitrogenada sobre este parámetro (Cuadro 18 del apéndice).

Puede verse en los Cuadros 13 y 14 que los incrementos de peso obtenidos durante este período fueron menores que los obtenidos durante el primero. Así mismo los consumos experimentados también fueron menores durante el segundo período que durante el primero (Cuadros 17, 18 del apéndice).

Este efecto no parece lógico ya que se esperaba que con la aplicación de nitrógeno, el pasto sería de mejor calidad debido al mayor contenido de proteína cruda y mayor digestibilidad, y también habría mayor producción, con lo cual se lograrían mayores incrementos de peso, inclusive compensarían los bajos valores encontrados durante el primer período.

El análisis total indica que solo hubo efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre los incrementos diarios de peso (Cuadro 19 del apéndice). Los valores encontrados durante ambos períodos son inferiores a los encontrados por otros autores (17, 35, 40, 56). Con los datos disponibles no es posible precisar las razones de estos valores bajos, pero se supone que pudo deberse a una interacción desfavorable de características de la planta, con características del animal entre las que podrían citarse: deficiencia de algún mineral, la calidad del pasto (contenido de proteína cruda y digestibilidad) que no experimentó cambios sustanciales entre un período y otro, y la raza de los animales utilizados

(Romosinuanos en su mayoría) que son de crecimiento lento (28).

4.2.3 Efectos sobre la producción de carne por hectárea

En el primer período se encontró un efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre la producción de carne por hectárea (Cuadro 20 del apéndice).

En el Cuadro 15 se aprecia que conforme aumenta la disponibilidad de pasto por animal, aumenta la producción de carne por hectárea por día. Puede apreciarse que con disponibilidades de 10 kg de MS/100 kg de PV se obtuvieron las mayores producciones de carne, mientras que con 2 kg de MS/100 kg de PV se obtuvieron producciones negativas. Estos resultados son lógicos y en este período estuvieron en función del consumo de pasto, con el cual se encontró una correlación de 62% y el consumo a su vez fue afectado por la presión de pastoreo correlacionado en un 73%, esto indica que a mayor disponibilidad de pasto mayor consumo y, a mayor consumo mayor producción y, producción de carne por hectárea es producto de carga animal por aumentos de peso.

En el segundo período se encontró también un efecto ($P < 0.01$) de la presión de pastoreo sobre la producción de carne por hectárea (Cuadro 21 del apéndice).

En el Cuadro 15 se presentan los valores de producción de carne correspondientes a este período y se puede apreciar que conforme aumenta la disponibilidad de pasto, aumenta la producción de carne por hectárea, observándose también que las producciones mayores se obtuvieron con disponibilidades de 10 kg de MS/100 kg de PV y con

Cuadro 15. Producción de carne por hectárea según la presión de pastoreo (kg/ha/día).

Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)	Promedios		Total
	Período 1	Período 2	
2	-1.57	-2.42	-1.998
4	0.63	-0.31	0.16
6	2.02	1.19	1.60
8	1.47	0.99	1.23
10	2.50	3.48	2.99
Coeficientes de regresión ^{a/}			
b ₀	-47.96	-40.97	-44.46
b ₁	9.26	-5.42	-7.34
b ₂	-0.15	-0.00041***	0.074
b ₃	89.90**	69.04	79.47**
b ₄	-0.11	3.07	1.48
b ₅	0.000228	-0.000168	-0.000198

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X₁ = Disponibilidad de forraje/100 kg PV/día

X₂ = Dosis de nitrógeno kg/ha/año

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

2 y 4 kg de MS por 10 kg de PV se obtuvieron producciones negativas. Se esperaba un efecto marcado de la fertilización nitrogenada sobre la producción de carne por hectárea, ya que este elemento mejoraría la calidad (mayor contenido de proteína cruda y mayor digestibilidad) y aumentaría la cantidad de pasto ofrecido, lo que a su vez se traduciría en una mayor producción de carne. Esto no sucedió debido probablemente a que la calidad del pasto no mejoró sustancialmente si se compara con los reportes de otros autores (2, 12, 56).

En el análisis conjunto se encontró un efecto ($P \leq 0.01$) de tratamientos sobre la producción de carne por hectárea dado principalmente por la presión de pastoreo (Cuadro 22 del apéndice).

En el Cuadro 15 se presentan los valores promedio de los dos períodos y se puede apreciar que las producciones siguen las mismas tendencias que las observadas en cada período por separado.

Se observa en el mismo Cuadro que en el segundo período se logró mayor producción que en el primero solo cuando la disponibilidad de pasto por animal fue de 10 kg de MS/100 kg de PV, los demás valores fueron inferiores a los obtenidos en el primero, lo cual afecta los valores totales.

En el Cuadro 16 se presentan los valores de producción obtenidos según la fertilización nitrogenada y se observan producciones mayores en el segundo período solo con algunos tratamientos (125, 250 y 500 kg de N/ha/año).

Cuadro 16. Producción de carne por hectárea según niveles de fertilización nitrogenada (kg/ha/año).

Niveles Fertilización Nitrogenada (kg de N/ha/año)	Promedios		Total
	Período 1	Período 2	
0	1.75	-0.35	0.70
125	0.74	1.23	0.99
250	0.94	1.06	1.00
375	1.43	0.54	0.44
500	1.85	2.09	1.97
Coeficientes de regresión <u>a/</u>			
b_0	47.96	-40.97	-7.34
b_1	9.26	-5.54	-7.34
b_2	-0.149	-0.00041***	0.07
b_3	89.9**	69.04	79.47**
b_4	-0.11	3.07	1.48
b_5	0.000228	-0.000168	-0.000198

$$\underline{a/} \hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^5 + b_4 X_2^5 + b_5 X_1 X_2$$

donde: X_1 = Disponibilidad de forraje/100 kg PV/día

X_2 = Dosis de nitrógeno kg/ha/año

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

En general las producciones de carne obtenidas son inferiores a las obtenidas por Zañartu (56), en condiciones similares. Con los datos disponibles no es posible precisar las razones de estos valores bajos, pero se supone que como en el caso de incrementos diarios de peso, pudo deberse a una interacción desfavorable de características de la planta con características del animal, entre las que podrían citarse: la calidad del pasto (contenido de proteína y digestibilidad) que no experimentó cambios sustanciales entre uno y otro período y, la raza de los animales utilizados (Romosinuanos en su mayoría), que son de crecimiento lento (28).

4.3 Efectos sobre el suelo

4.3.1 Efectos sobre la acidez del suelo

En los Cuadros 17 y 18 se presentan los valores de pH encontrados.

No hubo efecto sobre la acidez del suelo tanto a 10 como a 20 cms de profundidad medida en agua y en KCl (Cuadros 23, 24 del apéndice). Sin embargo, se observó una tendencia ($P < 0.01$) a aumentar el pH al término del experimento (Cuadros 27, 28, 29, 30 del apéndice), lo cual difiere de los reportes encontrados en la literatura (13, 25, 56), que indican que hay una tendencia a disminuir por efecto de la fertilización nitrogenada. Durante el desarrollo del presente experimento pudo haber habido algún efecto de clima, ya que ese se condujo durante la época de mayor precipitación pluvial, durante la cual se supone una mayor actividad química y mayor ciclaje de nutrimentos, que al descomponerse la molécula

Cuadro 17. Valores iniciales y finales de acidez del suelo, con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

			Dosis de nitrógeno (kg N/ha/año)				
			0	125	250	375	500
pH 10 cms	H ₂ O	I	5.40	5.30	5.00	5.25	5.50
		F	5.70	5.55	5.88	6.35	6.35
	KCl	I	4.44	4.55	4.08	4.20	4.45
		F	4.46	4.25	4.18	4.30	4.10
pH 20 cms	H ₂ O	I	5.40	5.50	5.12	5.10	5.65
		F	5.55	5.80	5.26	5.35	6.85
	KCl	I	4.30	4.75	5.37	4.25	4.55
		F	4.45	4.10	4.50	4.30	4.30

I = Al inicio del experimento

F = Al final del experimento

de agua pudo suceder una mayor adsorción del ion H⁺ por el complejo de cambio del suelo, aumentando la concentración de iones ⁻OH y el pH. Cabe aclarar que el muestreo pre-experimental se realizó al inicio de la época de lluvias, mientras que el muestreo final se realizó al término de la época lluviosa.

