

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

PRESION DE PASTOREO Y FERTILIZACION NITROGENADA
EN LA PRODUCCION DE CARNE EN PRADERAS DE PASTO
ESTRELLA (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var nlemfuensis)

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

Magister Scientiae

DEMETRIO ZAÑARTU ROZAS

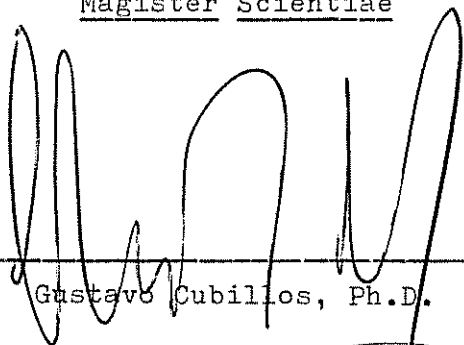
Turrialba, Costa Rica

1975

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Postgrado del programa conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar el grado de

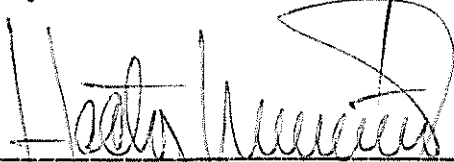
Magister Scientiae

Jurado:



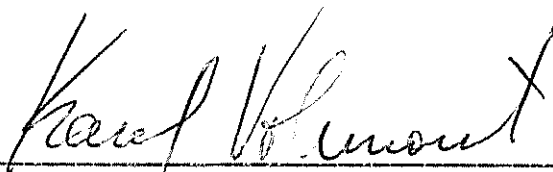
Gustavo Cubillos, Ph.D.

Consejero



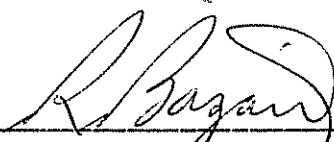
Héctor Muñoz, Ph.D.

Comité



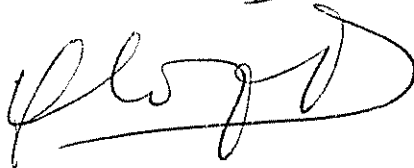
Kareí Vohnout, Ph.D.

Comité



Rufo Basán, Ph.D.

Comité



Comité

Coordinador
Sistema de Estudios de Postgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A Rosario
y
Metiso

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente al Dr. Gustavo Cubillos, Consejero Principal, por su valiosa orientación durante mi estadía en la Escuela y especialmente durante el desarrollo y análisis de este trabajo.

Al Dr. Karel Vohnout, miembro del Comité Consejero, por su acertada colaboración en el desarrollo del experimento y análisis de los resultados.

Al Dr. Héctor Muñoz, Jefe del Departamento de Ganadería Tropical y miembro del Comité, por las facilidades brindadas durante mi permanencia en esta Escuela y por su ayuda en la tesis.

Al Dr. Rufo Bazán, miembro del Comité Consejero.

Al Sr. Manuel Elgueta, Director del CATIE por las facilidades brindadas y ~~por~~ su apoyo durante toda mi estadía en Costa Rica.

Al IICA Zona Sur por haberme permitido estudiar en esta Escuela al otorgarme financiamiento.

Al Dr. Pablo Torrealba por sus sugerencias en lo referente al análisis económico.

Al Sr. Juan Luis Solano, por su valiosa colaboración en el desarrollo de la parte práctica del trabajo.

A las secretarías del Depto. de Ganadería Tropical.

Al personal del laboratorio del Departamento de Ganadería.

A Pfizer por su donación de productos veterinarios.

Y en forma muy especial quiero agradecer a mi querida esposa Rosario, por su constante apoyo y ayuda durante mi estadía en este Centro, haciendo posible que yo realizara este trabajo y mis estudios en general.

EIOGRAFIA

El autor nació en Santiago, capital de la República de Chile, el 23 de Agosto de 1950. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio de Verbo Divino en Santiago, finalizando estos en 1966.

Cursó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile, graduandose como Ingeniero Agrónomo en 1973.

En Enero de 1974 ingresó como estudiante graduado regular a la Escuela de Graduados CATIE-UCR, para realizar estudios en el Departamento de Ganadería Tropical, obteniendo el grado de Magister Scientiae en Noviembre de 1975.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Presión de pastoreo	3
2.2 Fertilización nitrogenada	9
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Conducción del experimento	14
3.2 Variables en estudio	15
3.3 Mediciones de la pradera	16
3.3.1 Tasa de crecimiento del pasto	17
3.3.2 Disponibilidad real de forraje	17
3.3.3 Contenido de proteína cruda del pasto	17
3.3.4 Digestibilidad " <u>in vitro</u> " de la M.O. del pasto	17
3.3.5 Determinación de la composición botánica ..	17
3.4 Mediciones de los animales	18
3.4.1 Carga animal	19
3.4.2 Aumento diario de peso	19
3.4.3 Producción por há/día	20
3.5 Determinaciones del suelo	20
3.5.1 Acidez	20
3.5.2 Contenido de nitrógeno	21
3.5.3 Resistencia a la penetración	21
3.6 Diseño	21
3.7 Análisis de la información	23
3.8 Análisis económico	23
4. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1 Efectos sobre la pradera	24

	<u>Página</u>
4.1.1 Efectos sobre la tasa de crecimiento del pasto	24
4.1.2 Efectos sobre la disponibilidad real del pasto	29
4.1.3 Efectos sobre el contenido de proteína cruda del pasto	32
4.1.4 Efectos sobre la digestibilidad " <u>in vitro</u> " de la M.O.	34
4.1.5 Efectos sobre la composición botánica de la pradera	37
4.2 Efectos sobre la producción animal	38
4.2.1 Efectos sobre la carga animal en la pradera	38
4.2.2 Efectos sobre el aumento diario de peso ...	40
4.2.3 Efectos sobre la producción por hectárea ..	45
4.3 Efectos sobre el suelo	51
4.3.1 Efectos sobre la acidez del suelo	51
4.3.2 Efectos sobre el contenido de nitrógeno del suelo	51
4.3.3 Efectos sobre la compactación del suelo ...	52
4.4 Análisis económico	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6. RESUMEN	59
6a. SUMMARY	62
7. LITERATURA CITADA	65

APENDICE

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		Página
1	Disponibilidad real de forraje y forraje ofrecido y residual en praderas con diferentes <u>dis</u> ponibilidades de forraje.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto	25
2	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad real de forraje	30
3	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda del pasto	33
4	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad " <u>in vitro</u> " de la MO.....	35
5	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la carga animal en la pradera.....	39
6	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre el aumento diario de peso de los animales.....	41
7	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la producción por hectárea.....	46
8	Efecto de la disponibilidad de forraje sobre el aumento diario de peso por animal y la producción por hectárea.....	48
9	Efecto de la dosis de nitrógeno aplicado sobre la carga animal, en aumento diario de peso y la producción por hectárea.....	50
10	Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la utilidad neta.	54

1. INTRODUCCION

En América tropical las praderas ocupan más de 2.300.00 há lo que significa más del 16% de la superficie total, por lo tanto constituyen un recurso importante para la alimentación del ganado. Es entonces necesario buscar los medios de aumentar su producción mediante un manejo adecuado de ellas.

Las áreas tropicales se caracterizan por la abundante luminosidad y radiación solar que pueden resultar en una elevada capacidad fotosintética por parte de la pradera cuando las condiciones ambientales son de alta pluviosidad y existe adecuada fertilidad en el suelo. Esto se traduce en grandes producciones de forraje, más de 30 ton MS/há/año que pueden permitir una elevada carga animal, más de 5 an/há resultando a su vez elevadas producciones por unidad de superficie. Sin embargo hay poca información disponible sobre el manejo de las praderas tropicales lo que conduce que muchas veces se haga un uso inadecuado del pasto, ya sea por sobre-pastoreo o sub-pastoreo, o que no se adopten medidas que favorezcan su mantenimiento.

Hay diferencias marcadas entre las especies gramíneas tropicales en adaptación y potencial de producción. El pasto estrella (Cynodon nlemfuensis Vanderyst var. nlemfuensis), especie originaria del África, se ha caracterizado por su adaptación y productividad en variedad de condiciones, sin considerar las de extrema sequía o anegamiento del suelo así como la excesiva altitud.

Existen diversos factores que afectan la productividad de las praderas cuando ésta se mide en término de producto animal obtenido. En-

tre ellos la presión de pastoreo a que se somete una pradera es uno de los más importantes. Esta ejerce una acción determinante sobre la producción animal ya que afecta la disponibilidad de alimento que tiene el animal para producción y la eficiencia de utilización del recurso disponible.

La fertilización nitrogenada también afecta el rendimiento de una pradera. En el trópico parece existir una respuesta lineal a la aplicación de nitrógeno en especies gramíneas y en el caso del pasto estrella llega hasta aproximadamente 1000kg de N/há/año. La fertilización nitrogenada afecta la producción por hectárea al causar un mayor crecimiento del forraje, aumentando la capacidad de carga, lográndose de este modo una mayor producción animal.

Basado en las consideraciones anteriores se llevó a cabo un experimento con los objetivos de:

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, la digestibilidad "in vitro" y contenido de proteína cruda del forraje así como su composición botánica.
2. Evaluar el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la producción animal en términos de aumento 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 de praderas por efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Presión de pastoreo

La presión de pastoreo se considera como uno de los principales factores que afectan el rendimiento de una pradera en términos del producto animal. Se define como "el número de animales por unidad de forraje accesible y por unidad de tiempo" (47). Debido a que la presión de pastoreo consiste en suministrar al animal una determinada cantidad de forraje, es posible hacer un mejor uso del recurso disponible evitando con ello la destrucción de la pradera por sobrepastoreo o el desperdicio de forraje por subpastoreo.

La presión de pastoreo y sus efectos sobre la pradera, puede considerarse como una indicación de la severidad potencial de la defoliación y de la habilidad de la pradera para suplirle al animal la Materia Seca necesaria (13). Una presión de pastoreo pesada proporciona una pequeña cantidad de forraje al animal, lo que significa una defoliación muy intensa o muy cercana al suelo, afectándose seriamente la tasa de rebrote. Si esta situación se mantiene por períodos largos habrá una constante disminución del Índice de Area Foliar (IAF) y una probable destrucción de los meristemas apicales en los macollos vegetativos. Además se producirá una escasa acumulación de los carbohidratos de reserva (CHO) necesarios para las primeras etapas de rebrote después de una defoliación (3,5,9,40). Agyare (3) opina que la producción de Materia Seca está lineal y positivamente relacionada con el valor de IAF de la pradera, el que a su vez está directamente afectado por el grado de defoliación que el animal ejerce sobre el

forraje.

La presión de pastoreo al afectar el crecimiento de la planta y sus procesos fisiológicos, tiene también un efecto sobre el valor nutritivo del forraje. Al disminuir la presión de pastoreo la disponibilidad por animal aumenta lo que resulta en un envejecimiento de las plantas en la pradera, lo que se traduce en una menor tasa de crecimiento (5,47). Esto significa una disminución en la producción de forraje joven que es el de mayor valor nutritivo. Algunos autores indican que al disminuir la disponibilidad de forraje por animal la tasa de crecimiento de éste disminuye y ello resulta en una menor cantidad total de forraje producido (1,20,32,43). Esto puede ser debido al efecto dañino del pastoreo sobre la pradera, sobre todo si se la compara con el corte con máquina (32). Sin embargo Ramírez (55) trabajando con pasto estrella en las condiciones de Turrialba no observó un efecto negativo de presiones de pastoreo elevadas sobre la producción de forraje. Aunque estos resultados se obtuvieron en un año, este período de experimentación puede ser no lo suficientemente largo para observar efectos sobre la pradera.

Por otra parte Barnes (4) encontró que una defoliación de *Panicum maximun* dejando un rastrojo de 5 cms. cada 21 días durante la estación de crecimiento reduce el peso de las raíces y la cantidad de CHO disponible. Esto resulta en pérdidas de vigor de las plantas y una baja producción de forraje en la próxima estación de crecimiento. El mismo autor (4), encontró que el pasto estrella no es tan afectado por la defoliación cuando ésta se hace cada 28 días y se deja rastrojo de 5 cms. lo que podría explicarse por el tipo de crecimiento

de este pasto (57). Sin embargo cabe mencionar que además de usar una frecuencia de defoliación correcta para cada especie, otros factores como la altura del rastrojo y la edad de la pradera pueden ser importantes.

Colman et al (19), trabajando con vacas lecheras en pasto kikuyo y considerando períodos interpartos que incluían el período de lactancia y de seca, observaron que vacas mantenidas en altas cargas consumían más de lo estimado en base a la disponibilidad. Esto hace pensar en una mayor tasa de crecimiento que puede ser producto de un mayor reciclaje de nutrientes, el que permite una mayor producción de forraje nuevo de alta calidad.

El largo de la vida productiva de la pradera es otro aspecto sobre el cual la presión de pastoreo juega un papel importante y debe considerarse al elegir una frecuencia de defoliación determinada. Si la presión de pastoreo es liviana y por lo tanto hay una disponibilidad alta de forraje por animal, se producirá un subpastoreo, a consecuencia de ello la eficiencia fotosintética de la pradera disminuye por existir un IAF sobre el óptimo. Esto produce sombreamiento de los estratos inferiores de la pradera unido a un aumento de la respiración de dichos estratos que no tienen suficiente luz (5). Este estado lleva a un incremento en la relación tallo/hoja (3,33,49), que implica un envejecimiento de la pradera afectándose seriamente al tasa de producción de Materia Seca. Para mantener una pradera en óptimas condiciones lo importante no está en mantener un IAF óptimo sino uno que permita un máximo de producción anual de forraje (8). Este puede variar a lo largo del año dependiendo de las diferentes condiciones

climáticas, pero debe permitir un máximo uso del crecimiento vegetal por parte de los animales.

Por otra parte, si se permite una presión de pastoreo muy pesada y no se da un período suficientemente largo de descanso se producirá el efecto contrario. Al no contar con un IAF que permita acumular reservas indispensables para las primeras etapas de rebrote se preoducirá un agotamiento de la planta. Además un IAF bajo no permite una máxima interceptación de la luz debido a la poca cantidad de hojas, lo que afectará la tasa de crecimiento del pasto, siendo la planta reemplazada por especies de menor aceptación (5,12,5).

La presión de pastoreo tiene también un efecto marcado sobre el suelo. A medida que disminuye la disponibilidad de forraje por animal, o sea, aumenta la cantidad de animales por unidad de forraje accesible y de tiempo, se afectan algunas características físicas tales como la compactación, estructura del suelo, espacio poroso, y tasa de infiltración del agua (37).

Desde el punto de vista químico del suelo, se ha observado que aumentos en la presión de pastoreo, aumentan la cantidad de nitrógeno y otros nutrientes debido a la mayor cantidad de heces depositadas. Además una alta carga permite un mayor reciclaje de nutrientes llegando a valores de 73 a 89% de los nutrientes consumidos (5.19).

La presión de pastoreo tiene también un efecto marcado sobre la ganancia diaria de peso. Salvo en el caso de presiones de pastoreo muy livianas, a medida que aumenta la presión de pastoreo la ganancia por animal disminuye, debido a que los animales no llenan sus requerimientos para máxima producción. Además en caso de presiones de pastoreo

muy elevadas puede haber pérdida de peso de los animales. Esta última situación es la que normalmente ocurre en épocas de bajo o nulo crecimiento del pasto si no se regula la carga animal de acuerdo al forraje disponible. De aquí la importancia de mantener la carga animal en un rango que permita no llegar a los extremos causados por el sobrepastoreo o subpastoreo (42,47,52).

En praderas templadas cuando la carga animal está muy por debajo de la capacidad de carga de la pradera, la ganancia animal no está influenciada por la carga, ya que los animales tienen forraje disponible muy por encima de sus requerimientos. Sin embargo cuando el número de animales aumenta de modo que la disponibilidad de forraje por animal es más estrecha, la ganancia por animal está negativamente relacionada con la carga (36,44,47,52).

Jones y Sandland (36), trabajando con una pradera de *Setaria* y *Siratro* obtuvieron una respuesta similar a los autores anteriores en términos de ganancia por animal dentro de un rango de 0.46 a 1.59 veces la carga óptima. Sin embargo comentan que en praderas tropicales que tienen bajo valor nutritivo puede no ocurrir un comportamiento asintótico en la ganancia de peso por animal debido a la selección que este puede hacer aún a niveles muy bajos de carga. Este planteamiento es meramente teórico, ya que ellos no usaron niveles de carga tan bajos para confirmar lo anterior. Además aunque así fuera, resulta imposible esperar que un animal con una inmensa disponibilidad de forraje pueda mantener una selección en forma indefinida.