De acuerdo a los estándares de comparación dados por ICTA, Trinidad, citados por Bazán (4), y de la clasificación dada por

Cuadro 18. Valores iniciales y finales de acidez del suelo con diferentes presiones de pastoreo.

		Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg de OV)					
		2	4	6	8	10	
pH 10 cms	H ₂ O	I	4.9	5.1	5.2	5.3	5.1
		F	5.3	5.4	6.18	6.5	6.0
	KCl	I	4.0	4.2	4.2	4.4	4.1
		F	3.95	4.15	4.28	4.4	4.5
pH 20 cms	H ₂ O	I	5.0	5.3	5.3	5.4	5.2
		F	5.35	5.2	6.0	5.95	5.2
	KCl	I	4.2	4.4	4.3	4.3	4.1
		F	3.95	4.05	4.3	4.35	5.3

I = Al inicio del experimento

F = Al final del experimento

Fassbender (25), los suelos con valores promedio entre 5.0 y 5.9 medidos en agua, se consideran como medianamente ácidos; y con valores entre 4 y 4.9 medidos en KCl son considerados como fuertemente ácidos.

De acuerdo con Fassbender (25) quien dice que suelos con pH menores de 4 pueden causar una disminución en el desarrollo de las plantas, se desprende que estos suelos pueden considerarse como

aptos ya que los valores de acuerdo a los promedios de pH en agua encontrados al final del experimento que fueron de 5.94 y de 5.64 a 10 y 20 cms respectivamente, y de los encontrados en KCl que fueron de 4.26 y 4.36 a 10 y 20 cms respectivamente, estos suelos pueden considerarse como de acidez media y aptos para el desarrollo de las plantas, de acuerdo a la clasificación dada por Fassbender (25).

4.3.2 Efectos sobre el contenido de nitrógeno del suelo

En los Cuadros 19 y 20 se presentan los valores de nitrógeno del suelo en términos de porcentaje, según la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada, respectivamente.

Cuadro 19. Valores iniciales y finales de nitrógeno del suelo con diferentes presiones de pastoreo (En porcentaje).

		Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)				
		2	4	6	8	10
10 cms	I	0.23	0.26	0.29	0.27	0.27
	F	0.41	0.44	0.50	0.51	0.45
20 cms	I	0.16	0.23	0.20	0.17	0.16
	F	0.35	0.37	0.45	0.44	0.41

Cuadro 20. Valores iniciales y finales de nitrógeno del suelo con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.
(En porcentaje).

Profundidad		Dosis nitrógeno (kg de N/ha/año)				
		0	125	250	375	500
10 cms	I	0.35	0.27	0.25	0.27	0.27
	F	0.51	0.47	0.43	0.50	0.52
20 cms	I	0.23	0.18	0.18	0.21	0.18
	F	0.49	0.40	0.38	0.41	0.45

No hubo efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo en las profundidades estudiadas 0-10 y 10-20 cms. (Cuadros 31, 32 del apéndice). Sin embargo, se encontró diferencia ($P < 0.01$) entre los valores pre-experimentales y los finales, de contenido de nitrógeno (Cuadros 33, 34 del apéndice), lo cual concuerda con lo observado por Carrillo (13) y Zañartu (56).

Esto significa que aún con los niveles más bajos de nitrógeno utilizados, se cubre la capacidad de adsorción del suelo de manera que aplicaciones mayores, no significan aumento en la retención de nitrógeno por parte del suelo, lo que indica que el nitrógeno no es aprovechable por la planta, se pierde por lixiviación.

De acuerdo con Fassbender (25) y los estándares de comparación dados por ICTA, Trinidad, citados por Bazán (4), los valores

encontrados (Cuadros 19, 20) son superiores a los considerados como altos (0.35%). Esto no significa que todo el contenido estuvo disponible para las plantas.

4.3.3 Efectos sobre la resistencia del suelo a la penetración

Se encontró un efecto ($P < 0.05$) de la presión de pastoreo sobre la resistencia del suelo a la penetración en la parte superficial (Cuadro 35 del apéndice).

Forsythe* ha sugerido las siguientes clases para clasificar los suelos de acuerdo a la resistencia a la penetración: 0-6 bares** excelente, 7-12 bares aceptable, 13-25 bares no aceptable y mayor de 25 bares se inhibe el crecimiento radical.

Los valores obtenidos en el presente experimento se presentan en la Figura 7 y en el Cuadro 21 y muestran el efecto de tratamientos sobre la resistencia del suelo a la penetración hasta un valor a partir del cual empieza de nuevo a subir. Esto es debido a que con presiones de pastoreo altas (2 kg de MS/100 kg de PV) se requiere mayor cantidad de animales para lograr un uso eficiente del pasto producido, y esto a su vez implica mayor efecto del animal sobre el suelo.

Los valores altos de resistencia del suelo a la penetración estimados cuando las disponibilidades fueron de 8 y 10 kg de MS por 100 kg de PV (Cuadro 21) ubican a estos suelos en la categoría

* Comunicación personal

** 1 bar = 1.02 kg/cm²

$$\hat{Y} = 55.5012 - .066952 X_1 - 10.0007893 X_2^{**} - .00004094 X_1^2 + .4580 X_2^2 + .028 X_1 X_2$$

$$r^2 = .79$$

** (P < .05)

* (P < .10)

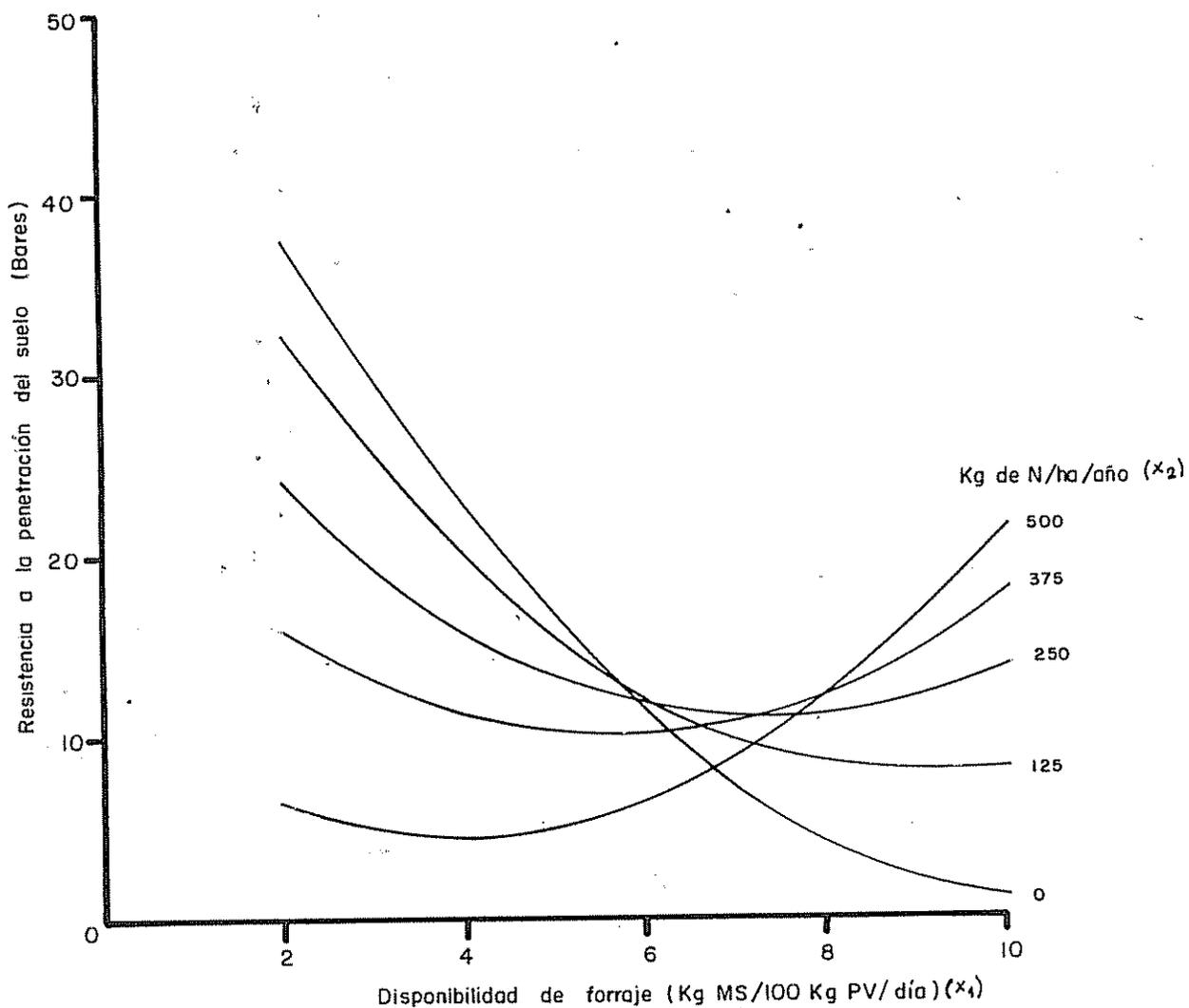


Figura 7. Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la resistencia a la penetración en el suelo

Cuadro 21. Valores de resistencia del suelo a la penetración al final del experimento, según presión de pastoreo. (En bares)*

Profundidad del suelo (cms)	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2	4	6	8	10
0 cms	17.07	17.58	9.45	10.12	14.47
20 cms	12.17	11.125	12.28	11.07	12.65

* 1 bar = 1.02 kg/cm²

de "no aceptables". Estos valores pueden deberse a que por el alto potencial del pasto Estrella, aumentó la disponibilidad por unidad de área, debido a lo cual fue necesario aumentar la carga para mantener la misma disponibilidad de pasto por animal y esto a su vez se traduce en mayor efecto del animal sobre el suelo, que llega a ser significativo entre los 8 y 24 meses.

Zañartu (56) no encontró variación entre tratamientos por efecto de la presión de pastoreo en un experimento similar realizado sobre las mismas praderas, debido probablemente al corto período experimental (8 meses). En el caso presente en que se trata de una continuación de aquel y que fue conducido por un período de 18 meses adicionales, el efecto encontrado es significativo.

No hubo efecto de tratamientos sobre la resistencia a la penetración del suelo a 20 cms de profundidad (Cuadro 36 del apéndice), pero el valor promedio de 12 bares podría considerarse como un

valor crítico ya que corresponde al límite superior de la clase "aceptable", de acuerdo a la clasificación sugerida por Forsythe. Sin embargo, según Bazán* esta característica por si sola no indica el grado de obstrucción del suelo para el desarrollo de las raíces y sugiere que deben tomarse en cuenta además otros factores como: compactación, capacidad de campo y resistencia del corte tangencial.

4.4 Análisis económico

Para la evaluación económica se ha considerado todo el período experimental y esta se realizó en términos de la medición de la rentabilidad. Se estimaron los costos fijos que incluyen los materiales utilizados en la infraestructura y la mano de obra para su instalación, no se incluyen costos de la tierra ni plusvalía (Cuadro 37 del apéndice). También se estimaron los costos variables de acuerdo a cada tratamiento (Cuadro 38 del apéndice). Para el costo de los animales se usó la carga promedio de todo el período experimental en cada tratamiento. La tasa de interés sobre el capital invertido se estimó en un 10% anual y sería el valor de los intereses si el dinero invertido se depositara en un banco. El ingreso bruto se estimó a partir de la producción de carne por hectárea obtenida en cada tratamiento y el precio de venta por kg se asignó de acuerdo al peso vivo total de cada animal según la siguiente relación: de 200-250 kg = ₡* 3.80/kg; de

* ₡ 1.00 = US\$ 0.117.

251-300 kg = \$ 3.70/kg; de 301-350 kg = \$ 3.80/kg y mayor de 351 kg = \$ 4.00/kg (a mayo de 1977).

En la Figura 8 y en el Cuadro 40 del apéndice, se presenta el efecto de la presión de pastoreo y de la fertilización nitrogenada sobre la rentabilidad. Puede apreciarse que mientras más alta es la presión de pastoreo más marcado es el efecto del aumento de la dosis de nitrógeno sobre la rentabilidad. En el caso presente por el valor de venta del kilogramo de carne y el costo de los insumos, la rentabilidad fue negativa en la mayoría de los casos como se aprecia en el Cuadro 40 del apéndice. Aumentos en el precio del ganado en pie, resultaría en un movimiento de todas las curvas hacia arriba y de acuerdo a la magnitud del cambio podrían resultar en rentabilidades positivas.

En la Figura 8 se muestra que cuando la presión de pastoreo es equivalente a mantener una disponibilidad de 6 kg de MS/100 kg de PV/día, cambios en la cantidad de nitrógeno aplicado resultan en cambios poco marcados en la rentabilidad. Esta tendencia podría explicarse por la mayor eficiencia en el uso del pasto a esta presión de pastoreo, en la cual aumentos en el fertilizante aplicado resultan en aumentos en la producción animal similares a los aumentos en los insumos.

Por otro lado cuando la presión de pastoreo es alta, aumentos en la cantidad de nitrógeno aplicado resultan en mayores aumentos de la producción en relación con el aumento en el costo de los insumos. De allí entonces la tendencia al aumento que se aprecia en las curvas de la Figura 8.