Otro factor que es también muy afectado por la presión de pastoreo y que justamente es el que limita la expresión total de la capacidad de producción del animal es el consumo voluntario. Cuando

la presión de pastoreo es pesada, el consumo diario de Materia Seca por animal está por debajo de lo necesario para que pueda obtener los nutrientes digestibles totales (NDT) requeridos. Esto puede ser especialmente crítico en el trópico, donde el consumo debe ser mayor por la baja calidad del forraje si se compara con especies templadas. Según Hull et al (32) a medida que la carga aumenta la cantidad de forraje disponible por animal es menor y los animales gastan una mayor proporción de los nutrientes consumidos en mantenimiento. Con cargas de 8,7 y 6,8 novillos de 300 kg/há en praderas de pasto oville y trebol ladino observaron que los animales usaban 69 y 75% de los NDT consumidos para mantenimiento y que esta proporción aumentaba a 80% en cargas de 10,2 novillos/há.

Uno de los aspectos más importantes de la presión de pastoreo es su efecto sobre la producción por há. La carga animal óptima es aquella en que la pradera se encuentra en su capacidad de carga, lo que significa que los animales tienen forraje suficiente para cubrir sus requerimientos de mantención y producción. Sin embargo, desde el punto de vista de producción esto puede no ser lo más aceptable. En el caso en que la inversión en animales tenga un menor valor que el capital en tierras entonces convendría reducir la disponibilidad de forraje por animal con el fin de obtener una mayor producción por unidad de superficie sin importar que la producción por animal disminuya (10). Según Mc.Meeckan (42), debido a lo difícil de la medición de la Materia Seca producida bajo diferentes sistemas de manejo que es necesaria para determinar la disponibilidad, es posible expresar la carga óptima en términos de porcentaje de disminución en el nivel de

producción por animal. Agrega que para vacas lecheras una disminución de un 10-12% en producción por animal producto de un aumento en la carga podría ser un índice aceptable de presión de pastoreo óptimo. Esto podría extrapolarse a otras condiciones aunque existan grandes diferencias en la producción de Materia Seca por unidad de área.

2.2 Fertilización Nitrogenada

La fertilización nitrogenada es otro factor que afecta el rendimiento de la pradera. La aplicación de fertilizante nitrogenado produce un incremento considerable en la producción de Materia Seca de la pradera. Específicamente en el trópico se ha observado una gran respuesta por parte de las gramíneas a la aplicación de nitrógeno (20,31).

La fertilización nitrogenada tiene un gran efecto sobre la producción de carne por há ya que permite un mayor crecimiento del pasto, lo que se traduce en una mayor carga animal con el consiguiente mejor uso del recurso tierra.

En pasto kikuyo con fertilización de 0-336 kg N/há/año se observó una correlación positiva entre la tasa de crecimiento y el nivel de nitrógeno aplicado anualmente (43). Resultados similares se encontraron con Estrella, Hemarthria, Brachiaria ruziziensis, Bermuda cruzada y Pangola con dosis de 0-1000kg.N/há/año, llegando a valores asintóticos a los 1000kg de nitrógeno (16). Según el mismo autor (16) los valores podrían haber sido mayores si se hubiera trabajado en la época de mayor crecimiento, donde la planta hubiera estado fisiológicamente en mejores condiciones para hacer uso del nitrógeno aplicado.

Existe gran cantidad de trabajos que demuestran un efecto positivo de la fertilización sobre el valor nutritivo del forraje. Se

afirma que existe un aumento positivo en el porcentaje de nitrógeno de la Materia Seca del forraje disponible para el pastoreo (1). Por otra parte Minson (45), trabajando con *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* y *Pennisetum clandestinum* observó leves aumentos en la digestibilidad de la materia orgánica (MO), de la materia seca (MS) y en el consumo voluntario al fertilizar con nitrógeno. Concluyó que no hubo efecto significativo de la fertilización sobre los parámetros ya mencionados en estas especies. En *Brachiaria decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Paspalum conjugatum* e *Ischaemum aristatum*, se observó que la fertilización nitrogenada provocó un mayor contenido de proteína (PC), menor contenido de MS y aumento la remoción de macronutrientes de suelo por parte de todas las especies (50), lo cual es similar a lo encontrado por Carrillo (16) en Turrialba. Hunt (34), por su parte trabajando con ryegrass observó aumentos significativos en el porcentaje de PC, nitrógeno no proteico (NNP), Ca, K, Na, P y Mg al aumentar la dosis de nitrógeno de 59 a 118 kg./há.año y disminución significativa de los porcentajes de MS, MO y materia orgánica digestible (MOD). Al aplicar por segunda vez e incrementar la dosis a 177kg.N/há/año aumentó ~~el~~ porcentaje de PC, NNP, K, Ca, Na y Mg bajando más el porcentaje de MS y MO y no varió la MOD. En plantas adultas observó mayores aumentos en Na y P y NNP en plantas jóvenes. Carrillo (16), trabajando con seis gramíneas tropicales y con dosis que iban entre 0 y 1000 kg.N/há/año encontró que el contenido de proteínas en los pastos fue en aumento en forma progresiva al aumentar la dosis de nitrógeno.

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición

botánica de la pradera muestra que este puede llegar a ser considerable en mezclas de gramíneas y leguminosas. Las leguminosas tienden a desaparecer si el nivel de nitrógeno aplicado es alto, lo que puede causar una disminución de la calidad de forraje ofrecido que afecta tanto el consumo voluntario como la producción por animal (26,39).

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre el suelo es marcado. A medida que se incrementa la dosis aplicada se produce un aumento de la concentración de nitrógeno en forma de nitratos, nitritos y otras formas nitrogenadas. Sin embargo, en suelos con problemas de drenaje o de escasa capacidad de retención de agua se produce una recuperación muy ineficiente del nitrógeno aplicado por parte de la planta. Ello se debe a un mal funcionamiento de la raíz en casos de mal drenaje o a una excesiva lixiviación de nutrientes en el segundo caso. Según Garwood y Tyson (29) en praderas de ryegrass y condiciones de baja precipitación la aplicación de 250kg N/há/año no causa pérdidas de nitrógeno por drenaje, sin embargo al aumentar la cantidad de nitrógeno a 500kg /há/año hubo pérdidas de 143kg N/há/año.

Otro factor importante de la fertilización nitrogenada, especialmente en el caso de usar como fertilizante el nitrato de amonio, es el efecto sobre la acidez del suelo. Garwood y Tyson (29) aplicaron nitrógeno en forma de nitrato de amonio y encontraron que el ion amonio (NH_4) desplaza al Ca intercambiable del suelo. Sin embargo, dosis de 500kg N/há/año por 2 años consecutivos solo causaron una disminución leve en el pH del suelo.

La ganancia por animal también se ve afectada por la aplicación del fertilizante nitrogenado. Escuder (26), trabajando con novillos

en ryegrass y trebol blanco, encontró que en cargas relativamente altas (4-6u.a.) el nitrógeno tendió a reducir la ganancia diaria por animal, pero aumentó la ganancia de peso total por há de 0.79 a 1.58 kg./día/kg.N aplicado. Algo similar encontraron Lloyd Davies et al (39) en ovejas sobre praderas de bromo y trebol subterráneo en producción de lana y ganancia de peso al comparar los valores obtenidos en parcelas fertilizadas y no fertilizadas. Sin embargo parece que en este caso, al igual que en el anterior la causa sería la disminución de la calidad de la dieta por desaparecer el componente más digestible que es el trebol. Fernando et al (25), observaron que en vacas lecheras en avena fertilizada los niveles más altos de fertilización causaron pérdidas significativas en el peso de los animales, pero no influenciaron significativamente la producción de leche o su calidad. La causa podría estar en una reducción en el consumo de MS y el tiempo de pastoreo. Es interesante hacer notar que si bien es cierto los ensayos agronómicos muestran efectos substanciales de la fertilización nitrogenada sobre la producción total de forraje, Blaser (4) opina que la fertilización nitrogenada no afecta el valor nutritivo del forraje en términos de digestibilidad de energía, aunque si ocurren cambios en el contenido de proteína.

Esta afirmación se ve respaldada por las observaciones de Reid et al (57) en el sentido que al dar al animal la posibilidad de seleccionar su forraje, este tiende a hacerlo en proporción inversa al nivel de fertilización nitrogenada. Sin embargo trabajos realizados por Quinn et al (54) por 5 años en pasto guinea demostraron un efecto positivo de la fertilización nitrogenada en el total de NDT producidos por

la pradera en la época seca. Esto indicaría la necesidad de hacer las aplicaciones de nitrógeno en épocas en que causen el mayor efecto sobre la calidad del forraje que posteriormente estará disponible para los animales.

Caro Costas et al (15), en praderas de Pangola con niveles de fertilización de 64 a 540 kg N/há/año lograron ganancias de 403 y 1069 kg/há/año con una capacidad de carga de 1.72 y 5.31 novillos de 300 kg/há respectivamente. En otro trabajo Caro Costas y Chandler (14), por un período de 5 años con pasto Napier fertilizado con niveles de nitrógeno de aproximadamente 130 kg hasta 660 kg N/há/año mantuvieron cargas equivalentes a 5.04 y 8.13 novillos de 300 kg/há que produjeron 1076 y 1798 kg/há respectivamente con una ganancia de 0.61 en el primer caso y 0.59 kg/día para los testigos en el segundo caso. Estos trabajos indican que la fertilización nitrogenada produce aumentos de forraje lo que debe traducirse en aumentos de carga y producción por há.

3. MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Ganadera del Departamento de Ganadería Tropical del CATIE, durante los meses de Noviembre de 1974 a Mayo de 1975 en un suelo de la serie Instituto fase Pedregosa.

3.1 Conducción del experimento

El área total fue dividida en 14 parcelas de tamaño variable con el fin de mantener un número similar de animales pudiendo variar la presión de pastoreo de acuerdo a los tratamientos. Cada parcela se dividió en 4 subparcelas para permitir un pastoreo rotacional.

Todos los potreros estaban compuestos principalmente por pasto estrella.

El manejo involucró además la fertilización inicial con la fórmula 15-30-8 a razón de 300 kg/há y aplicaciones de N después de cada pastoreo en proporciones variables de acuerdo al tratamiento respectivo en forma de nitrato de amonio (33.5% N).

Antes del inicio del experimento, se cortaron todos los potreros con la finalidad de eliminar una gran cantidad de material seco y todo acumulado y estimular un crecimiento nuevo.

Se usaron novillos de raza brahman y brahman encastados, cuyo peso inicial fluctuó entre 270-300 kg. Los animales se asignaron al azar a cada tratamiento y se mantuvo un hato de novillos flotantes que permanecieron en un potrero adicional mientras no se usaban en las parcelas experimentales. Todos los animales tuvieron libre acceso al agua y a sales minerales.

Los animales fueron desparasitados interna y externamente al inicio del experimento y luego cada 60 días, salvo en casos de in-

Los animales se pesaron cada 28 días, al término de cada ciclo de pastoreo.

Se usó un sistema de 7 días de pastoreo y 21 días de descanso.

Se midió el forraje ofrecido al inicio del pastoreo y rechazado al final del mismo.

De acuerdo al forraje ofrecido en términos de kg MS/há se hizo la entrada de los testigos, considerando la disponibilidad en términos de kg MS/100 kg PV/día que se le asignara al tratamiento.

Con el fin de ajustar la disponibilidad se usó el sistema de carga variable, que consiste en colocar animales flotantes de acuerdo al tratamiento para que consuman el exceso de forraje (11).

3.2 Variables en estudio

Las variables en estudio fueron:

1. Presión de pastoreo, expresada en términos de disponibilidad de forraje por cada 100 kg de Peso Vivo (PV) /día, con 5 niveles a saber:

2.9	3.5	5.0	6.5	7.1	kg MS/100 kg PV/día
-----	-----	-----	-----	-----	---------------------

2. Dosis de nitrógeno, expresada en kg de elemento puro, con 5 niveles a saber:

45	184.03	500	815.9	955	kg N/há/año
----	--------	-----	-------	-----	-------------

La Combinación de tratamientos usada fue:

Puntos Factoriales					
Trat	PP	N	Trat.	PP	N
1	3.5	184	5	2.9	500
2	6.5	184	6	2.9	500
3	3.5	816	7	5.0	45
4	6.5	816	8	5.0	45
Puntos Centrales					
Trat.	PP	N	Trat.	PP	N
13	5.0	500	10	7.1	500
14	5.0	500	11	5.0	955
			12	5.0	955

3.3 Mediciones de la pradera

Un día antes de iniciar el pastoreo de una subparcela se tomaron muestras del forraje presente a fin de calcular la carga animal a utilizar, de acuerdo a la disponibilidad de forraje por animal de cada tratamiento.

Para ello se tomaron 10 muestras de 1 m^2 , las que se llevaron al laboratorio para determinar mediante una submuestra el contenido de MS de ellas. En base al rendimiento en verde, al % de MS, al tamaño de la parcela se calculó la disponibilidad de forraje y la cantidad de animales a asignar a cada parcela.

Al final del período de pastoreo se tomaron nuevamente 10 muestras de cada subparcela para determinar el forraje residual.

Los datos así obtenidos se usaron para calcular:

3.3.1 Tasa de crecimiento del pasto, base MS/há/día (T_i)

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

donde:

$i = 1, 2, \dots, 7$ pastoreo

A_{i-1} = MS/há después pastoreo anterior

B_i = MS/há antes pastoreo i

n = número de días de descanso

3.3.2 Disponibilidad Real de Forraje (D_i)

$$D_i = \frac{B_i - A_i}{2}$$

donde:

B_i = se define anteriormente

A_i = MS/há después de pastoreo i

3.3.3 Contenido de Proteína Cruda mediante el método del micro Kjeldahl (6).

3.3.4 Digestibilidad "in vitro" de la Materia Orgánica, mediante el método de "dos etapas" (46), que consiste en una primera etapa de digestión microbiana por un período de 48 horas y una segunda enzimática por un mismo período de tiempo.

3.3.5 Determinación de la composición botánica

La composición botánica de la pradera se determinó usando el método de "DobleMuestreo" (18), que consiste en hacer 100 observaciones visuales de cada parcela y tomar una muestra cada 10 observacio-

nes, la que se separó en forma manual en sus componentes. En esta forma se obtiene el porcentaje de cada uno de los componentes en base a Materia Seca. En el caso presente los componentes separados fueron "pasto estrella" y "otros", el que comprendió todas las otras especies que no eran pasto estrella.

Se hicieron dos determinaciones, una al inicio y otra al final del experimento con el fin de determinar los cambios que ocurrieron en los componentes de la pradera por acción de los tratamientos de presión de pastoreo y fertilización.

Se utilizó la ecuación:

$Y = \bar{y} + b (x' - x)$ para corregir las observaciones obtenidas, donde

Y = Media estimada que tiene relación lineal con la x .

\bar{y} = Media estimada de la composición de la muestra separada manualmente (10)

x' = Media estimada de las observaciones visuales (100)

x = Media estimada de las observaciones visuales de la muestra pequeña (10).

b = Coeficiente de regresión lineal de y en x obtenido de la muestra pequeña.

La comparación de los valores de composición botánica así obtenidos, se analizaron estadísticamente mediante una prueba de t o de comparación de medias con igual número de observaciones.

3.4 Mediciones de los animales

Se hicieron pasajes al término de cada ciclo de pastoreo. Con

estos datos se calcularon:

3.4.1 Carga animal, en términos de kg an/há/día, considerando los animales testigos, su peso y días de estadía, más los animales "flotantes", su peso y días de estadía en la parcela, entendiéndose por animal flotante aquel que no es testigo del experimento y que solo entra al tratamiento con el fin de ajustar la presión de pastoreo que está especificada (51).

$$CA = N \times P_t \times t + n \times P_f \times r$$

donde:

N = número de testigos

P_t = peso de testigos

t = número de días de estadía por ciclo

n = número de animales flotantes

P_f = peso de animales flotantes

r = número de días de permanencia de los flotantes en el tratamiento

3.4.2 Aumento diario de peso, dividiendo la ganancia de peso de cada animal durante el ciclo por el número de días de éste.

$$ADP = \frac{P_f - P_i}{i}$$

donde:

ADP = aumento diario de peso

P_f = peso al final del ciclo

P_i = peso al inicio del ciclo

t = número de días del ciclo.

Para calcular la ganancia de peso a travez de todo el experimento se sumaron las ganancias obtenidas en cada ciclo y luego se dividieron por el número de ciclos, obteniéndose así un valor promedio de ganancia para todo el experimento.

$$ADP_o = \sum_{i=1}^7 ADP_i/n$$

donde:

$$\sum_{i=1}^7 = \text{sumatoria ciclos } 1, 2 \dots\dots\dots 7$$

ADP_o = ganancia de peso a travez de todo el ciclo

ADP_i = ganancia de peso en el ciclo i

$i = 1, 2 \dots\dots\dots 7$ ciclos

n = número de ciclos

3.4.3 Producción por há/día, en términos de kg an/há/día, considerando el peso inicial de los testigos y flotantes y la ganancia de peso.

$$P/há = ADP \times NQ \text{ de animales}$$

donde:

ADP = aumento diario de peso

3.5 Determinaciones del Suelo

3.5.1 Acidez

Se hicieron mediciones a profundidades de 10 y 20 cm. mediante el método de determinación de pH en H_2O y KCl.

3.5.2 Contenido de Nitrógeno

Se tomaron muestras de suelo a 10 cms. de profundidad donde está la mayor cantidad de raíces y a 20 cms. para medir la cantidad de nitrógeno a mayor profundidad. Las muestras obtenidas fueron secadas al aire, tamizadas con un tamia de 2 mm analizadas mediante el método del micro Kjeldahl para determinar el nitrógeno existente.

3.5.3 Resistencia a la Penetración

Se usó un penetrómetro estático tipo Chatillón con pistón de acero inoxidable de 5 mm de diámetro y 5 mm de altura Cat NQ 719-40 MRPFR. Se tomaron 3 muestras en cada subparcela y a 4 profundidades para abarcar así todo el perfil que utilizan las raíces de las plantas. Se hicieron 2 lecturas distantes 10 cms en cada muestra. Paralelamente se tomaron muestras de humedad a cada profundidad. Las profundidades fueron 0-5-10-20 cms.

Las lecturas obtenidas se multiplicaron por el factor 2.25 para transformarlas de lb/pulg² a bares. Luego debido a que hubo diferencia entre los porcentajes de humedad al inicio y al final del experimento que pudieron afectar los valores de compactación, se corrigieron estos valores por el porcentaje de humedad (27) de acuerdo a la ecuación $\gamma = 50573 e^{-0.0483x} - 2.792$

3.6 Diseño.

Se usó un diseño rotatable de composición central de dos factores con repetición de los puntos extremos y el central (17).

El modelo matemático fue:

1. Para producción por há, donde la há es la unidad experimental.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$$

x_1 = presión de pastoreo

x_2 = dosis de nitrógeno

ANDEVA

FV	gl
Tratamiento	8
Efecto lineal	2
Efecto cuadrático	2
Efecto mixto	1
Desviación modelo	3
ERROR	5
TOTAL	13

2. Para aumento diario de peso, donde el animal es la unidad experimental.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$$

x_1 = presión de pastoreo

x_2 = dosis de nitrógeno

ANDEVA

FV	gl
Tratamiento	8
Efecto lineal	2
Efecto cuadrático	2
Efecto mixto	1
Desviación modelo	3
ERROR	33
TOTAL	41

3.7. Análisis de la información

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

- carga animal
- producción por há/día
- ganancia diaria de peso de los animales
- tasa de crecimiento del pasto
- disponibilidad real de forraje
- composición botánica de la pradera
- digestibilidad in vitro del forraje
- contenido de proteína del pasto
- compactación del suelo

3.8 Análisis económico

Se estudió el efecto de las variables en estudio sobre el ingreso neto de los diferentes tratamientos y sobre la eficiencia económica mediante la fórmula siguiente:

$$\text{IN/há} = (\text{kg. producidos/há} \times \text{precio/kg.}) - \text{costos}$$

$$E = \frac{\text{IN}}{\text{costos}}$$

donde:

IN = Ingreso Neto

E = Eficiencia económica

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan de acuerdo al efecto de la presión de pastoreo y la dosis de nitrógeno sobre los diferentes parámetros estudiados.

4.1 Efectos sobre la Pradera

4.1.1 Efectos sobre la Tasa de Crecimiento del Pasto

Existe un efecto marcado de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto ya que se encontró significancia ($P < 0.05$) para los coeficientes lineal y cuadrático del efecto de la presión de pastoreo y significancia ($P < 0.05$) para el coeficiente lineal del efecto de la fertilización nitrogenada (Fig. 1). A medida que aumentó la disponibilidad de forraje por animal, hubo un aumento en la tasa de crecimiento del pasto, la que tendió a disminuir cuando la presión de pastoreo fue muy baja. Cuando la disponibilidad de pasto por animal es baja, la tasa de crecimiento es baja debido al gran efecto que ejerce el animal sobre la pradera. Este efecto se manifiesta en una escasa posibilidad de almacenar reservas para la recuperación en el próximo pastoreo. A niveles de disponibilidad muy altos, la tasa de crecimiento se ve reducida debido al escaso efecto que ejerce el animal sobre la pradera, lo que resulta en plantas lignificadas y viejas, de baja capacidad de crecimiento. El pasto estrella, por su hábito estolonífero, basa su crecimiento vegetativo principalmente en la emisión de estolones, estos contienen en sus nudos los fitómeros, unidad básica de creci-

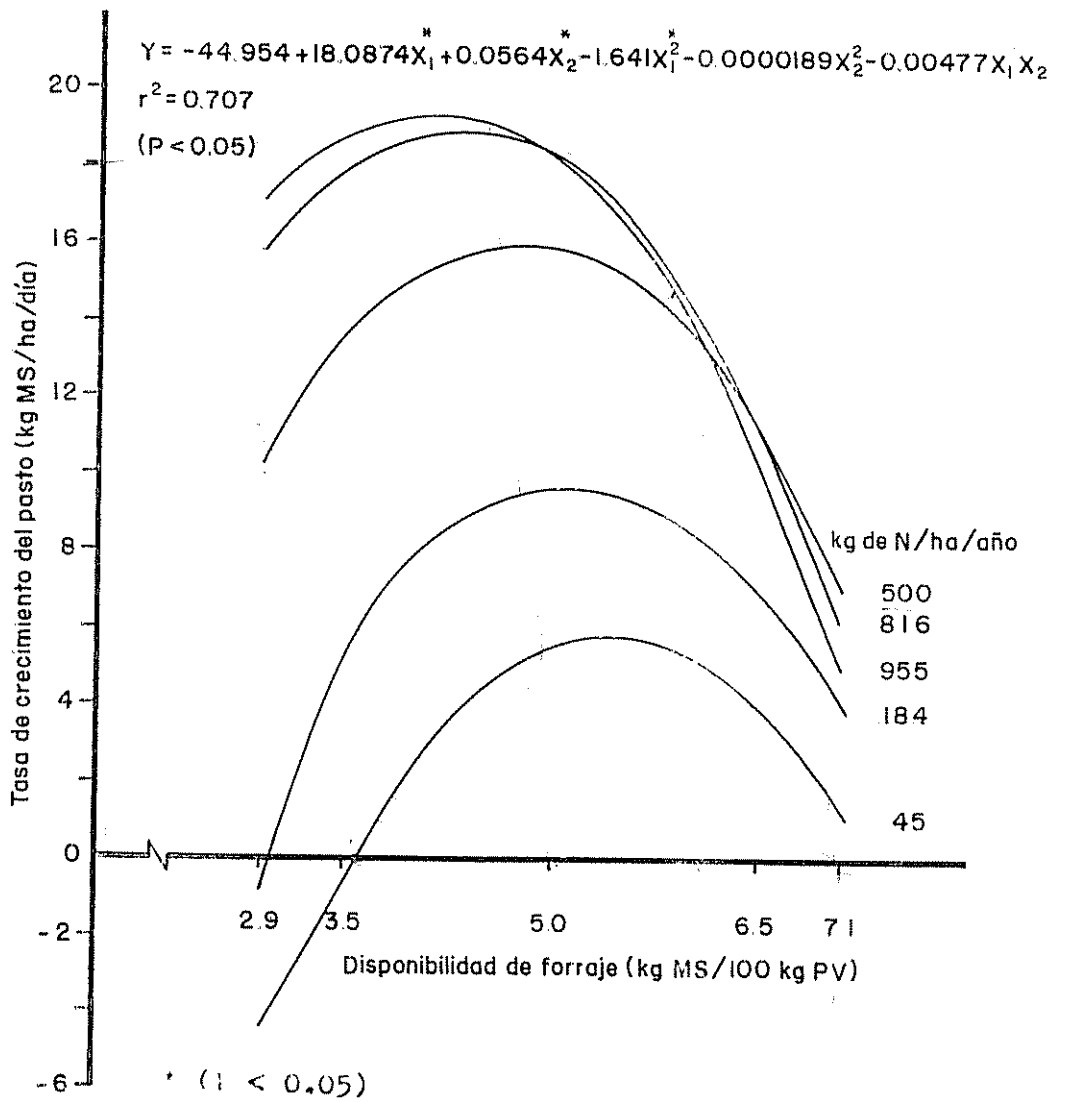


Fig. 1. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto.

miento, los cuales dan origen a nuevos macollos y raíces (58). Una baja presión de pastoreo y el excesivo forraje acumulado causa que estos estolones crezcan por encima de la vegetación, lo cual impide su unión al suelo y por lo tanto no pueden formar una nueva planta independiente. Por esta razón siguen viviendo a expensas de la planta madre con la consiguiente pérdida de eficiencia de transporte de nutrientes, debido a la distancia que estos deben recorrer a través de estolones lignificados, donde su paso es probablemente más lento. Por lo tanto, a medida que la planta envejece, su capacidad para formar más forraje se ve restringida, lo cual se traduce en una disminución en la tasa de crecimiento. Además, por efecto del poco pastoreo, el IAF aumenta sobre el óptimo, lo que conduce a un sombreado de los estratos inferiores de la vegetación, con la pérdida de eficiencia en la fotosíntesis global de la pradera, de acuerdo a las observaciones de Blaser (5) y Gardner et al (28).

Los valores estimados muestran que la máxima tasa de crecimiento (20,4 kg MS/há/día) se consigue cuando las praderas se manejan de modo de permitir disponibilidades por animal de 4.0 kg MS/100 kg PV y se fertilizan con 1035 kg de N/há/año. En este punto de máxima tasa de crecimiento del pasto pareciera que se logra un Índice de Área Foliar (IAF) suficiente que permite una buena intercepción de la luz conducente a una eficiente fotosíntesis. Como lo afirma Blaser (5) ello puede resultar además, en la posibilidad de acumular carbohidratos de reserva (CHO) que servirán para el rebrote de la pradera.

En este ensayo los datos obtenidos muestran un efecto marcado de

la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento y están en desacuerdo con los obtenidos por Ramírez (55) en las condiciones de Turrialba. La diferencia puede deberse, a que este autor estudió fundamentalmente el efecto del animal sobre la pradera usando un sistema rotacional con sus animales. Este sistema puede afectar considerablemente el comportamiento de los animales. Es de esperar que un animal que ha sido asignado a una presión de pastoreo pesada y después de un tiempo es sometido a presiones livianas se comporte de forma muy diferente en lo que se refiere a sus hábitos de pastoreo comparado con animales que se mantienen siempre en un mismo tipo de presión de pastoreo, que fue lo que ocurrió en el presente experimento. Los valores encontrados para la tasa de crecimiento son bastante bajos y no coinciden con lo que Cooper (21) considera que debería ser la producción de MS/há óptima en condiciones tropicales. Sin embargo, son similares a los obtenidos por Ramírez (55) que obtuvo en pastoreo valores que fluctuaban entre 6.0 y 22.6 kg MS/há/día y difieren a las obtenidas por Carrillo (16) en parcelas pequeñas en las condiciones de Turrialba, quien para estrella obtuvo valores promedio de 61,76 kg MS/há/día. Esta diferencia puede deberse a que tanto en el presente caso como en el caso de Ramírez (55) se trata de parcelas grandes, por lo tanto el muestreo puede no ser representativo del verdadero crecimiento que ocurrió en la pradera, en cambio en el caso de Carrillo (16) que trabajó con parcelas pequeñas la diferencia que puede haber entre lo muestreado y el resto del forraje es muy pequeña.

La figura 1 muestra que a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno aplicado hay un aumento en la tasa de crecimiento del pasto estrella, lo que está de acuerdo con lo observado por otros autores (24, 43). El efecto del nitrógeno es más marcado en los tratamientos sometidos a altas presiones de pastoreo. Esto se debe a que por la baja disponibilidad de forraje por animal la pradera sufre una defoliación muy intensa, lo cual disminuye en forma rápida el IAF afectando el almacenamiento de carbohidratos de reserva indispensables para el rebrote. La fertilidad juega junto con los CHO de reserva un papel importante en la síntesis de nuevos tejidos, lo que explicaría el aumento en la tasa de crecimiento que se produce en altas presiones de pastoreo por efecto del nitrógeno.

Hay un marcado efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto sometido a presiones de pastoreo altas (2.9 kg MS/100 kg PV).

Este efecto sobre la tasa de crecimiento en bajas disponibilidades de forraje es similar al que se obtiene en experimentos de corte donde en condiciones tropicales se ha observado una respuesta lineal positiva con dosis de nitrógeno de hasta 1000 kg de N/há/año. Es probable que en estas condiciones como en las de corte las plantas sufran una defoliación similar.

En cargas livianas es más difícil medir el efecto de la fertilización sobre la tasa de crecimiento. La planta envejece y sus condiciones fisiológicas no permiten un crecimiento activo, lo cual se manifiesta en escasa respuesta a las aplicaciones de nitrógeno.

4.1.2 Efectos sobre la Disponibilidad Real de Pasto

El efecto de la presión de pastoreo sobre la disponibilidad real de forraje se presenta en la Figura 2. Aparentemente no hubo mayor diferencia por efecto de los distintos niveles de presión de pastoreo como se desprende de la no significancia de los coeficientes relacionados con este factor.

Sin embargo se esperaría una tendencia similar a la obtenida en la tasa de crecimiento, por ser la disponibilidad real de forraje una expresión de esta en un período de tiempo determinado. Esto indica que el sistema de muestreo utilizado no mide con precisión el efecto de la disponibilidad de forraje. En el cuadro 1 se presentan los datos de kg de MS ofrecida y residual, los cuales muestran valores muy altos para este último en cargas elevadas.

Cuadro 1. Disponibilidad Real de Forraje, y Forraje Ofrecido y Residual en praderas con diferentes Disponibilidades de Forraje.

Parámetros medidos	Disponibilidad de Forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2.9	3.5	5.0	6.5	7.1
Disponibilidad real de Forraje (kg MS/há/ciclo)	3697	3727	3721	4047	3763
Forraje ofrecido (kg MS/há/ciclo)	3852	3927	3889	4210 ¹	3802
Forraje residual (kg MS/há/ciclo)	3542	3527	3553	3884	3724

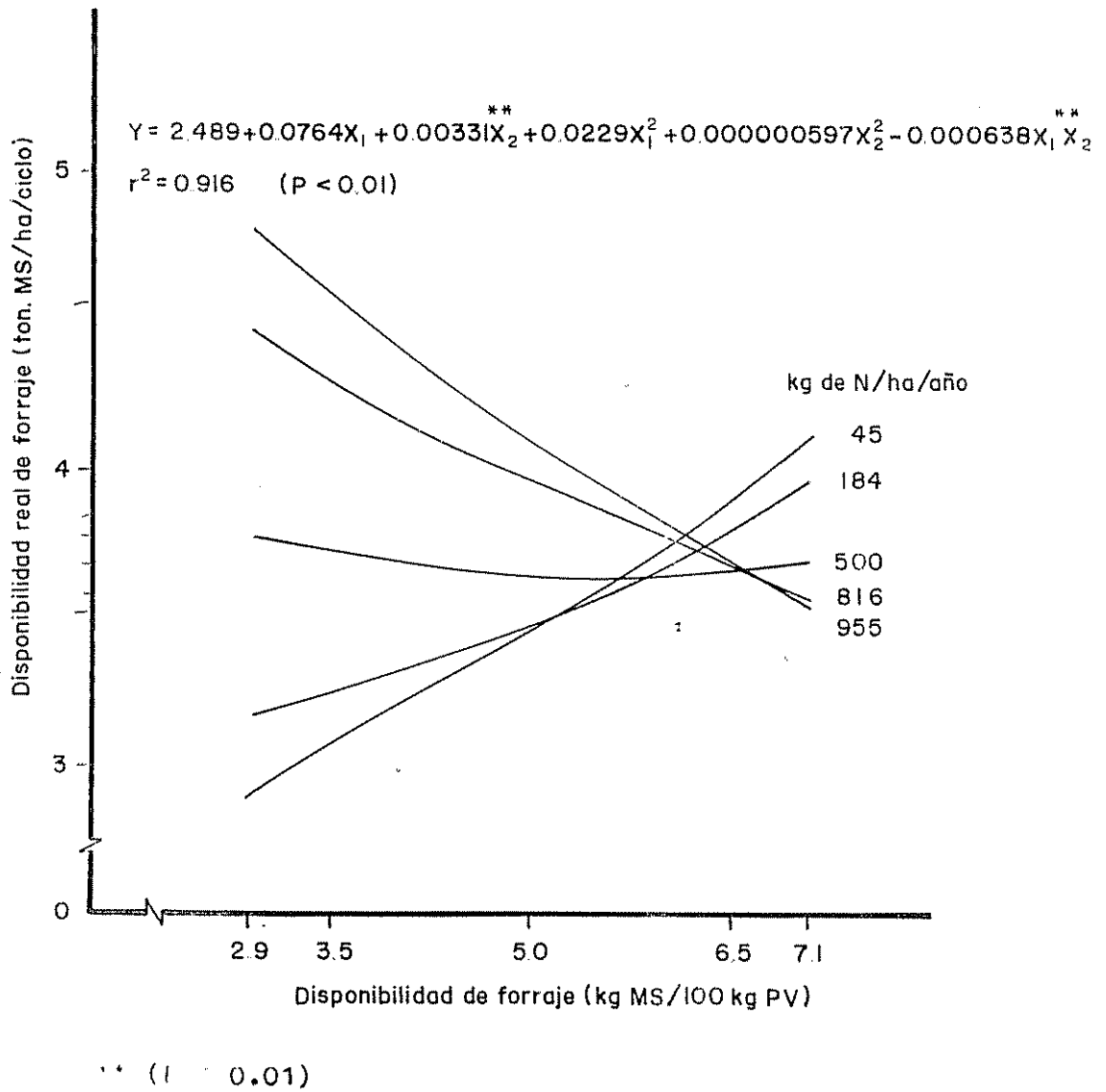


Fig. 2. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad real de forraje.