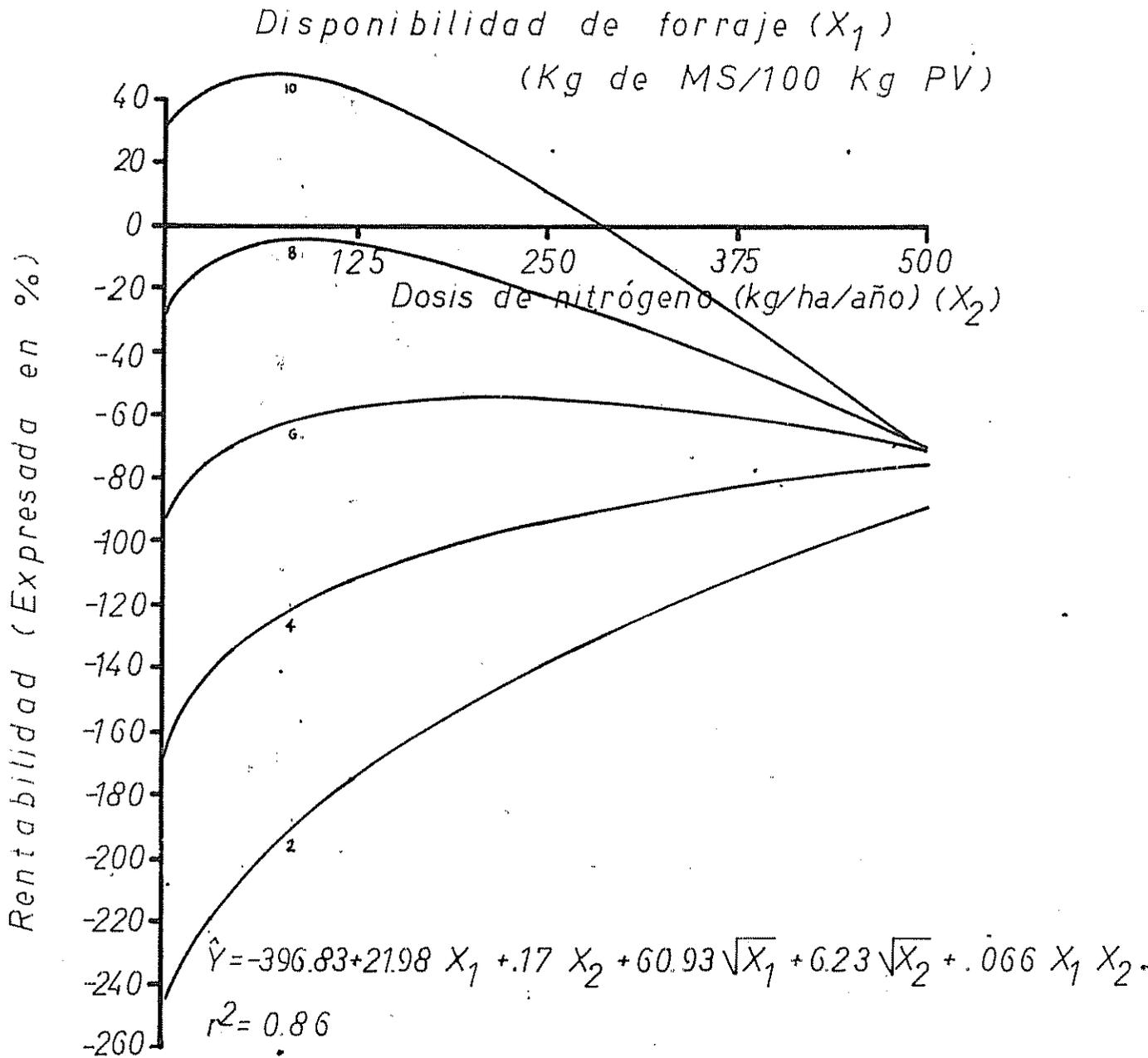


Figura 8 Efecto de la presión de pastoreo y de la fertilización nitrogenada sobre la rentabilidad

Cuando la presión de pastoreo es baja la utilización del pasto es también baja, por ello al aumentar los insumos por efecto de la cantidad de nitrógeno aplicado resultan en una baja rentabilidad. Los ligeros aumentos que se observan en la Figura 8 al pasar de 0 a 125 kg de N/ha/año, podrían deberse a un incremento en la cantidad de forraje presente, producto de la aplicación del nitrógeno. Sin embargo, mayores aumentos en los insumos resultan en una baja en la rentabilidad, debido a la mayor cantidad de fertilizante utilizado y a que la producción no aumenta en forma similar.

Los presentes resultados en las condiciones en que se realizó el experimento y las actuales del mercado de la carne permiten recomendar un sistema de producción en el que se trabaje con disponibilidades altas de forraje por animal y en el que se haga el menor uso posible de prácticas que aumenten los insumos, para lograr una rentabilidad positiva.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones ambientales de manejo y económicas en que se realizó la presente investigación, pueden formularse las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada afectaron el comportamiento de la pradera en la siguiente forma: a mayor disponibilidad de forraje por animal menor producción por unidad de área y menor calidad y, a mayor dosis de nitrógeno mayor producción y mejor calidad. Conforme disminuye la dosis de nitrógeno aumenta la invasión de otras especies sobre la pradera al término de 24 meses, lo que significa cambios en la composición botánica, por disminución del contenido de pasto Estrella.
2. Aumentos en la disponibilidad de forraje por animal resultan mayores aumentos diarios de peso de los animales, lo que resulta en mayor producción por hectárea.
3. La resistencia del suelo a la penetración entre 0 y 10 cms, se ve afectada por la presión de pastoreo al término de 24 meses, observándose aumentos marcados conforme disminuye la disponibilidad de forraje por animal. No se observaron efectos definidos de los tratamientos sobre otras características del suelo, como acidez y contenido de nitrógeno.
4. Se obtuvo una rentabilidad positiva solamente con disponibilidades de 10 kg de MS/100 kg de PV y aplicación entre 0 y 125 kg de nitrógeno por hectárea por año.

Se recomienda:

1. Observar el efecto de la fertilización nitrogenada con aplicaciones distribuidas durante la época de mayor precipitación pluvial.
2. Adoptar el sistema de producción que involucre disponibilidades altas de forraje por animal (10 kg de MS/100 kg de PV) y dosis de nitrógeno entre 0 y 125 kg por hectárea por año.

6. RESUMEN

El presente experimento se realizó en la Finca Experimental Ganadera del Departamento de Ganadería Tropical del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los objetivos fueron: evaluar el efecto de presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el comportamiento de las praderas de pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var nlemfuensis), la producción animal, la compactación, el contenido de nitrógeno, la acidez del suelo y la eficiencia económica.

Se estudiaron cinco niveles de presión de pastoreo; 2, 4, 6, 8 y 10 kg de MS/100 de FV, y cinco niveles de fertilización nitrogenada; 0, 125, 250, 375 y 500 kg de N/ha/año, en 6.4 has. de pasto Estrella Africana, divididas en 13 parcelas de tamaño variable con un diseño factorial incompleto. La aplicación de los niveles de nitrógeno se realizó durante los segundos 112 días experimentales.

Durante los primeros 112 días experimentales hubo efecto ($P < .01$) de la presión de pastoreo. Al aumentar la disponibilidad de forraje por animal aumentó la tasa de crecimiento de 34.3 a 45.5 kg de MS/ha/día; la disponibilidad de forraje por hectárea de 1617 a 2974 kg de MS; los incrementos de peso de -.153 a .730 kg/animal/día y la producción de carne de -1.57 a 2.50 kg/ha/día. Disminuyó el contenido de proteína cruda del pasto de 10.20 a 6.21%, la digestibilidad in Vitro de la MS de 47.78 a 39.27%, y la carga animal de 9.61 a 3.6 novillos de 300 kg/ha/día.

Durante los segundos 112 días hubo efecto ($P < .01$) sobre varios parámetros: conforme aumentó la presión de pastoreo aumentó la disponibilidad de forraje de 2129 a 4763 kg de MS/ha; los incrementos diarios de peso de $-.076$ a $.416$ kg/animal/día; la producción de carne por hectárea de -2.45 a 3.48 kg/ha/día. Disminuyó el contenido de proteína cruda de 15.17 a 9.7%; la digestibilidad in Vitro de la MS de 45.46 a 43.78%; la carga animal de 12.30 a 5.59 novillos de 300 kg/ha/día. Durante este período también hubo efecto ($P < .01$) de la fertilización nitrogenada sobre varios parámetros: conforme aumentó la dosis de nitrógeno aumentó la tasa de crecimiento del pasto de 55.62 a 109.39 kg de MS/ha/día; la disponibilidad de forraje de 2389 a 5078 kg de MS/ha; el contenido de proteína de 8.59 a 13.63%; la digestibilidad in Vitro de la MS de 40.41 a 50.62% y la carga animal de 5.34 a 7.95 novillos de 300 kg/ha/día.

Al analizar los dos períodos en conjunto se encontró efecto ($P < .01$) de la presión de pastoreo con las mismas tendencias que las observadas en cada período por separado y con valores intermedios sobre los siguientes parámetros: la disponibilidad de forraje por hectárea, el contenido de proteína del pasto, la digestibilidad in Vitro de la MS, la carga animal y la producción de carne por hectárea.

Un efecto ($P < .01$) de la fertilización nitrogenada con las mismas tendencias a las encontradas en el segundo período sobre la tasa de crecimiento del pasto, la disponibilidad de forraje por hectárea, el contenido de proteína cruda y la carga animal.

Se encontró efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de las praderas, con una invasión progresiva de otras especies entre 0 y 70% conforme disminuía la fertilización nitrogenada, cualquiera que fuera la presión de pastoreo. La resistencia del suelo a la penetración aumentó ($P < .01$) conforme aumentó la presión de pastoreo.

En las condiciones actuales del mercado de la carne y de los insumos, el análisis económico reveló una rentabilidad positiva solo con disponibilidades altas de forraje por animal (10 kg de MS/100 kg de PV) y la menor inversión posible en insumos.