El forraje residual en este tipo de cargas es extremadamente bajo, lo que hace suponer que su valor aumentó en forma artificial por contaminación con suelo u otro tipo de material.

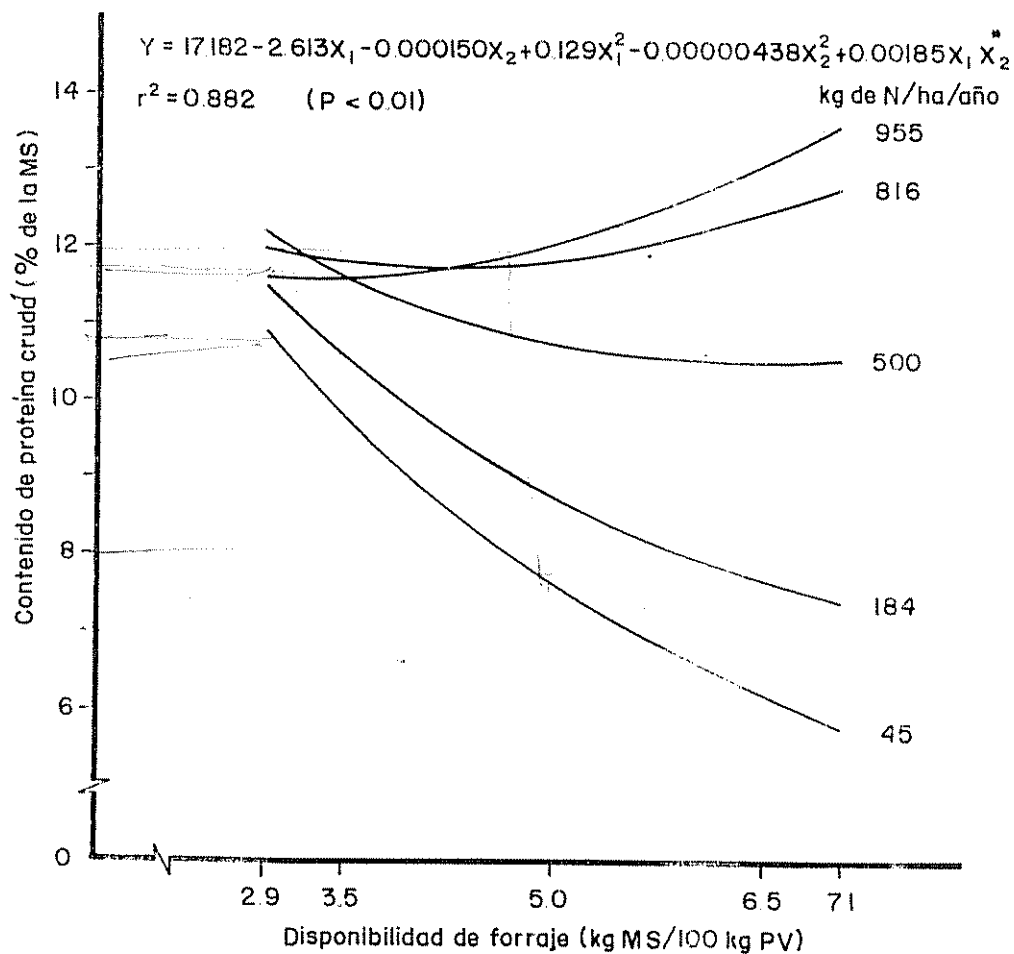
La figura 2 presenta también el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad real de forraje. Los datos muestran un efecto significativo para el coeficiente lineal ($P < 0.01$) por efecto de la aplicación de nitrógeno. Esto estaría de acuerdo con los resultados de la literatura (24, 43), que muestran un gran aumento en el forraje disponible por efecto de la fertilización nitrogenada. Cuando las presiones de pastoreo son elevadas se observa que a medida que la dosis de nitrógeno aumenta, se incrementa la disponibilidad real por efecto de la mayor tasa de crecimiento, producto de un mejor uso del nitrógeno aplicado. Sin embargo, en presiones de pastoreo livianas el efecto del nitrógeno no es tan marcado.

Existe también significancia ($P < 0.01$) para el coeficiente de la interacción nitrógeno presión de pastoreo. A altas presiones de pastoreo existe un marcado efecto de la fertilización nitrogenada sobre la disponibilidad real de forraje por favorecer esta una mayor tasa de crecimiento. A bajas presiones de pastoreo existe muy poco efecto de la fertilización sobre la disponibilidad real de forraje por tratarse en este caso de una pradera envejecida y lignificada por el poco efecto que ejerce el animal sobre ella. Los valores máximos de disponibilidad real de forraje fueron de 3.6 toneladas/há/ciclo cuando se utiliza una presión de pastoreo que permite disponibilidades de forraje por animal de 6.2 kg MS/100 kg FV y una fertilización nitrogenada de 568 kg N/há/año.

4.1.3 Efectos sobre el Contenido de Proteína Cruda del Pasto

En la figura 3 se presentan los valores de predicción para el contenido de proteína cruda del pasto por efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada. No hubo efectos significativos de la presión de pastoreo ni de la fertilización nitrogenada pero sí se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) para el coeficiente de la interacción presión de pastoreo dosis de nitrógeno. Cuando la presión de pastoreo es muy alta, lo que se traduce en una defoliación completa durante el pastoreo y la posibilidad de un gran reciclaje de nutrientes, el nivel de nitrógeno aplicado no afecta el contenido de proteína cruda del pasto. A medida que la presión de ρ disminuye, aumentos en la cantidad de nitrógeno aplicado significan aumentos en el contenido de proteína cruda del pasto.

Los valores de predicción para el contenido de proteína cruda del pasto con niveles altos de fertilización y bajas presiones de pastoreo corroborarían lo encontrado por Mc Dowell (41), en el sentido de que el valor nutritivo del pasto estrella permanece alto aún en estado avanzado de madurez debido a que no ocurre translocación de nutrientes a las raíces y estolones. Además el presente ensayo se llevó a cabo durante la época de menor humedad y hubo precipitaciones durante los tres primeros meses, lo que pudo haber favorecido una buena utilización del nitrógeno y permitir un alto valor nutritivo para el promedio de la temporada. Esto estaría de acuerdo a lo encontrado por Quinn et al (54) para el pasto Guinea en la época de verano en Brasil.



* (P < 0.05)

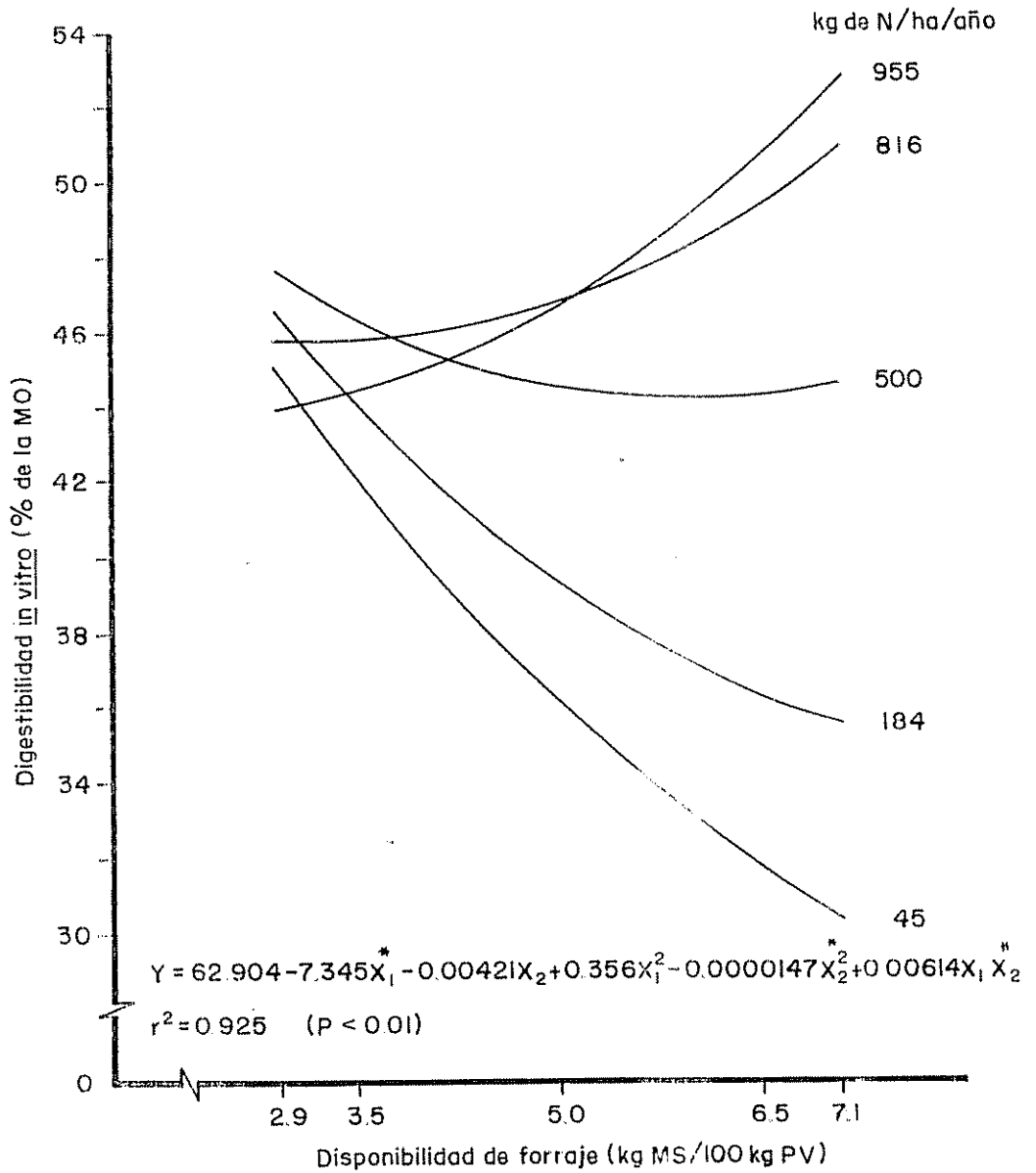
Fig. 3. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda del pasto.

Los valores de proteína cruda obtenidos son similares a los encontrados por Carrillo (16) en seis gramíneas tropicales en las condiciones de Turrialba que fluctuaron entre 10-13,6%. Se puede decir que los valores máximos obtenidos en este experimento de 11.8% de PC con dosis de nitrógeno aplicado de 844 kg N/há/año y disponibilidades de 4.0 kg MS/100 kg FV son suficientes para llenar los requerimientos de animales en producción.

Se observó un efecto marcado de época sobre el contenido de proteína cruda del pasto (Cuadros 3 y 4 del Apéndice), especialmente al comparar el primer ciclo con los siguientes. La calidad del forraje ofrecido en el primer ciclo de pastoreo fue baja debido al largo de tiempo que la pradera estuvo sin animales previo al experimento. Luego, por efecto de las lluvias, la aplicación de nitrógeno y la presencia de animales sobre la pradera se produjo un mejor aprovechamiento del nitrógeno aplicado. Esto se muestra por el valor significativo ($P < 0.01$) positivo del coeficiente lineal para el efecto época. Hacia el final del experimento no hubo precipitaciones por lo que la planta no pudo hacer un uso eficiente de los nutrientes del suelo, bajando la tasa de crecimiento y por lo tanto disminuyendo la formación de proteína, lo que se traduce en un coeficiente cuadrático negativo.

4.1.4 Efectos sobre la Digestibilidad "in vitro" de la Materia Orgánica.

En la figura 4 se presentan los valores de predicción para la digestibilidad "in vitro" de la Materia orgánica del pasto ofrecido por



(P < 0.05)

Fig. 4. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada. Existe un efecto significativo ($P < 0.05$) para el coeficiente lineal de presión de pastoreo, cuadrático de nitrógeno y para el coeficiente de la interacción nitrógeno presión de pastoreo. Cuando la presión de pastoreo es muy alta, debido a la gran defoliación que sufre la pradera y al gran reciclaje de nutrientes, el nivel de nitrógeno aplicado no afecta la digestibilidad de la materia orgánica. A medida que la presión de pastoreo disminuye, aumentos en la cantidad de nitrógeno aplicado significan aumentos en la digestibilidad de la materia orgánica.

Los valores de los cuadros 3 y 5 del Apéndice indican que existe un efecto marcado de época sobre la digestibilidad de la materia orgánica, especialmente si se compara el primer ciclo con los demás. A medida que transcurre el período experimental la digestibilidad de la materia orgánica aumentó para caer hacia el final del experimento. Este hecho puede explicarse si se considera que la calidad de la pradera al inicio del experimento era baja y que aumentó por el efecto benéfico de la precipitación, la fertilización y el efecto de los animales causando un mejor aprovechamiento por parte de la planta del nitrógeno aplicado.

Los valores máximos obtenidos de 46.2% de digestibilidad de la MO se lograron con disponibilidades de forraje de 4,1 kg MS/100 kg PV y aplicaciones de nitrógeno de 718 kg/há/año. Estos son bajos si se comparan con los obtenidos por Ramírez (55) (46-57% DMO) y los obtenidos por Carrillo (16), quien trabajando durante la misma época del

presente experimento y en pasto estrella logró valores de 54% de DMS. La diferencia observada puede deberse a un efecto acumulativo del muestreo, debido a que en estos casos como se mencionó antes, el animal no consume el forraje en forma uniforme, existiendo la posibilidad de que las muestras se obtengan de forraje sobremaduro. Este tipo de situaciones no se presentan en el caso de ensayos de corte, donde cada vez toda la parcela es cortada a una misma altura.

Sin embargo, es posible que si se utilizan animales fistulados al esófago para obtener muestras del forraje consumido, los valores de digestibilidad se eleven hasta niveles más altos.

4.1.5 Efectos sobre la Composición Botánica de la Pradera

No se observaron variaciones en composición botánica en las praderas durante el período experimental. Esto concuerda con los datos obtenidos por Ramírez (55) para el mismo pasto en las condiciones de Turrialba, quien no observó efecto de la presión de pastoreo sobre la composición botánica. Una posible explicación puede estar en el largo del período experimental; ya que según Blaser (5) los efectos del animal sobre la pradera al contrario de los recíprocos se presentan solo en el largo plazo. El período experimental de siete meses es demasiado corto para que ocurrieran cambios sustanciales en composición botánica. Sin embargo, debido a la excesiva defoliación que producen las presiones de pastoreo pesadas es de esperar que en un plazo más largo de tiempo se produzcan cambios marcados en el contenido de estrella de la pradera.

En los cuadros 26 y 27 del Apéndice se presentan los valores inicial y final para composición botánica en praderas con diferentes presiones de pastoreo y dosis de nitrógeno respectivamente.

4.2 Efectos sobre la Producción Animal

4.2.1 Efectos sobre la Carga Animal en la Pradera

El efecto de la presión de pastoreo sobre la carga animal se presenta en la figura 5. Los valores de predicción muestran un claro efecto de la presión de pastoreo sobre la carga siendo significativos el coeficiente lineal y el cuadrático ($P < 0.05$). Las tendencias obtenidas son lógicas, debido a que la carga animal está estrechamente relacionada con la disponibilidad de forraje, que se traduce en valores de r^2 de 0.949.

Los resultados obtenidos concuerdan con la literatura (32, 42, 47, 52) excepto por la tendencia que se observa a aumentar la carga con presiones de pastoreo muy bajas. Este efecto, en las condiciones en que se definió la presión de pastoreo en este experimento (kg MS/100 kg PV) no puede ocurrir y puede ser efecto del modelo usado en el análisis.

En el largo plazo, debido a la baja tasa de crecimiento del pasto observado en presiones de pastoreo altas, es posible esperar que la tendencia sea menos marcada por haber menos forraje disponible para el pastoreo. En el caso presente, el período experimental no fue lo suficientemente largo para notar esos efectos.

La fertilización nitrogenada no tuvo efecto sobre la carga animal.

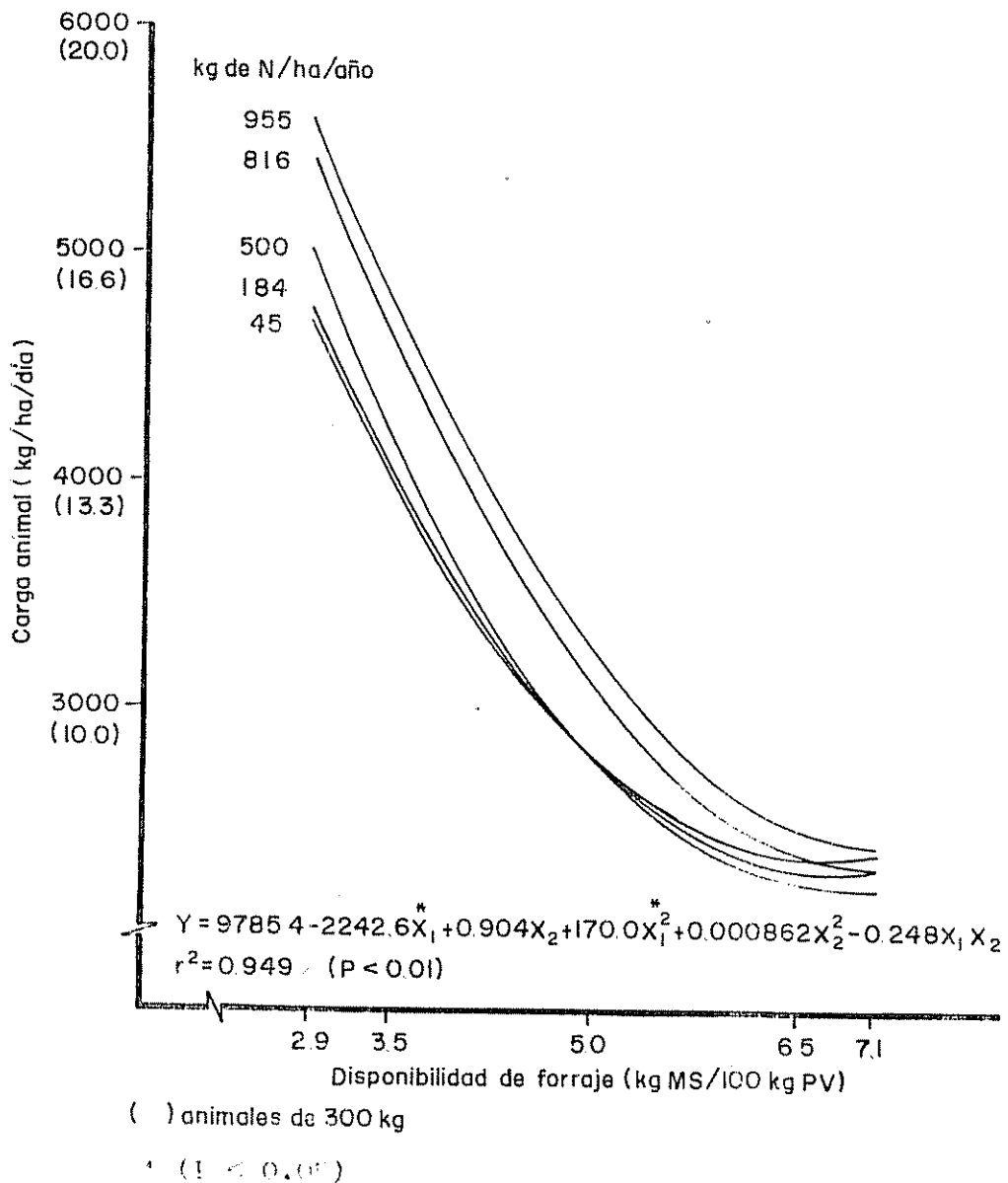


Fig. 5. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la carga animal en la pradera.

No existe significancia para los coeficientes de nitrógeno debido probablemente a que aunque existe un efecto de este sobre la tasa de crecimiento del pasto a los diferentes niveles, si se expresa esta en términos de carga o de forraje adicional no fueron lo suficientemente altos para repercutir en los valores de carga que ya son altos.

Los valores mínimos de carga obtenidos en este ensayo estuvieron cercanos a los 2214 kg/há/día con disponibilidades de forraje por animal de 6.9 kg MS/100 kg PV y dosis de nitrógeno de 474 kg N/há/año. Esto significa aproximadamente 7.3 animales de 3000 kg de PV, e indica la gran potencialidad del estrella para producir carne si se compara con los valores obtenidos por Alpizar (2) en Guinea en condiciones tropicales (2 an. de 300 kg PV/há) o con los obtenidos por Cabillos (22, 23) con trébol rosado y ryegrass (3 nov de 300 kg de PV/há) en condiciones templadas y con Guinea en el trópico (0.6 an de 300 kg PV/há) que permitieron máximas ganancias por animal.

4.2.2 Efectos sobre el Aumento Diario de Peso

El efecto de la presión de pastoreo sobre el aumento diario de peso de los animales se presenta en la figura 6. Hay efecto marcado de la presión de pastoreo sobre la ganancia diaria de peso, que concuerda con Mott (47) y Jones y Sandland (36), en el sentido de que a medida que aumenta la presión de pastoreo el aumento diario de peso de los animales disminuye pudiendo llegar a cero cuando el animal solo logra satisfacer sus necesidades de mantención. Este efecto

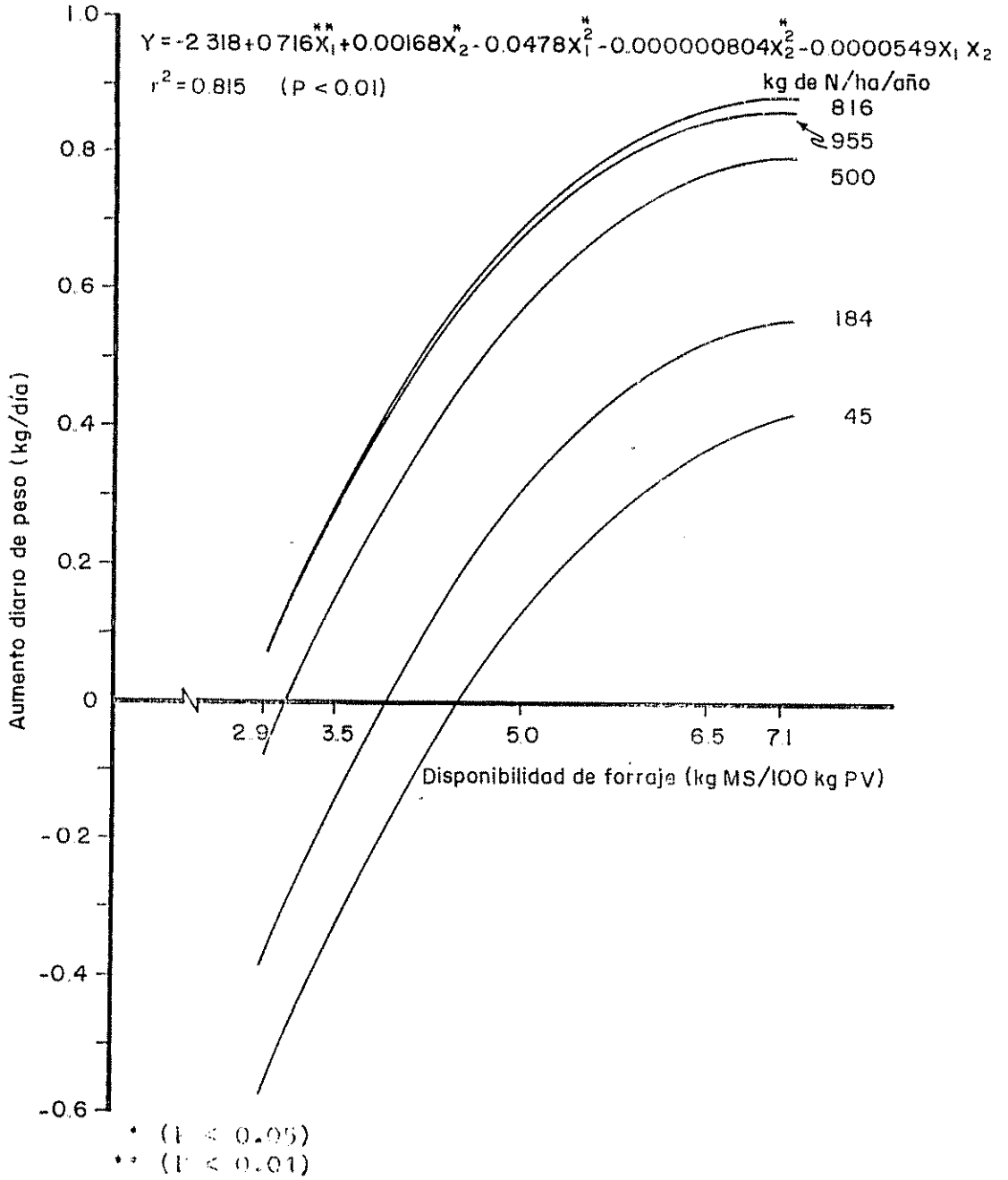


Fig. 6. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el aumento diario de peso de los animales.

incluso puede hacerse negativo al seguir aumentando la carga animal en una pradera con una misma disponibilidad de forraje.

Se ha postulado en la literatura (47, 52), que cuando la disponibilidad de forraje por animal es muy elevada, la ganancia diaria de peso sería independiente de la cantidad de nutrientes proporcionados por el pasto. Ivins (35) indica que a cargas muy livianas la respuesta animal es un reflejo de la calidad del forraje ofrecido al animal en pastoreo. En el presente experimento las presiones de pastoreo usadas no permiten ver con claridad el efecto de cargas muy livianas sobre la producción por animal. Esto se aprecia en la figura 6, donde los puntos máximos de ganancia de peso no alcanzan su valor asintótico. Esto podría considerarse en acuerdo con lo expresado por Jones y Sandland (36), de que en las praderas tropicales es posible lograr aumentos de peso aún cuando la carga animal es muy liviana debido a una mayor selección que el animal puede hacer al tener más forraje disponible. Esta aseveración, así como la hipótesis de Petersen et al (52) que afirman que por debajo del punto crítico de carga la ganancia por animal es independiente de la carga es difícil de corroborar, debido a que no existen trabajos experimentales que se hayan realizado a presiones de pastoreo lo suficientemente bajas. En el presente caso ocurre algo similar, ya que las presiones más livianas están cercanas a la carga óptima, por lo que resulta difícil predecir la tendencia que seguiría la ganancia de peso al haber mayor disponibilidad de forraje por animal.

También hay poca evidencia experimental del efecto de la presión

de pastoreo a niveles cercanos a las necesidades de mantención de los animales. Algunos datos como los obtenidos por Alpízar (2) y Vohnout y Jiménez (59) en condiciones tropicales y otros obtenidos por Cubillos (22) en condiciones templadas indican que el punto de cero ganancia diaria se obtiene alrededor de 2 veces la carga animal a la capacidad de carga de la pradera. En este trabajo se lograron aumentos diarios de peso bastante cercanos a las necesidades de mantención y cuando los valores de disponibilidad de forraje se expresan en unidades animales de 300 kg, las cargas más elevadas equivaldrían a algo más del doble de las cargas que podrían considerarse como óptimas. Los resultados obtenidos muestran que la máxima ganancia diaria de peso (0.878 kg/día) se logra con disponibilidades de 7.0 kg de MS/100 kg FV y 808 kg de nitrógeno por año. Esto indica que la cifra de 5.0 kg MS/100 kg FV que se ha venido considerando como óptima o cercana al óptimo en disponibilidad de forraje por animal pareciera ser un tanto baja en pasto estrella.

Los valores del aumento diario de peso obtenidos son más altos que los encontrados por otros autores en condiciones tropicales con pasto Pangola y Napier en Puerto Rico (14, 15) o con Guinea en Costa Rica (2, 59) que fluctúan entre 0.5 y 0.7 kg/an/día. La razón de esta alta ganancia de peso lograda durante la época de menor pluviosidad puede deberse a que los animales usados pudieron haber hecho crecimiento compensatorio por las condiciones en que se encontraban previo al experimento y además a que fueron implantados con 24 mg de Dietilstilbestrol (DES). Las aplicaciones de DES producen

incrementos que fluctúan entre 20 y 30% para la época de menor crecimiento del pasto (53).

Se observó un efecto claro de la dosis de nitrógeno sobre la ganancia diaria de peso, siendo significativos los coeficientes lineal y cuadrático ($P < 0.05$) y presentando tendencias positiva y negativa respectivamente (Figura 6). Esto implica que a medida que aumenta hasta alcanzar un punto máximo para luego disminuir.

El aumento diario de peso es función de dos factores que son: la calidad y la cantidad de forraje. Aunque ambos actúan en conjunto, la cantidad de forraje disponible tiene un efecto de mayor trascendencia, ya que si no existe no puede haber aumentos de peso. A medida que aumenta la cantidad de forraje disponible, la calidad adquiere mayor relevancia. En cargas livianas, donde la cantidad de forraje no es limitante, la calidad juega un papel importante, ya que permite un mejor aprovechamiento del forraje por parte de los animales. En el presente trabajo, a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno la calidad del forraje, en este caso medido a través del contenido de proteína cruda y digestibilidad aumentó en presiones livianas de 5 a 13.5% y de 30 a 52%, respectivamente.

En presiones de pastoreo altas, el forraje es de buena calidad siendo el efecto principal del nitrógeno sobre la cantidad de forraje producido, que es el factor limitante debido a la alta carga usada.

A bajo nivel de nitrógeno la calidad del forraje es importante, ya que aunque el animal puede ejercer selección sobre su alimento no podrá aumentar su ADP si el suelo no tiene suficiente fertilidad

para producir forraje de calidad.

Al observar las presiones de pastoreo livianas (6.5 y 7.1 kg MS/100 kg PV) se aprecia un efecto claro de calidad de forraje a medida que aumenta el nitrógeno aplicado. La escasa diferencia observada entre ellas se debe a que el poco forraje nuevo producido no permite un mayor aumento de peso en los animales. Si se aumenta la disponibilidad, posiblemente no se lograría una mejoría de los valores obtenidos en cada nivel de nitrógeno llegándose a valores asintóticos de ADP debido a que ya existe una disponibilidad suficiente de forraje.

La baja en el ADP que se produce principalmente a altas disponibilidades (6.5 y 7.1 kg MS/100 kg PV) y alto nitrógeno (816 y 955 kg N/há/año) se puede deber a la función matemática usada en el análisis.

En las condiciones de Turrialba y con las dosis de nitrógeno actualmente en uso en la estación experimental (250 kg N/há/año) la pradera de pasto Estrella puede proporcionar nutrimentos para cubrir los requerimientos de mantención de alrededor de 15 animales de 300 kg de PV o permitir una ganancia diaria de 0.60 kg/día a 9.3 animales del mismo peso.

4.2.3 Efectos sobre la producción por Hectárea

En la figura 7 se presenta el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la producción de carne por hectárea. Se aprecia que a medida que aumenta la disponibilidad de forraje por animal aumenta la producción por hectárea llegando al punto máximo de 6.4 kg/há/día con disponibilidades de 4.9 kg de MS/100 kg

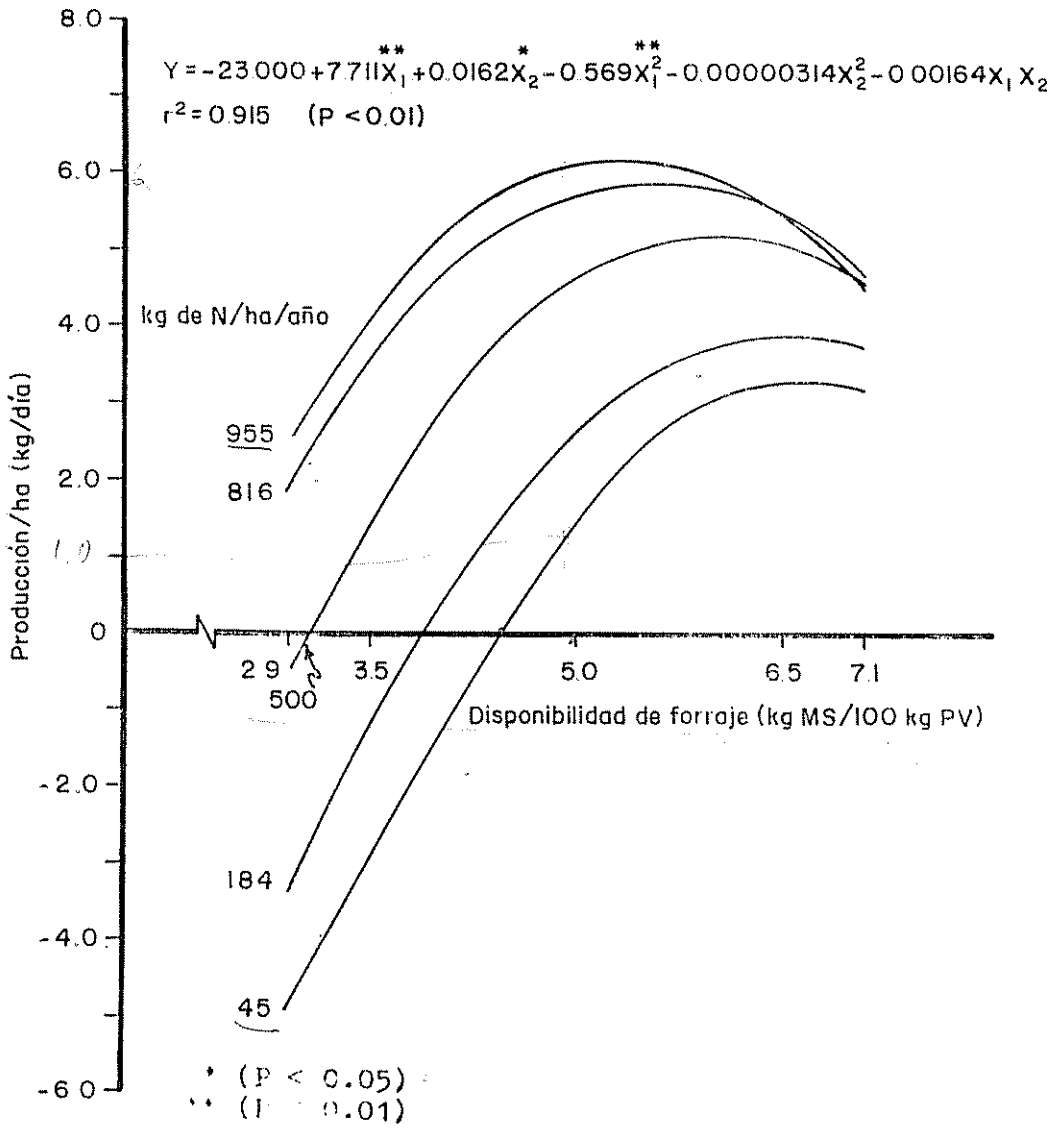


Fig. 7. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la producción por hectárea.