6a. SUMMARY

The present experiment was carried out at the Experimental Station Farm of the Tropical Animal Production Department of CATIE in Turrialba, Costa Rica. The objectives were to evaluate the effects of grazing pressure and nitrogen fertilization on the response of African Star grass (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var nlemfuensis) pasture, on animal production, soil compaction, soil nitrogen content, soil acidity, and on economic efficiency.

Five levels of grazing pressure; 2, 4, 6, 8 and 10 kg of DM/100 kg BW and five levels of nitrogen fertilization; 0, 125, 250, 375 and 500 kg of N/ha/yr., were studied using 6.4 ha of African Star grass, divided into 13 plots included in an incomplete factorial design. The nitrogen fertilizer applications were made during the second 112 days part of the experiment.

During the first 112 days of the experiment a significant ($P < .01$) effect of grazing pressure was observed. Increasing forage availability per animal increased forage growth rate from 34.3 to 65.5 kg of DM/ha/days; increased the forage availability from 1617 to 2975 kg DM/ha; increased growth rates from -.153 to .730 kg/animal/day; and increased daily beef production from -1.57 to 2.50 kg/ha. Corresponding reductions were observed in crude protein content, 10.20 to 6.21%; in Vitro digestibility of DM from 47.78 to 39.27%; and carrying capacity dropped from 9.61 to 3.6 animals (300 kg) per ha/day.

During the second 112 days, significant ($P < .01$) effects were observed for various variables: coinciding with increases in grazing pressure forage availability increased from 2129 to 4763 kg DM/ha; animal weight gains changed from $-.076$ to $.416$ kg/animal/day; beef production per hectare increased from -2.45 to 3.48 kg/ha/day. Increased grazing pressures coincided with decreases in content of crude protein 15.17 to 9.7%; in Vitro digestibility of DM decreased from 45.46 to 43.78; carrying capacity dropped from 12.30 to 5.59 animals (300 kg) per hectare daily. For this period, highly significant effects were also observed in respect to the effects of levels of nitrogen fertilization on various parameters: increased dosis of nitrogen corresponded with faster pasture growth, from 55.62 to 109.39 kg DM/ha/day; also forage availability increased from 2389 to 5078 kg DM/ha; protein content increased from 8.59 to 13.63%; in Vitro digestibility of DM changed from 40.41 to 50.62% and carrying capacity was increased from 5.34 to 7.95 animals (300 kg /ha/day).

In the analysis of the two periods combined, significant ($P < .01$) effects were observed between different grazing pressures showing the same tendencies as in the separate periods with respect to: forage availability per hectare, protein content of the pasture, in Vitro DM digestibility, carrying capacity, and beef production per hectare.

Significant ($P \leq .01$) effects were observed for nitrogen fertilization with tendencies similar to those of the second period in respect to: pasture growth rate, availability of forage per hectare, content of protein, and carrying capacity.

Concerning the botanical composition of the pasture a progressive invasion of other species, 0 to 70%, was noted as the nitrogen fertilization was reduced; this effect was independent of the grazing pressure. Increased grazing pressure caused significant ($P < .01$) increases in the resistance of the soil to penetration.

Under current market and prices, an economic analysis indicates that the only profitable combinations occur when forage availability per animal is high (10 kh of DM/100 kg BW) and the lowest possible investment in inputs.

7. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, A. V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. IICA-CTEL. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 137 p.
2. ALPIZAR, J. Consumo de banano verde y crecimiento de bovinos de carne a diferentes presiones de pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 52 p.
3. BATEMAN, J. V. Nutrición Animal. Manual de Métodos analíticos. México, Herrero, 1970. 469 p.
4. BAZAN, R. Soil survey of La Lola cacao farm. Tesis Mag. Agr. 1963. 127 p.
5. BLASER, R. E. Symposium on forage utilization: Effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. Journal of Animal Science 23:248-253. 1964.
6. BREDON, R. M. y HORREL, C. R. Management studies with (Panicum maximum) in Uganda. II. The effect of cutting interval and nitrogen fertilizer on chemical composition and nutritive value. Empire Journal of Experimental Agriculture 31:343-350. 1963.
7. BROUGHAM, R. W. The effects of frequency and intensity of grazing on the productivity of a pasture of short rotation al rye-grass and red and white clover. New Zealand. Journal of Agriculture Research 2(6):1232-1248. 1959.
8. BROWN, R. H. y BLASER, R. E. Leaf Area Index in Pasture Growth. Herbage Abstracts 38(1):1-8. 1968.
9. BRYAN, W. W. Changes in botanical composition in some subtropical sown pastures. In International Grassland Congress, 8th, England, 1960. Proceedings. England University of Reading, 1960. British Grassland Society, 1961. pp. 636-639.
10. BURNS, J. C. et al. Comparison of set-stoked and put-and-take systems with growing heifers grazing Coastal Bermuda grass (Cynodon dactylon L. Pers). In International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings Queensland, University of Queensland Press, 1970. 904 p.
11. CARO-COSTAS, R., ABRUNA, F. y FIGARELLA, J. Effect of nitrogen rates, harvest interval and cutting heights on yield and composition of star grass in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 56(3):267-279. 1972.

12. CARO-COSTAS, R., ABRUNA, F. y CHANDLER, I. V. Comparison of heavily fertilized pangola and star grass in terms of beef production and carrying capacity in the humid mountain region of Puerto Rico 56(2):104-109. 1972.
13. CARRILLO, F. Frecuencia de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de seis gramíneas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1974.
14. CILLIERS, J. W., HEERDEN, A. J. Van, NEL, J. W. y MELLET, P. The effect of nitrogen fertilization on-the amino-acid composition of (Eragrostis curvula). Agro Animalia 7(4): 87-92. 1975.
15. COCHRANE, W. G. Sampling techniques. 2 ed. New York, Wiley, 1963. pp. 334-338.
16. _____ y COX, G. M. Diseños experimentales. México, D. F., Trillas, 1965. 661 p.
17. COHRON, G. I. Forces causing soil compactation. In Barnes, K. K. et al., eds. Compaction of Agricultural Soils. Michigan, American Society of Agricultural Engineers, 1971. pp. 106-124.
18. COLMAN, R. L. y LAZEMBY, A. Factors affecting the response of some tropical and temperate grasses to fertilizer nitrogen. In International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings. Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 392-397.
19. COWLISHAW, S. J. The carrying capacity of pastures. Journal of the British Grassland Society 24(3):207-214. 1969.
20. DIAZ-ROMEU, R. Determinación de nitrógeno total en suelos. Método SEMI-MICRO KJELDAHL. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1977. 2 p. (mimeo) (FITO 662).
21. DENT, J. W. y ALDRICH, D. T. A. The in Vitro digestibility of herbage species and varieties and its relationship with cutting treatmenty stage of growth and chemical composition. In Proceedings of the International Grassland Congress. Finlandia. 1966. pp. 419-428.
22. ELLIOT, D. E. y CLARKE, A. L. Seasonal response of pasture to nitrogen fertilizar in the M^{or}. Lofty Ranges South Australia. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry 7(3):345-1973. 15(73):231-239. 1975

23. EVANS, T. R. Animal production from nitrogen fertilized pastures. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry 7(3):345. 1973.
24. FAO. Anuario de Producción. 1975. 555p.
25. FASSBENDER, H. W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1975. 398 p.
26. FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. Fitotecnia Latinoamericana 4:165-176. 1967.
27. GARDNER, A. L. Estudio sobre métodos agronómicos para la evaluación de las pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. 1967. 84 p.
28. HERNANDEZ, G. et al. Razas criollas colombianas. Manual de asistencia técnica no. 21. Instituto Colombiano Agropecuario. ed. División de comunicación rural. 1976. pp. 1-14.
29. HERRERA, G., LOTERO, J. y CROWDER, L. V. Influencia del nitrógeno y frecuencia de aplicación en la producción de forraje y proteína del pasto pangola. Agricultura Tropical (Colombia) 23(5):297-312. 1967.
30. HUNT, I. V., FRAME, J. y HARKESS. Interactions between first and second applications of fertilizer nitrogen and implications in efficiency of USE.
31. HOLMES, J. C. y LANG, R. W. The effect of nitrogen application to pasture on beef production. J. Br. Grassland Soc. 29(2):121-131. 1974.
32. JOHNSON, W. L. y PEZO, D. Cell-Wall fractions and in Vitro digestibility. Animal Science 41(1):185-197. 1975.
33. LOTERO, C. J. y MONSALVE, S. A. Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno en las propiedades químicas de un suelo. Revista ICA (Colombia) 5(3):199-220. 1970.
34. LULL, H. W. Soil compaction on forest and rang lands. U.S. Department of Agriculture. 1958. (Miscellaneous Publication no. 768).
35. MATHERS, A. C. Effect of radial restriction on lateral growth of the root-shoot axis of young cotton plants. Agronomy Journal 59:379-381. 1967.

36. McILROY, J. R. Tropical Grassland Husbandry. New York, Oxford University Press, 1964. pp. 79-84.
37. McMeeckan, C. P. y WALSH, M. J. The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. Journal of Agricultural Science 61(2):147-162. 1963.
38. MINSON, D. J. The voluntary intake and digestibility in sheep, of chopped and lelleted Digitaria decumbens (Pangola grass) following a late application of fertilizer nitrogen. British Journal Nutrition 21:587-597. 1967.
39. _____ y McLEOD, M. N. The digestibility of temperate and tropical grasses. In International Grassland Congress, 11th., Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 719-722.
40. _____, RAYMOND, W. F. y HARRIS, C. E. Studies in the digestibility of herbage. VIII. The digestibility of S 37 cooksttot, S 23 Rye-grass and S 24 Rye-grass. Journal of the British Grassland Society 15(2):174-180. 1960.
41. MOORE, J. E. y DUNHAM, D. G. Procedure for this Two-Stage in vitro organic matter digestion of forages. University of Florida. 1971. (mimeo).
42. MOTT, G. O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proceeding of the 8th. International Congress, Reading. 1960. pp. 606-611.
43. _____. The grazing trial. Desings procedures, and grazing pressure and computational procedures. In Curso de Producción y Utilización de Pastos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972.
44. _____, QUINN, L. R. y BISSCHOFF, W. V. The retention of nitrogen in a soil-plant-animal system in guinea grass (Panicum maximum) pastures in Brazil. In International Grassland Congress, 11th., Surfers Paradise, Australia, 1970. Proccedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 414-416.
45. OVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Traducción al castellano por Xavier Llimona. Pagés-Barcelona, Omega, 1970. 379 p.
46. PEZO, D. Predicción del consumo de pastos por bovinos en base a técnicas de laboratorio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1974. 60 p.

47. RAMIREZ, A. Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de praderas de pasto Estrella (Cynodon plectostachyus (K. Schum) Filger). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 118 p.
48. _____ y LOTERO, C. J. Efecto de la dosis y frecuencia de aplicación de nitrógeno en la fertilidad y propiedades químicas del suelo. Revista ICA (Colombia) 4(4):227-254. 1975.
49. RAYMOND, W. F. The nutritive value of forage crops. Advances in Agronomy 21:1-108. 1969.
50. RICARDO, R. F. Efecto del nitrógeno y del corte y composición del pasto Estrella Africana (Cynodon plectostachyus (K. Schum) Fliger). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 99 p.
51. RODEL, M. G. Herbage yields of five grasses and their ability to withstand grazing. In International Grassland Congress, 11th., Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University Press, 1970. pp. 618-621.
52. SALEEM, M. A. y CHEEDA, H. R. Effects of level and time of nitrogen application on dry matter yield, crude protein and herbage utilization of a rotationally grazed Cynodon Ib. 8 pasture. Herbage Abstracts 46(3):90. 1976.
53. SALETTE, J. E. Effects of heavy frequent dressings of nitrogen on Pangola grass (Digitaria decumbens). In International Grassland Congress, 9th., Sao Paulo, Brazil, 1965. Proceedings. Sao Paulo, 1965. v. 2, pp. 1199-1203.
54. TANNER, C. B. y MAMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. Agronomy Journal 51(6):329-331. 1959.
55. TERGAS, L. E. Nitrogen and phosphorus in Jaragua (Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf) during the dry season in a savanna as affected by nitrogen fertilization.
56. ZAÑARTU, D. Presión de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de carne en praderas de Pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis Vanderyst var. nlemfuensis). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 99 p.

8. A P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	1132915.85	226583.17	3.65***
NN	1	16187.71		0.26
PP	1	444914.45		7.17***
Raíz cuadrada NN	1	475982.73		7.67***
Raíz cuadrada PP	1	54831.59		0.88
NN x PP	1	140999.36		2.27
ERROR	46	2853606.14		
TOTAL	51	3986521.99		

*** (P < 0.01)

Cuadro 2. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	2162865.16	432573.03	10.04***
NN	1	1925647.05		44.70***
PP	1	84052.09		1.95
Raíz cuadrada NN	1	74225.42		1.72
Raíz cuadrada PP	1	8532.51		0.19
NN x PP	1	70408.07		1.63
ERROR	46	19811457.49		
TOTAL	51			

*** (P < 0.01)

Cuadro 3. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre la tasa de crecimiento del pasto (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	208422.55	416904.51	5.78***
NN	1	1147472.84		15.93***
PP	1	457863.70		6.35**
Raíz cuadrada NN	1	463066.90		6.42**
Raíz cuadrada PP	1	10052.18		0.13
NN x PP	1	6066.91		0.08
ERROR	98	7058411.92		
TOTAL	103	9142934.47		

** (P < 0.05)

*** (P ≤ 0.01)

Cuadro 4. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	16804312.78	3660862.55	5.70***
NN	1	581231.99		0.98
PP	1	11424672.79		19.38***
Raíz cuadrada NN	1	3933041.00		6.67**
Raíz cuadrada PP	1	101379.08		0.17
NN x PP	1	763987.89		1.29
ERROR	46	27110464.45		
TOTAL	51	43914777.23		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 5. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	107957843.60	21591568.72	31.84***
NN	1	60620713.12		89.39***
PP	1	45365238.11		66.90***
Raíz cuadrada NN	1	1871988.79		2.76
Raíz cuadrada PP	1	89913.26		0.13
NN x PP	1	9990.29		0.01
ERROR	46	31192576.16		
TOTAL	51	139150419.77		

*** (P < 0.01)

Cuadro 6. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de forraje por hectárea (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	93613364.67	18722672.93	13.80***
NN	1	36536854.79		26.94***
PP	1	51160785.15		37.72***
Raíz cuadrada NN	1	5615927.64		4.14**
Raíz cuadrada PP	1	171.96		0.00013
NN x PP	1	299625.11		0.22
ERROR	98	132891464.98		
TOTAL	103	226504829.65		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 7. Análisis de Varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	134703385.65	26940677.13	19.08***
NN	1	1014371.61		0.71
PP	1	106906880.00		75.74***
Raíz cuadrada NN	1	16781577.53		11.89***
Raíz cuadrada PP	1	39018.11		0.02
NN x PP	1	9961538.39		7.05**
ERROR	46	64924011.41		
TOTAL	51	199627397.07		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 8. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	343334160.68	68666832.13	36.82***
NN	1	105740352.66		56.70***
PP	1	152280248.45		81.66***
Raíz cuadrada NN	1	10806760.75		5.79**
Raíz cuadrada PP	1	3264653.97		1.75
NN x PP	1	71242144.83		38.20
ERROR	46	85775260.08		
TOTAL	51	429109420.76		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 9. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	400307855.12	80061571.02	12.61***
NN	1	43020721.18		6.77**
PP	1	257185908.22		40.51***
Raíz cuadrada NN	1	31529527.60		4.96**
Raíz cuadrada PP	1	1343620.60		0.21
NN x PP	1	67228077.50		10.59***
ERROR	98	622096997.34		
TOTAL	103	1022404852.46		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 10. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad in vitro del pasto (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	10053550.61	2010710.12	7.61***
NN	1	1043521.93		3.95*
PP	1	6966720.80		26.38***
Raíz cuadrada NN	1	486674.84		1.84
Raíz cuadrada PP	1	638025.81		2.41
NN x PP	1	918607.22		3.47*
ERROR	46	12146183.07		
TOTAL	51	221997		