FV y con dosis de nitrógeno de 1298 kg/há, luego comienza a disminuir lo que estaría de acuerdo a lo obtenido por Cubillos (22), Jones y Sandland (36) y Mott (47).

Existe significancia ($F < 0.01$) de los coeficientes lineal y cuadrático siendo el primero positivo y el segundo negativo para el efecto de la presión de pastoreo y positivo el coeficiente lineal para el efecto del nitrógeno ($P < 0.05$). Debido a que en el presente ensayo las presiones de pastoreo definidas como livianas y muy livianas estaban cercanas a la óptima y variaron hasta presiones de pastoreo muy pesadas no se obtuvieron los valores asintóticos para el aumento de peso por animal. Esto no permite extrapolar para encontrar el punto en que la producción por hectárea se haría nula. En la práctica aunque la carga sea infinitamente pequeña siempre habrá algo de producción, aunque a esos niveles si la producción por animal es constante la producción por hectárea será solo función de la carga animal.

En la figura 8 basado en los valores de predicción se presenta la producción por animal y la producción por há a diferentes niveles de disponibilidad de pasto con una dosis de nitrógeno de 500 kg/há/año. El punto de máxima producción por animal no coincide con el punto de máxima producción por hectárea, lo que es similar a lo obtenido por otros autores (22, 47). La máxima producción por há se obtiene con una disminución de un 9% en la ganancia diaria, que es algo menor a lo encontrado por Mc. Meekan (42) para vacas lecheras en Nueva Zelancia. La razón de esta disminución puede estar en que aún

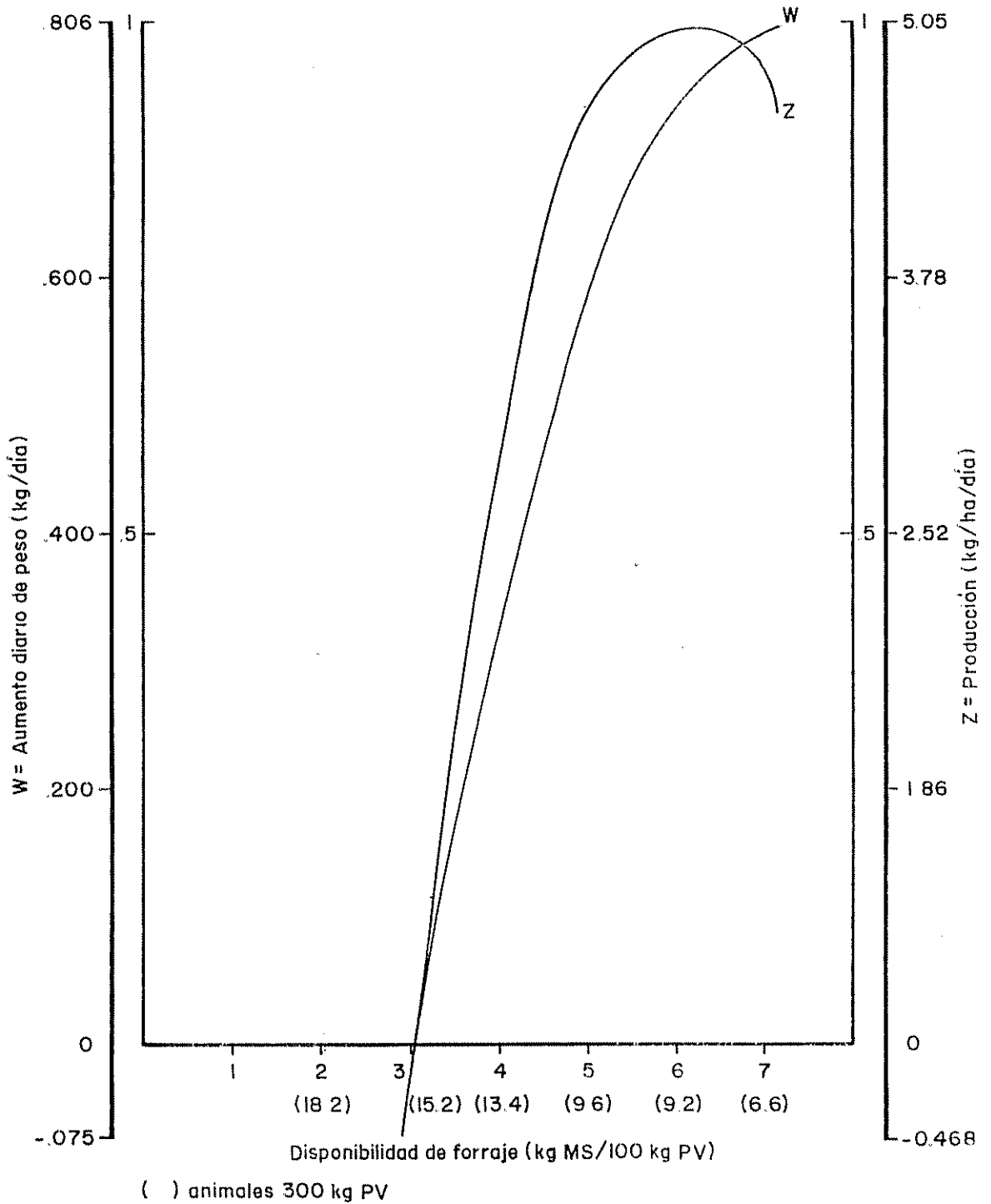


Fig. 8. Efecto de la disponibilidad de forraje sobre el aumento diario de peso por animal y la producción por hectárea.

a disponibilidades de 7.1 kg MS/100 kg PV el ADP en este experimento sigue incrementándose. Si se hubiera logrado el valor de disponibilidad que permitiera que el ADP fuera asintótico es probable que el porcentaje de disminución en ADP para lograr máxima producción por hectárea fuera similar al obtenido por Mc. Meekan (42).

Con los valores máximos de producción por hectárea obtenidos y a las dosis de nitrógeno usadas es posible establecer que con altas dosis de nitrógeno se puede llegar a producir en las condiciones de Turrialba más de 2300 kg de carne al año por hectárea. La figura 7 muestra que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno la máxima producción/há se obtiene cada vez a niveles más bajos de disponibilidad.

En la figura 9 obtenida a partir de los valores de predicción para disponibilidades de 5 kg MS/100 kg FV y diferentes niveles de nitrógeno es posible observar el efecto que causa el nitrógeno sobre la producción por hectárea. El nitrógeno no tiene efecto sobre la carga, pero sí afecta el aumento diario de peso de los animales. La producción por hectárea a ese nivel de disponibilidad de pasto solo es función de los cambios en la calidad del forraje que se ofrece al ganado. Estos cambios ocurren por efecto del nitrógeno sobre la calidad del pasto y se mide a través de las ganancias individuales de peso. El efecto del nitrógeno sobre la cantidad de forraje no fue lo suficientemente grande para producir variaciones en la carga animal de la pradera.

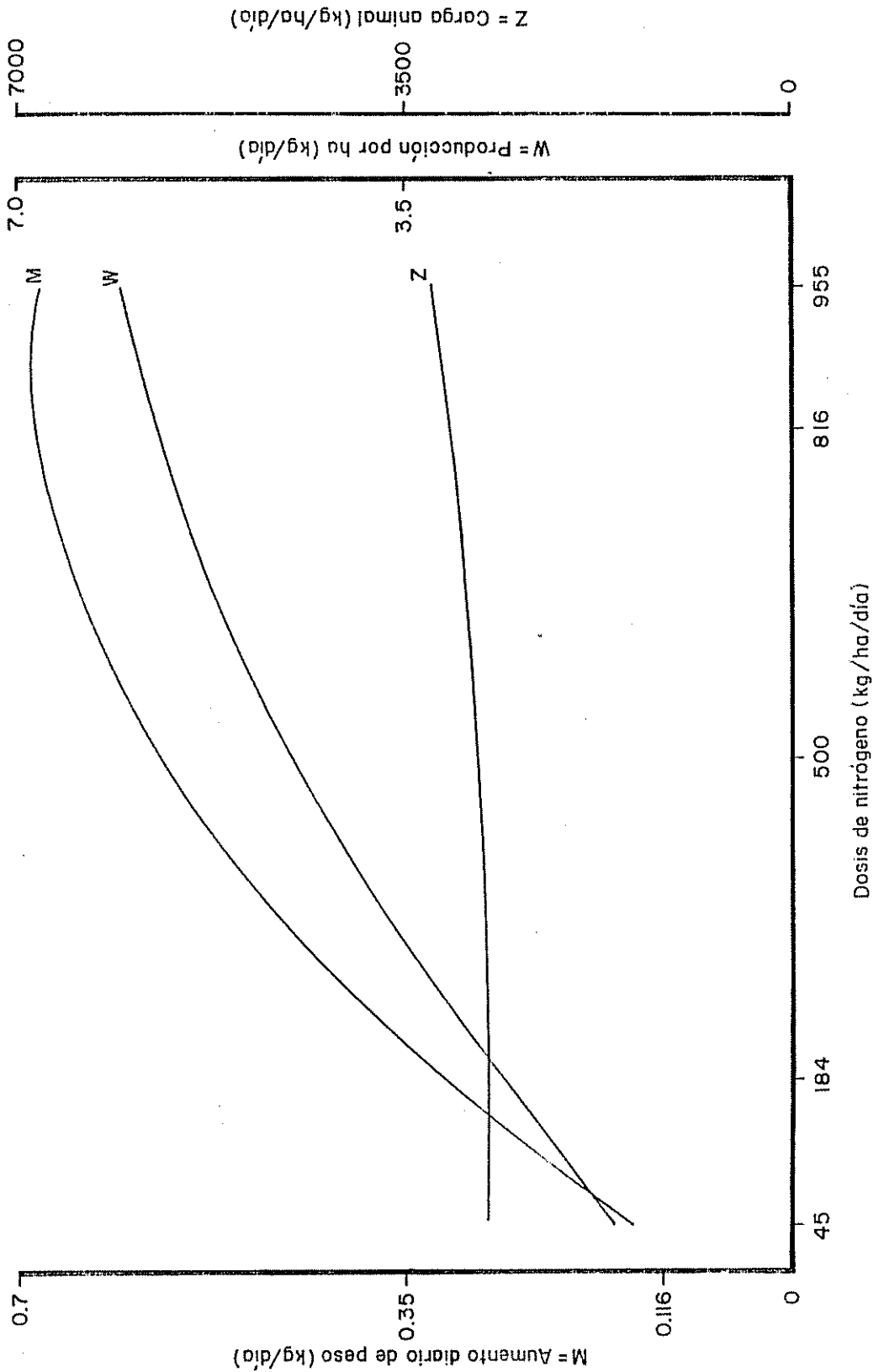


Fig. 1. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicada sobre la carga animal, el aumento diario de peso y la producción por hectárea.

4.3 Efectos sobre el Suelo

4.3.1 Efectos sobre la Acidez del Suelo

Los valores encontrados se presentan en los cuadros 15 y 47 del Apéndice. En general se observó una tendencia significativa ($P < 0.05$) a aumentar el pH del suelo a medida que transcurrió el experimento. Debido a que no se observó variación o efecto a los diferentes niveles de cada uno de los factores estudiados, parece lógico suponer que el clima puede ser el causante de estas variaciones. Específicamente puede anotarse que el muestreo inicial se realizó al final del período de lluvias y el final al término del período de menor pluviosidad. Podría también existir un efecto de la carga animal sobre esta característica del suelo, ya que por efecto del reciclaje de nutrientes solo una pequeña parte de éstos salen del sistema. Este efecto puede favorecer un mejor equilibrio de los nutrientes en el suelo e impedir así variaciones en el pH por pérdida de algunos de ellos.

4.3.2 Efectos sobre el Contenido de Nitrógeno del Suelo

Los valores encontrados se presentan en los cuadros 16 y 48 del Apéndice. Existe una tendencia a aumentar el contenido de nitrógeno del suelo a medida que transcurrió el experimento, sin embargo, fue independiente del nivel de nitrógeno usado lo que concuerda con lo observado por Carrillo (16) en condiciones similares. Debido a la época en que se llevó a cabo el experimento y al relativamente corto

periodo experimental, desde el punto de vista de la pradera sería posible esperar que en un periodo más largo de tiempo ocurran cambios en el contenido de nitrógeno, especialmente en aquellos tratamientos con dosis de nitrógeno altas.

4.3.3. Efectos sobre la Compactación del Suelo

Los valores encontrados se presentan en los cuadros 35 y 36 del Apéndice.

Se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) a aumentar la compactación del suelo a medida que transcurrió el experimento, llegándose a valores de 20% superiores al obtenido al inicio del experimento. No hubo variación por efecto de los diferentes niveles de presión de pastoreo, lo que concuerda con lo obtenido por Ramírez (56) en Turrialba. Esto puede deberse a que el animal ejerce un efecto de compactación sobre el suelo por el hecho de estar presente en la pradera. En las condiciones de Turrialba, el elevado potencial productivo de forraje de praderas de pasto estrella, implica que aún a disponibilidades bajas de forraje por animal (7.1 kg MS/100 kg PV) se utilicen cargas elevadas cuando se expresan en animales por hectárea. En este experimento, las cargas más bajas fueron de 7.3 animales por hectárea, lo que puede ser responsable del nivel de compactación encontrado. Tal vez el uso de cargas extremadamente bajas pudiera haber resultado en menores valores de compactación del suelo.

El suelo como componente del sistema de producción animal debe recibir mayor atención en el futuro. Es necesario cuantificar los efectos a largo plazo de la carga animal sobre el suelo y la productividad de las praderas en el Trópico. La intensificación de la

producción significa mayor producción de forraje que debe ser usado por mayor cantidad de animales. Estos a su vez ejercerán un mayor efecto sobre el suelo en términos de la compactación y el reciclaje de nutrientes. La posibilidad de mantener las praderas productivas por largo tiempo depende de la acción de muchos factores que es necesario conocer.

4.4 Análisis Económico

En la figura 10 y en el cuadro 37 del Apéndice se presenta el efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la utilidad neta (UN). Se observa una tendencia a aumentar la UN a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno aplicado en presiones de pastoreo elevadas. Cuando la disponibilidad de forraje por animal es alta, las variaciones en UN por efecto de la fertilización nitrogenada son mínimas.