* (P < 0.10)

*** (P < 0.01)

Cuadro 11. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad in vitro del pasto (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	10678578.09	2135715.61	15.92***
NN	1	3031570.34		22.60***
PP	1	4266570.31		8.66***
Raíz cuadrada NN	1	0162817.89		0.05
Raíz cuadrada PP	1	6803.07		16.48***
NN x PP	1	2210816.47		
ERROR	46	6170360.73		
TOTAL	51	16848938.82		

*** (P < 0,01)

Cuadro 12. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la digestibilidad in vitro del pasto (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	16282653.07	325653.0	11.69***
NN	1	258920.22		0.92
PP	1	11068618.05		39.75***
Raíz cuadrada NN	1	1577019.06		5.66**
Raíz cuadrada PP	1	388297.22		1.39
NN x PP	1	2989798.50		10.73***
ERROR	98	27286716.45		
TOTAL	103	43569369.52		

** (P < 0.05)

*** (P < 0.01)

Cuadro 13. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la composición botánica de las praderas.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	15577.68	3115.53	67.41***
NN	1	13769.44		297.94***
PP	1	1716.36		37.13***
Raíz cuadrada NN	1	64.88		1.40
Raíz cuadrada PP	1	23.82		0.51
NN x PP	1	3.15		
ERROR	20	924.29		
TOTAL	25	16501.97		

=====
 *** (P < .01)

Cuadro 14. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	1691543.34	338308.66	8.86***
NN	1	51517.99		1.35
PP	1	1339031.25		35.09***
Raíz cuadrada NN	1	557.08		0.01*
Raíz cuadrada PP	1	265275.43		6.95**
NN x PP	1	35161.57		0.92
ERROR	46	1755345.63		
TOTAL	51	3446888.98		

=====
 * (P ≤ .10)
 ** (P < .05)
 *** (P < .01)

Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	4232470.81	846494.16	30.23***
NN	1	1937855.59		69.21***
PP	1	1664356.51		59.44***
Raíz cuadrada NN	1	10825.46		0.38
Raíz cuadrada PP	1	477441.39		17.05***
NN x PP	1	141991.85		5.07**
ERROR	46	1287904.01		
TOTAL	51	5520374.82		

* (P ≤ .10)
 ** (P < .05)
 *** (P < .01)

Cuadro 16. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la carga animal (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	5194918.15	1038983.63	20.07***
NN	1	1310652.67		25.32***
PP	1	2994552.00		57.86***
Raíz cuadrada NN	1	3235.52		0.06
Raíz cuadrada PP	1	727242.49		14.05***
NN x PP	1	159235.45		3.07*
ERROR	98	5071998.31		
TOTAL	103	10266916.46		

* (P < .10)
 *** (P < .01)

Cuadro 17. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre los aumentos diarios de peso (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	3847179.91	769435.98	18.94***
NN	1	9236.42		0.22
PP	1	3386233.51		83.37***
Raíz cuadrada NN	1	109397.49		2.69*
Raíz cuadrada PP	1	2030.46		0.04
NN x PP	1	340282.03		8.37***
ERROR	46	1868374.31		
TOTAL	51	5715554.23		

* (P ≤ .10)

*** (P < .01)

Cuadro 18. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre los aumentos diarios de peso (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	2172452.03	434490.40	5.26***
NN	1	63680.81		0.77
PP	1	1567440.05		18.97***
Raíz cuadrada NN	1	293340.63		3.55*
Raíz cuadrada PP	1	174565.22		2.11
NN x PP	1	73425.30		0.88
ERROR	46	3800562.02		
TOTAL	51	5973014.05		

* (P < .10)

*** (P < .01)

Cuadro 19. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre aumentos diarios de peso (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	5335672.34	1067134.46	15.097***
NN	1	60711.09		0.858
PP	1	4780685.30		67.63 ***
Raíz cuadrada NN	1	22230.20		0.31
Raíz cuadrada PP	1	107124.62		1.51
NN x PP	1	364921.10		5.16 **
ERROR	98	6926997.18		
TOTAL	103	12262669.52		

** (P < .05)

*** (P < .01)

Cuadro 20. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la producción de carne por hectárea (Período 1).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	9102.98	1820.59	8.19***
NN	1	63.64		.28
PP	1	6377.62		28.69***
Raíz cuadrada NN	1	835.62		3.75*
Raíz cuadrada PP	1	1304.56		5.86**
NN x PP	1	521.52		2.34
ERROR	46	10225.46		
TOTAL	51	19328.44		

* (P ≤ .10)

** (P < .05)

*** (P < .01)

Cuadro 21. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la producción de carne por hectárea (Período 2).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	11626.84	2325.36	4.13***
NN	1	975.78		1.73
PP	1	8946.02		15.91***
Raíz cuadrada NN	1	651.37		1.15
Raíz cuadrada PP	1	769.42		1.36
NN x PP	1	284.24		.50
ERROR	46	25862.07		
TOTAL	51	37488.91		

*** (P < .01)

Cuadro 22. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la producción de carne por hectárea (Total).

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	18816.67	3763.33	9.66***
NN	1	768.91		1.97
PP	1	15215.26		39.07***
Raíz cuadrada NN	1	5.72		.01
Raíz cuadrada PP	1	2038.87		5.23**
NN x PP	1	787.89		2.02
ERROR	98	38155.33		
TOTAL	103	56972.00		

** (P < .05)

*** (P < .01)

Cuadro 23. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en agua de 0 - 10 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	3.021	0.6042	1.00 NS
Parte lineal	2	2.13		
Parte cuadrática pura	2	0.1235		
Parte cuadrática mixta	1	0.0398		
ERROR	7	4.2112		
TOTAL	12	7.2323		

=====

Cuadro 24. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en KCL de 0 - 10 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	0.6208	0.124161	0.52 NS
Parte lineal	2	0.54495		
Parte cuadrática pura	2	0.07333		
Parte cuadrática mixta	1	0.002510		
ERROR	7	1.6699		
TOTAL	12	2.2907		

=====

Cuadro 25. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en agua de 10 - 20 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	3.3633	0.6726	1.922 NS
Parte lineal	2	0.9652		
Parte cuadrática pura	2	1.9762		
Parte cuadrática mixta	1	0.4217		
ERROR	7	2.4489		
TOTAL	12	5.8123		

=====

Cuadro 26. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en KCL de 10 - 20 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	3.3633	0.6726	1.92 NS
Parte lineal	2	0.9652		
Parte cuadrática pura	2	1.9763		
Parte cuadrática mixta	1	0.4217		
ERROR	7	2.4489		
TOTAL	12	5.8123		

=====

Cuadro 27. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en agua de 0 - 10 cms de profundidad, entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	12	3.66	0.30	0.76 NS
P	1	3.39	3.39	8.69 *
ERROR	12	4.75	0.39	
TOTAL	25	11.80	0.47	

* (P ≤ .10)

Cuadro 28. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en KCL de 0 - 10 cms de profundidad, entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	12	1.75	0.14	1.27 NS
P	1	0.0015	0.0015	0.0136 NS
ERROR	12	1.37	0.11	
TOTAL	25	3.1215	0.12486	

Cuadro 29. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en agua de 10 - 20 cms de profundidad, entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	12	5.59	0.47	1.56 NS
P	1	0.77	0.77	2.56 NS
ERROR	12	1.57	0.30	
TOTAL	25	7.93		

=====

Cuadro 30. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la acidez del suelo en KCL de 10 - 20 cms de profundidad, entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	12	2.51	0.2	.645 NS
P	1	0.0096	0.0096	.03096 NS
ERROR	12	3.82	0.31	
TOTAL	25	6.33		

=====

Cuadro 31. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 0 - 10 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	0.021059	0.00421181	3.344NS
Parte lineal	2	0.003556		
Parte cuadrática pura	2	0.017355		
Parte cuadrática mixta	1	0.0001476		
ERROR	7	0.00881		
TOTAL	12	0.02987		

=====

Cuadro 32. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 10 - 20 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	0.02975	0.00595	2.09 NS
Parte lineal	2	.008561		
Parte cuadrática pura	2	.02049		
Parte cuadrática mixta	1	.0007027		
ERROR	7	0.019893		
TOTAL	12	0.049648		

=====

Cuadro 33. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 0 - 10 cms de profundidad, entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	12	.025	.002	2.5
P	1	.025	.025	312.5***
ERRCR	12	.0096	.0008	
TOTAL	25	.5096	.02038	

*** (P < .01)

Cuadro 34. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre el contenido de nitrógeno del suelo de 10 - 20 cms de profundidad entre valores pre-experimentales y finales.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Tratamientos	13	.03	.002	1
P	1	.32	.32	160.0***
ERROR	12	.02	.002	
TOTAL	25	.37	.0148	

*** (P < .01)

Cuadro 35. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la resistencia del suelo a la penetración a nivel superficial.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	412.80	82.56	5.20 **
NN	1	34.08		2.14
PP	1	134.47		8.47 **
Raíz cuadrada NN	1	142.74		8.99 **
Raíz cuadrada PP	1	60.35		3.80
NN x PP	1	41.14		2.59
ERROR	7	111.06		
TOTAL	12	523.87		

=====
 ** (F < .05)

Cuadro 36. Análisis de varianza del efecto de tratamientos sobre la resistencia del suelo a la penetración a 20 cms de profundidad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
Atribuible regresión	5	3.69	0.73	0.11 NS
NN	1	0.12		
PP	1	0.006		
Raíz cuadrada NN	1	0.004		
Raíz cuadrada PP	1	1.32		
NN x PP	1	2.23		
ERROR	7	44.62		
TOTAL	12	48.11		

=====

Cuadro 37. Detalle de los costos fijos utilizados en el cálculo económico por ha. (Mayo, 1977)

<u>A. Materiales para cercas</u>	<u>Costo/unidad</u>	<u>Total</u>
36 postes para ancla (20 a 25 cms de diámetro)	₱ 12.00	₱432.00
70 postes intermedios (cada 10/mt) (12-15 cms diámetro)	8.25	577.50
6 postes travesaños (12-15 cms diámetro)	8.25	49.50
600 separadores (cada 1.25 mt)	1.20	720.00
5 kg de grapas (10 por poste)	5.45	27.25
6 mt de cañería 1"	13.50	81.00
2,100 mt de alambre liso No. 12 (3 hilos)	.45	945.00
800 mt de alambre de púas	.88	704.00
84 tensores o estiradores	12.80	307.20
<u>B. Materiales para bebederos</u>		
1 estañón	60.00	60.00
40 mt de poliducto ½"	1.45	58.00
2 válvulas con flotadores	42.00	84.00
3 T de ½"	2.50	7.50

Cuadro 37. (Continuación)

<u>C. Mano de obra</u>	<u>Costo/unidad</u>	<u>Total</u>
15 jornales divididos en:	₡ 24.00	₡ 360.00
- cavar 75 huecos (1/2 hora/hombre/hueco) 57 horas hombre = 8 jornales		
- tender y amarrar alambre y colocar separadores 48 horas hombre = 6 jornales		
- instalación de agua 1 jornal		4,468.20
Administración (2% del sub-total anterior)		<u>89.36</u>
		₡4,557.56

Asumiendo una vida útil de 5 años, el costo por hectárea por año sería de ₡911.51 y ₡2.50 el costo diario.

Cuadro 38. Detalle de los costos variables utilizados en el cálculo económico
(en \$*/ha/día) (al 13 de mayo de 1977).

Tratamientos PF - NN	Reparación Mantenimiento Cercas ^a	Inversión Animales 10% anual ^b	Fertilizante ^c 0 - 20 - 0	Nitrógeno	Total
2 - 250	5.51	3.54	1.98	1.94	13.27
4 - 125	4.38	1.40	1.98	.969	8.92
4 - 375	4.38	2.80	1.98	2.907	12.31
6 - 0	3.25	1.53	1.98	0.00	6.94
6 - 250	3.25	2.13	1.98	1.94	16.44
6 - 500	3.25	2.56	1.98	3.87	11.87
8 - 125	2.12	1.35	1.98	.969	6.57
8 - 375	2.12	1.91	1.98	2.907	9.08
10 - 250	1.00	1.48	1.98	1.94	6.45

PP = Presión de pastoreo en kg MS/100 kg FV/día

NN = Nivel de nitrógeno en kg/ha/año

a = Estimación por tratamiento central PP = 6 NN = 250 d = kg Nitrógeno = \$2.83
 Cuatro jornales/mes = \$96.00 e = 2 jornales/100 semanales/
 ¼ libra de grapas = 1.70 mes = \$48.00
 \$97.70 ÷ 30 día/mes = \$3.25/día

b = kg PV = \$3.60

c = kg de P₂ = \$2.58

* 1 \$ = US\$0.117

Cuadro 39. Detalle de ingresos y egresos/ha durante los 224 días que duró el experimento.

Tratamientos PF - NN	Costos (¢)*		Total ¢	Producción kg carne/ha/día	Total kg/224 día	Monto Total ¢
	Variables					
	Fijos	Variables				
2 - 250	560	3.337.60	3.897.60	-2.023	-453.15	-1631.34
4 - 125	-	2.264.64	2.824.64	0.075	16.80	60.48
4 - 375	-	2.708.16	3.268.16	0.330	73.92	266.112
6 - 0	-	1.597.12	2.157.12	0.699	156.58	563.69
6 - 250	-	2.036.16	2.596.16	3.054	684.10	2531.12
6 - 500	-	2.470	3.030.00	1.971	441.50	1633.55
8 - 125	-	1.456	2.016.00	1.907	427.17	9580.53
8 - 375	-	1.895	2.455.00	.563	126.11	453.99
10 - 250	-	1.361.92	1.921.92	2.995	670.88	2683.52

* 1¢ = US\$0.117

Cuadro 40. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el resultado.

Tratamientos PF - NN	Costos fijos \$/ha/día	Costos variables \$/ha/día	Costo total \$/ha/día	Ingreso bruto \$/ha/día	Utilidad neta \$/ha/día	Rentabi- lidad	Relación Ben-Costo	Costo kg/ha
2 - 250	2.50	13.27	15.77	-7.28	-23.05	-146.1	-.46	-7.80
4 - 125	2.50	8.92	11.42	.27	-11.15	-97.6	.02	152.26
4 - 375	2.50	12.31	14.81	1.19	-13.62	-91.9	.08	44.87
6 - 0	2.50	6.94	9.44	2.51	-6.93	-99.8	.26	13.51
6 - 250	2.50	16.44	18.94	11.30	-7.64	-46.4	.59	6.20
6 - 500	2.50	11.87	14.37	7.29	-7.08	-49.2	.51	7.29
8 - 125	2.50	6.57	9.07	7.06	-2.01	-22.1	.78	9.25
8 - 375	2.50	9.08	11.58	2.02	-9.56	-82.5	.17	20.57
10 - 250	2.50	6.45	8.95	11.98	3.03	34.00	1.33	2.98

PP = Presión de pastoreo en kg MS/100 kg PV/día

NN = Nivel de nitrógeno en kg/ha/año

* 1\$ = US\$0.117