A cargas livianas o moderadas (7.1 ó 6.5 kg MS/100 kg PV) la aplicación de fertilizante no produce grandes aumentos en UN, mas aún, con disponibilidades de 7.1 kg de MS/100 kg PV la tendencia es a disminuir con cada incremento en la dosis de nitrógeno. Al permitir disponibilidades de 6.5 kg MS/100 kg PV y fertilizar con dosis de 45 kg de N/há/año la UN fue de \$1548/há/año comparada con \$2049/há/año a dosis de nitrógeno de 500 kg/há/año. Este aumento de un 32% debido a los bajos valores de utilidad que se logran, no representa un incentivo para que el productor invierta en fertilizantes para la producción de carne. Esto está relacionado con la

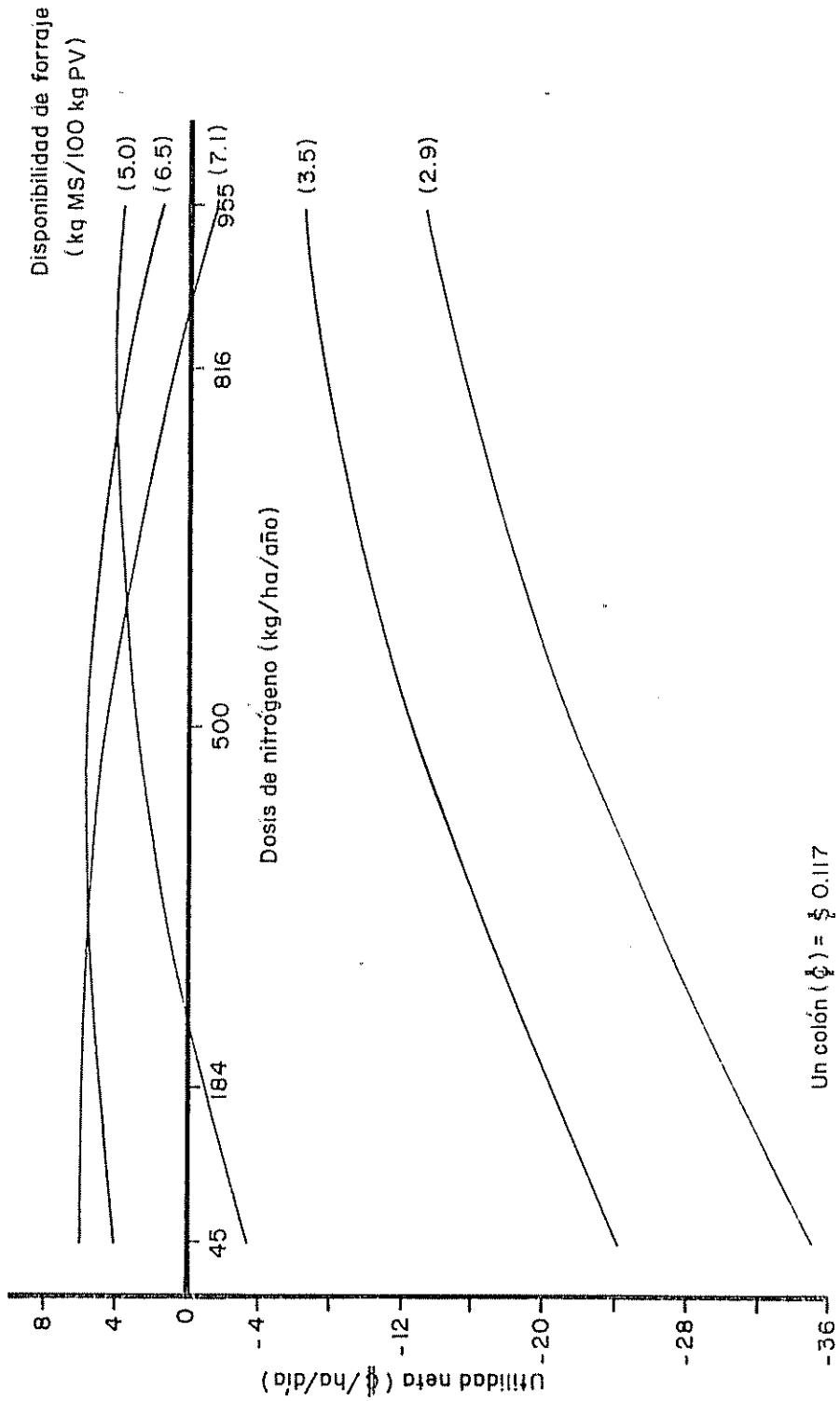


Fig. 10. Efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la utilidad neta.

eficiencia de uso del nitrógeno para producir carne. La figura 10, muestra que el efecto del nitrógeno es más marcado a medida que la disponibilidad de forraje por animal disminuye. En presiones de pastoreo que permiten disponibilidades de 5.0 kg MS/100 kg FV la eficiencia de uso del nitrógeno para producir carne es baja si se le compara con presiones pesadas como son las que permiten disponibilidades de 3.5 kg MS/100 kg FV (1,78 vs 2,68 kg carne/día/kg N aplicado). Si la disponibilidad de forraje aumenta a 6.5 kg MS/100 kg FV la eficiencia disminuye a 0,87 kg carne/día/kg N aplicado. Esto explica la tendencia de la utilidad neta en cada una de las presiones de pastoreo usadas.

Desde el punto de vista económico, al permitir una disponibilidad de forraje alta por animal (6.5 kg MS/100 kg FV) el beneficio que se obtiene en el aumento en producción por hectárea por aplicación de fertilizante se pierde por el costo de producir ese aumento. A este nivel, por cada kilogramo de nitrógeno aplicado con un valor de \$4.74 se producen 0.85 kg carne/día/há que significa \$3.91. En presiones altas aunque la eficiencia de uso de nitrógeno aumenta, debido a la baja producción por hectárea la utilidad neta es baja o negativa por lo tanto tampoco conviene aplicar nitrógeno. Estos datos permiten afirmar que la producción de carne es poco eficiente en el uso del nitrógeno aplicado si se le compara con la producción de leche para dosis de nitrógeno consideradas como adecuadas en las condiciones de Turrialba.

La UN por hectárea para vacas de lechería que producen 6.0 lts*/animal es de \$6800 cuando las praderas reciben una fertilización nitrogenada de 250 kg/há/año. En cambio, praderas similares con igual nivel de fertilización resultan en una UN por hectárea de \$1825 cuando se usa una presión de pastoreo de 6.5 kg MS/100 kg PV en producción de carne **.

Cabe hacer notar además que en cálculo para la producción de carne no se consideró los costos de la tierra y otros que si se contemplan en el cálculo para la producción de leche.

Pareciera entonces que las condiciones actuales de mercado, para lograr una UN razonable en producción de carne es necesario trabajar con disponibilidades altas de forraje por animal y hacer el menor uso posible de insumos, especialmente en lo que se refiere a fertilizante.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente experimento se puede concluir lo siguiente:

1. La producción por animal es afectada por la disponibilidad de forraje y el efecto de disminución en la disponibilidad de forraje por animal es menos marcada cuando se aumenta la dosis de nitrógeno aplicada.
2. Como la producción por animal es función de la calidad y cantidad ^{del pasto} ofrecido, a mayor disponibilidad de forraje el nitrógeno aumenta la calidad y con disponibilidades bajas aumenta la cantidad de forraje disponible.
3. Al permitir disponibilidades de forraje de 4.9 kg MS/100 kg FV en praderas fertilizadas con 1298 kg N/há/año se producen 6.4 kg carne/há/día que equivalen a una producción anual de más de 2300 kg carne por hectárea.
4. No fue posible notar efectos definidos de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la acidez, contenido de nitrógeno y compactación del suelo en los 7 meses que duró el experimento.
5. La mayor eficiencia económica de 47.7% se obtiene con disponibilidades de forraje de 6.5 kg MS/100 kg FV y dosis de nitrógeno de 184 kg N/há/año.

Los resultados del trabajo permiten recomendar lo siguiente:

1. Mejorar el método de muestreo que actualmente se utiliza en experimentos de pastoreo por su baja precisión en estimar la cantidad de forraje disponible, así como la tasa de crecimiento y otros parámetros asociados con la pradera.
2. Observar a largo plazo el efecto del animal sobre este tipo de praderas en lo referente a productividad, reciclaje de nutrientes y efectos sobre el suelo.
3. Adoptar en esta zona y en las condiciones actuales de mercado prácticas de manejo que incluyan 7 días de pastoreo y 21 días de descanso por ser un periodo aceptable para el buen desarrollo de la planta, disponibilidades altas por animal (7.1 kg MS/100 kg FV) y hacer uso de la menor cantidad de insumos posible.

6. RESUMEN

En la Estación Experimental Ganadera del CATIE, Turrialba, Costa Rica, se efectuó un experimento en praderas establecidas de pasto estrella (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var. nlemfuensis) para evaluar el efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la producción, contenido de proteína, digestibilidad "in vitro" de la MO y evolución de las praderas, así como la producción animal que de ellas se obtiene, además de determinar el efecto de estos factores sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo y la eficiencia económica de la producción animal.

Se usó un diseño rotatable de composición central, de la forma $2^2 + 2 \times 4 + 2$, en 14 parcelas de tamaño variable dependiendo principalmente de la presión de pastoreo impuesta. Se utilizó un área de reserva para la mantención de los animales flotantes que no estaban en uso.

El estudio muestra que existe un efecto marcado de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento del pasto. A medida que aumenta la presión de pastoreo se produce un incremento en la tasa de crecimiento hasta un punto máximo para luego decaer. La fertilización nitrogenada aumentó los valores de la tasa de crecimiento a cada nivel de presión de pastoreo. El valor máximo de 20,4 kg/há/día se logró con disponibilidades de forraje por animal de 4.0 kg MS/100 kg FV y 1036 kg N/há/año.

Para disponibilidad real de forraje se encontró efecto signifi-

cativo ($P \leq 0.01$) de la interacción nitrógeno presión de pastoreo. Aumentos en la presión de pastoreo disminuyen la disponibilidad real de forraje, siendo disminuído el efecto al incrementar la dosis de nitrógeno. Los valores máximos de 3.6 ton/há/ciclo se obtuvieron con disponibilidades de forraje por animal de 6.2 kg MS/100 kg PV y 568 kg N/há/año.

Se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) de la interacción nitrógeno presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda y digestibilidad de la materia orgánica del pasto. A medida que aumenta la disponibilidad de forraje por animal disminuyen tanto el contenido de proteína cruda como la digestibilidad de la MO. La aplicación de nitrógeno disminuyó este efecto en todos los niveles de disponibilidad de forraje. Los valores máximos obtenidos fueron de 11.8% para el contenido de proteína con disponibilidades de 4.0 kg MS/100 kg PV y 844 kg N/há/año y 46,2% de digestibilidad de la MO con disponibilidades de 4.1 kg MS/100 kg PV y 718 kg N/há/año. Se observó también un efecto de épocas para el contenido de proteína cruda y digestibilidad de la MO, especialmente entre el primer ciclo y el resto.

No hubo efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica de la pradera.

Existe un efecto marcado de la presión de pastoreo sobre la carga animal. Aumentos en la presión de pastoreo producen incrementos en la carga animal.

Se encontró un efecto marcado de la presión de pastoreo y la

fertilización nitrogenada sobre el aumento diario de peso (ADP) de los animales. Aumentos en la disponibilidad de forraje por animal producen incrementos en el aumento diario de peso los que llegan a un máximo, pero dentro de los niveles usados no alcanzan el valor asintótico. El nitrógeno por aumento en la calidad del forraje, produjo aumentos en el ADP a todos los niveles de presión de pastoreo. Los valores máximos obtenidos de 0.878 kg/día/an se lograron con disponibilidades de 7.0 kg MS/100 kg PV y 808 kg N/há/año.

Existe un efecto marcado de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre la producción por hectárea. Al aumentar la disponibilidad de forraje por animal la producción/há aumenta hasta llegar a un máximo para luego decaer. El nitrógeno tendió a aumentar los valores de producción/há a todos los niveles de presión de pastoreo. Los valores máximos obtenidos de 6.4 kg/há/día se lograron con disponibilidades de forraje de 4.9 kg MS/100 kg PV y 1298 kg N/há/año, lo que significa 2330 kg de carne/há/año.

No se observó efecto de la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la acidez, contenido de nitrógeno y compactación del suelo.

La máxima eficiencia económica (47.7%) se logra con disponibilidades de 6.5 kg MS/100 kg FV y 184 kg N/há/año.

6a. SUMMARY

A grazing experiment on African Star grass (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst var. nlemfuensis) was conducted at Animal Production Experiment Station, CATIE, Turrialba, Costa Rica. The objective was the evaluation of the effects grazing pressure and nitrogen fertilization on (1) dry matter production, protein content and in vitro digestibility of organic matter, (2) evolution of pastures, (3) animal production, (4) physical and chemical properties of the soil, and (5) economic efficiency of animal production.

A rotatable central composite design of the form $2^2 + 2 \times 4 + 2$ was used on 14 plots of variable size largely depending on the grazing pressure imposed. A reserved area was kept to maintain unused floating animals.

The study showed a marked effect of grazing pressure and nitrogen fertilization on the rate of growth of grass. As grazing pressure increased an increment in the rate of growth was obtained up to a maximum value followed by a reduction in the values. Nitrogen fertilization improved the rate of plant growth at every level of grazing pressure. The maximum growth rate (20.4 kg/ha/day) was obtained with a grass availability of 4 kg DM/100 kg liveweight and 1,036 kg N/ha/year.

Nitrogen fertilization level and grazing pressure interacted significantly ($P < 0.01$) regarding true grass availability. Increasing grazing pressure resulted in diminishing true forage availability

values although this effect was attenuated by increasing the level of nitrogen fertilization. The maximum of 3.6 metric tons/ha/grazing cycle was obtained with a forage availability value of 6.2 kg MS/100 kg liveweight and 568 kg N/ha/year.

A significant interactive effect ($P < 0.05$) was also observed on, crude protein content and organic matter digestibility. As forage availability increased both crude protein and digestibility values decreased. The application of nitrogen reduced these effects at all grass availability levels. The maximum value of 11.8% crude protein was obtained with an availability of 4 kg DM/100 kg liveweight and 844 kg N/ha/year. The highest organic matter digestibility value was obtained with an availability of 4.1 kg DM/100 kg liveweight and 718 kg N/ha/year. Season also affected the crude protein content and digestibility of organic matter, especially between the first grazing cycle and the remainder of the experiment.

No significant effects of grazing pressure and nitrogen level on the botanical composition in the various plots, soil acidity, soil nitrogen content and soil compactness were observed.

Grazing pressure had a marked effect on animal carrying capacity of Star grass pastures. Increases in grazing pressure resulted in a greater carrying capacity.

Both grazing pressure and nitrogen fertilization markedly influenced the average daily weight gain. Increases in forage availability produced increases in daily weight gain although no asymptotic value was reached in the experimental range studied. Nitrogen

improved forage quality which resulted in increases in daily weight gain regardless of the grazing pressure used. The maximum weight gain was 0.878 kg/day/animal which was obtained when the grass availability was 7 kg DM/100 kg liveweight and when the nitrogen level applied was 808 kg/ha/year.

Animal production responded markedly to grazing pressure and nitrogen fertilization. As grass availability increased, animal production also increased, reaching a maximum, and then decreased. In contrast, nitrogen fertilization improved animal production at all levels of grazing pressure. The maximum value of 6.4 kg/ha/day was obtained when grass availability was 4.9 kg DM/100 kg liveweight and with a nitrogen fertilization rate of 1298 kg N/ha/year. This means the production of 2330 kg of beef on the hoof/ha/year.

Maximum economic efficiency (47.7%) was achieved when grass availability was 6.5 kg DM/100 kg liveweight and fertilization rate was 184 kg N/ha/year.

7. LITERATURA CITADA

1. ALDER, F.E., COWLISHAW, S.J., NEWTON, K.E. and CHAMBERS, D.T. The effect of level of nitrogen fertilizer on beef production from grazed perennial rygrass-white clover pastures. Part 1, An. Irrigation Experiment. J. Br. Grassld. Soc. 22(3):194-203. 1967.
2. ALPIZAR, J. Consumo de banano verde y crecimiento de bovinos de carne a diferentes presiones de pastoreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1974. 52 p.
3. AGYARE, J.A. and WATKIN, B.R. Some effects of grazing management on the yield and its components of some pasture grasses. J. Br. Grassland Soc. 22(3):182-191. 1967.
4. BARNES, D.L. Growth and management studies on Sabi Panicum and Star grass. Part I. Rhodesia Agric. J. 57:399-410. 1960.
5. BLASER, R.E. Efecto del animal sobre la pastura. In Paladines, O. (ed.) Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Montevideo, IICA, Zona Sur. 1966. pp. 1-20.
6. BATEMAN, J.V. Nutrición Animal. Manual de Métodos analíticos. Herrero, México. 469 p. 1970.
7. BROCKMAN, J.S., ROPE, C.M. and STEVENS, M.T. The effect of grazing animal on the nitrogen status of grass swards. J. Br. Grassld. Soc. 26:209. 1971.
8. BROWN, R.H. and BLASER, R.E. Leaf area in pasture growth. Herbage Abstracts 38(1):1-9. 1968.
9. BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Aust. J. Agric. Res. 7(5):377-386. 1956.
10. BRYANT, H.T., HAMMES, R.C. Jr., BLASER, R.E. and FONTENOT, J.P. The effect of stocking pressure on animal and acre output. Agronomy Journal 57:273-276. 1965.
11. BURNS, J.C., MOCHRIE, R.D., GROSS, M.D., LUCAS, H.L. and TEICHMAN, R. Comparison of set-stocked 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. p. 904.
12. CAMERON, I.H. and CANNON, D.J. Changes in the botanical composition of pasture in relation to rate of stocking with sheep, and consequent effects on wool production. In International Grassld. Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 640-643.

13. CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters. III. Relationship of pasture and animal parameters in, and general discussion of a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *J. Agric. Sci.* 67:217. 1966.
14. CARO-COSTAS, R. and CHANDLER, J.V. Effect of heavy rates of fertilization on beef production and carrying capacity of Napier grass pastures over 5 consecutive years of grazing under humid tropical conditions. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 56(3):223-227. 1972.
15. _____, CHANDLER, J.V. and ABRUÑA, F. Effect of four levels of fertilization on beef production and carrying capacity of Pangola grass pastures in the humid mountain region of Puerto Rico. *J. Agric. of the Univ. Puerto Rico* 56(3):219-222. 1972.
16. CARRILLO, F. Frecuencia de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de seis gramíneas tropicales. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1974. 87 p.
17. COCHRANE, W.G. y COX, G.M. Diseños experimentales. México, D.F. Trillas. 1965. 661 p.
18. _____. Sampling techniques. 2ed. New York, Wiley. 1963. pp. 334-338.
19. COLMAN, R.L. and HOLDER, J.M. Effect of stocking rate on butterfat production of dairy cows grazing Kikuyu grass pasture fertilized with nitrogen. *Proc. Aust. Soc. An. Production* 7:129-132. 1968.
20. _____, and LAZENBY, 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.
21. COOPER, J.P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. *Herbage Abstracts* 40(1):1-12. 1970.
22. CUBILLOS, G. The influence of grazing pressure upon the output of beef per hectare on Red Clover and Ryegrass pasture. Ph.D. dissertation. Purdue University. 1968. 184 p.
23. CUBILLOS, G., VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Sistemas intensivos de alimentación a pastoreo. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1974. 10 p. (Mimeogg.)
24. DONEFER, E., MOSI, A.K. The effect of nitrogen fertilization on the nutritive value of mixed herbage fed fresh and dried. In International Grassland Congress, 10th. Helsinki, 1966. Proceedings. Helsinki. University of Helsinki Press, 1966. pp. 717-719.

25. FERNANDO, G.W. and CARTER, O.G. The effect of level of nitrogen fertilizer applied to forage oats on the grazing behaviour of dairy cattle. In International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 853-856.
26. ESCUDER, J.C., ANDREWS, R.P. and HOLMES, W. The effects of nitrogen, stocking rate and frequency of grazing by cattle on the output of pasture. J. Br. Grassland Soc. 26:79. 1971.
27. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 212 p.
28. GARDNER, A.L. y RENDON. Frecuencia y severidad de pastoreo en ovinos sobre una pradera de Falaris y Trébol Blanco. ALPA. Memoria 4:111-125. 1969.
29. GARWOOD, E.A. and TYSON, K.C. Losses of nitrogen and other plant nutrients to drainage from soil undergrass. J. Agric. Sci. 80:303-312. 1973.
30. GREENHALGH, J.F. and REID, G.W. The effect of grazing intensity on herbage consumption and animal production. I. Short term effects on strip-grazed dairy cows. J. Agric. Sci. 67(1): 13-23. 1966.
31. 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.
32. HULL, J.L., MEYER, J.H. and KROMANN, R. Influence of stocking rate on animal and forage production from irrigated pasture. J. Animal Science 20:46-52. 1961.
33. HUNT, I.V. Some implications of death and decay in pasture production. J. Br. Grassland Soc. 20(1):27-31. 1965.
34. _____. Studies of response to fertilizer nitrogen. Part 4. Effects of fertilizer nitrogen on the chemical composition of primary growth of perennial Ryegrass. J. Br. Grassland Soc. 28:171-179. 1973.
35. IVINS, J.D. The interpretation of animal production data in grassland evaluation. In J.D. Ivins (Ed.) The measurement of grassland productivity. Proc. University of Nottingham. Sixth Easter School in Agric. Sci. Butterworths Sci. Publ., London 6:148-155.
36. JONES, R.J. and SANDLAND, R.L. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. J. Agric. Sci. 83:335-342. 1974.
37. LANGLANDS, J.P. and BENNETT, I.L. Stocking intensity and pastoral production I. Changes in the soil and vegetation of a sown pasture grazed by sheep at different stocking rates. J. Agric. Sci. 81:193-204. 1973.

38. LANGLANDS, J.O. and BENNETT, I.L. Effect of stocking rate on the butterfat production II. Herbage intake of Merino sheep grazed at different stocking rate. *J. Agric. Sci.* 81:205-209. 1973.
39. LLOYD DAVIES, E.A., GREENWOOD, E.A.N. and WATSON, E.R. The effect of nitrogenous fertilizer on wool production and liveweight of Merino wether sheep in South Western Australia. *Proc. Aust. Soc. An. Prod.* 6:222-228. 1966.
40. MATCHES, A.G. Influence of intact tillers on height of stubble on growth responses of tall fescue. (*Festuca arundinacea*). *Crop. Sci.* 6:484-487. 1966.
41. McDOWELL, R.L. et al. Latin American tables of feed composition. University of Florida. 1974. 509 p.
42. McMEEHAN, C.P. and WALSHE, M.J. The interrelationship of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 61:147. 1963. -166
43. MEARS, P.T., HUMPHREYS, L.R. Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. I. Pasture nitrogen requirements and concentration distribution of dry matter and botanical composition. *J. Agric. Sci.* 83(3):451-467. 1974.
44. MEARS, P.T. and HUMPHREYS, L.R. Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. II. Cattle growth. *J. Agric. Sci.* 83(3):469-478. 1974.
45. MINSON, D.J. Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* and *Pennisetum clandestinum*. *Aust. J. Exp. Agric. & An. Husb.* 13:153-157. 1973.
46. MOORE, J.E. and DUNHAM, D.G. Procedure for this Two-Stage in vitro Organic Matter Digestion of Forages. University of Florida. 1971. (Mimeog.).
47. MOTT, G.O. Grazing pressure and measurement of pasture production. In International Grassland Congress, 8th. Reading, 1960. Proceedings Reading, University of Reading Press, 1960. p. 606-611.
48. _____. Interpretación correcta de resultados con animales en experimentos de pastoreo. In Paladines, O. (ed.). Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Montevideo, IICA, Zona Sur. p. 73-96. 1966.
49. MORRIS, R.M. The use of cutting treatments designed to simulate defoliation by sheep. *J. Br. Grassld. Soc.* 25(3):198. 1970.
50. NG, T.T. Comparative responses of some tropical grasses to fertilizer N in Sarawak, E. Malaysia. *Trop. Grassld.* 6(3):229-235. 1972.

51. PETERSEN, R.G. y LUCAS, H.L., Jr. Métodos de cómputo para la evaluación de pasturas por medio de la respuesta animal. Trad. por Hugo Soplín V. y H.D. Gross. Lima, Perú, Misión Agrícola de la Universidad Nacional Agraria, 1971. 19 p. 1965.
52. _____, LUCAS, H.L. and MOTT, G.O. Relationship between rate of stocking and per animal and per acre performance on pasture. *Agron. J.* 57(1):27-30. 1965.
53. QUINN, L.R., MOTT, G.O., BISSCHOFF, W.V.A. and FREITAS, L.M.N. Influencia del estilbestrol en el desarrollo de terneros mamon-tones y novillos Cebú criados en pastizales. Instituto IBEC de Investigaciones Técnicas Bol. No. 23 (Brasil) 36 p.
54. _____, MOTT, G.O., BISSCHOFF, W.V.A. and FREITAS, L.M.N. Production of beef from winter vs. summer nitrogen fertilized Colonial Guinea grass (*Panicum maximum*) pastures in Brazil. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings Queensland, University of Queensland Press, 1970. p. 832-835.*
55. RAMIREZ, A. Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de pasto Estrella. Tesis Mg. Sci. 118 p. 1974. *ENTRE. (1-2).*
56. REID, D. Studies of the cutting management of grass-clover swards III. The effects of prolonged close and lax cutting on herbage yields and quality. *J. Agric. Sci.* 59:359. 1962.
57. RODEL, M.G. Herbage yields of five grasses and their ability to withstand intensive grazing. In *International Grassland Congress, 11th., Queensland, 1970. Proceedings Queensland, University of Queensland Press, 1970. pp. 618.*
58. SPEDDING, C.R.W. and DIEKMAHNS, E.C. Grasses and legumes in British Agriculture. Grassland Research Institute, Hurley. Bull. 49. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Commonwealth Agricultural Bureaux. 511 p. 1972.
59. VOHNOUT, K. and JIMENEZ, C. Supplemental by-product feeds in pasture-livestock feeding systems in the tropics. *Tropical Forages in Livestock Production Systems. ASA Special Publication 24:71-82. 1975.*

APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de los trataminetos sobre la tasa de crecimiento del pasto.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	341,11	68,22	3,93
Parte lineal	2	245,18		
Parte cuadrática pura	2	75,45		
Parte cuadrática mixta	1	20,47		
Desvío del modelo	7	132,02		
Error puro	1	6,66		
Total	13	479,79		

Cuadro 2. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad real de forraje.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	1,02	0,20	17,78
Parte lineal	2	0,63		
Parte cuadrática pura	2	0,02		
Parte cuadrática mixta	1	0,36		
Desvío del modelo	7	0,09		
Error puro	1	0,00		
Total	13	1,12		

Cuadro 3. Coeficiente de la fundición de respuesta para el contenido de Proteína Cruda y digestibilidad "in vitro" de la materia orgánica del forraje (10^{-6}).

V.R.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{22}	b_{33}	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
Y_1	9479980.0	4119812.0	-1881562.0	2982.0	-261726.0	175050.0	-2.0	-391643.0	-2068.0	241.0	559.0
Y_2	45419960.0	5271592.0	-3576246.0	14230.0	-177801.0	327302.0	-13.0	-870040.0	-5164.0	121.0	1504.0

Y_1 = % de Proteína Cruda ($R^2 = 0.624$).

Y_2 = % de Digestibilidad de Materia Orgánica ($R^2 = 0.667$).

b_1 = coeficiente de Época.

b_2 = coeficiente de Presión de Pastoreo.

b_3 = coeficiente de Nitrógeno.

b_i = coeficiente lineal.

b_{ij} = coeficiente cuadrático.

b_{ijk} = coeficiente interacción.

V.R. = variable de respuesta.

* = ($P < 0.05$)

** = ($P < 0.01$)

Cuadro 4. Coeficientes de la función de respuesta para el contenido de Proteína Cruda del pasto (10^{-5}).

Variable de Respuesta	b_0	b_1	b_2	b_{11}	b_{22}	b_{12}	R^2
Y_1	99504.0	349698.0	693.5	-43070.7*	-1.3*	122.3	0.549
Y_2	1296304.0	-53772.1	7.3	-7461.8	-0.7*	203.4*	0.764
Y_3	2737765.0	-669778.0*	-115.7	57068.0*	-0.0	154.5	0.629
Y_4	1259640.0	-86227.1	-405.7	3902.2	-0.0	13.1*	0.647
Y_5	265944.0	-508540.5*	-1437.1*	28527.4*	-0.2	337.3	0.919
Y_6	2865896.0	-527172.5*	-1744.4*	17623.1	-0.4	-546.5*	0.874
Y_7	3819360.0	-954096.6**	-1398.6	69659.5*	-0.2	356.7*	0.845

$Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7 = \% \text{ Proteína Cruda del Pasto en Ciclos}$

1, 2, 3, 7.

$b_1 =$ coeficiente de presión de pastoreo

$b_2 =$ coeficiente de nitrógeno

$b_i =$ coeficiente lineal

$b_{ii} =$ coeficiente cuadrático

$b_{ij} =$ coeficiente interacción

** = (P 0.01)

* = (P 0.05)

Cuadro 5. Coeficientes de la función de respuesta para la digestibilidad "in vitro" de la Materia Orgánica del pasto (10^{-5}).

Variable de Respuesta	b_0	b_1	b_2	b_{11}	b_{22}	b_{12}	R^2
Y_1	3583710.0	-41550.4	1913.9	-9528.9	-2.1	67.0	0.247
Y_2	5084817.0	-245974.0	-177.7	-2415.0	-1.3*	465.4*	0.791
Y_3	9758464.0	-1821207.4**	-2582.8	-119671.2*	-1.1	994.2**	0.858
Y_4	5984765.0	-750759.6*	1008.3	68145.5*	-0.1	-31.1	0.920
Y_5	5184733.0	-387540.9	-731.0	4683.0	-1.0*	635.2**	0.968
Y_6	5282473.0	-391136.7	-202.0	-4718.0	-2.1*	776.4*	0.912
Y_7	9337831.0	-1464178.8	-3701.8	61446.7	-1.5	1386.2**	0.850

$Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7$ = % Digestibilidad de la M.O. del pasto en ciclos 1, 2, ..., 7.

b_1 = Coeficiente de presión de pastoreo

b_2 = coeficiente de nitrógeno

b_i = coeficiente lineal

b_{ii} = coeficiente cuadrático

b_{ij} = coeficiente interacción

** = (P 0.01)

* = (P 0.05)

Cuadro 6. Valores por ciclo y promedio para el experimento de protei
na cruda del pasto (en porcentaje de la Materia Seca) para
Praderas con diferentes presiones de pastoreo.

Ciclos de Pastoreo	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2.9	3.5	5.0	6.5	7.1
C ₁	6.96	7.86	7.03	6.36	6.77
C ₂	12.46	10.65	10.66	11.10	10.45
C ₃	13.80	13.90	11.70	12.30	13.50
C ₄	11.70	13.40	11.00	10.90	10.90
C ₅	12.30	12.30	10.40	10.50	10.20
C ₆	12.80	11.80	10.90	10.10	9.00
C ₇	14.30	14.80	12.00	11.90	11.30
\bar{X}	12.00	12.10	10.50	10.40	10.30

Cuadro 7. Valores por ciclo y promedio para el experimento de digestibilidad "in vitro" del forraje (en porcentaje de la Materia Orgánica) para praderas con diferentes presiones de pastoreo.

Ciclos de Pastoreo	Disponibilidad de Forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2.9	3.5	5.0	6,5	7.1
C ₁	39.59	42.03	37.00	37.53	41.51
C ₂	47.34	42.65	43.23	45.01	43.28
C ₃	52.35	57.22	44.10	48.43	46.27
C ₄	47.89	48.53	43.80	44.79	45.18
C ₅	43.50	43.63	41.40	42.20	43.05
C ₆	44.55	45.89	41.04	42.77	43.61
C ₇	50.99	55.04	44.47	46,08	47.46
\bar{X}	46.60	47.00	42.15	43.83	44.34

Cuadro 8. Valores por ciclo y promedio para el experimento de proteína cruda del pasto (en porcentaje de la Materia Seca) para praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Ciclos de Pastoreo	Dosis de Nitrógeno (kg N/há/año)				
	45	184	500	816	955
C ₁	6.20	6.95	7.56	7.27	5.93
C ₂	8.72	9.36	11.58	12.39	11.42
C ₃	8.35	11.02	13.37	15.33	14.12
C ₄	9.04	11.00	11.35	13.43	12.79
C ₅	8.05	10.01	10.90	12.01	13.05
C ₆	6.08	9.97	10.74	12.01	12.03
C ₇	7.34	11.55	11.99	15.26	13.19
\bar{X}	7.68	9.98	11.07	12.65	11.79

Cuadro 9. Valores por ciclo y promedio para el experimento de digestibilidad "in vitro" del forraje (en porcentaje de la materia orgánica para praderas con difíciles niveles de fertilización nitrogenada).

Ciclos de Pastoreo	Dosis de Nitrógeno (kg N/há/año)				
	45	184	500	816	935
C ₁	36.66	38.15	40.82	41.41	35.98
C ₂	37.75	41.68	45.31	45.99	46.62
C ₃	38.55	46.54	48.21	53.11	47.77
C ₄	39.12	43.16	45.67	50.16	48.33
C ₅	33.05	39.02	43.25	46.82	47.95
C ₆	31.21	40.15	44.33	48.51	47.22
C ₇	34.37	45.10	48.70	56.01	51.42
\bar{Y}	35.39	41.97	45.18	48.86	46.47

Cuadro 10. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína del pasto para el total del experimento .

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	38,92	7,78	11,94
Parte lineal	2	31,48		
Parte cuadrática pura	2	4,36		
Parte cuadrática mixta	1	3,08		
Desvío del modelo	7	1,23		
Error puro	1	3,97		
Total	13	44,13		

Cuadro 11. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el primer ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	12,63	2,52	1,91
Parte lineal	2	1,03		
Parte cuadrática pura	2	10,25		
Parte cuadrática mixta	1	1,34		
Desvío del modelo	7	4,09		
Error puro	1	6,48		
Total	13	23,20		

Cuadro 12. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el segundo ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	26,94	5,38	5,75
Parte lineal	2	17,54		
Parte cuadrática pura	2	5,67		
Parte cuadrática mixta	1	3,72		
Desvío del modelo	7	6,58		
Error puro	1	0,89		
Total	13	34,43		

Cuadro 13. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el tercer ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	67,47	13,49	4,36
Parte lineal	2	53,13		
Parte cuadrática pura	2	12,20		
Parte cuadrática mixta	1	2,14		
Desvío del modelo	7	7,55		
Error puro	1	17,16		
Total	13	92,20		

Cuadro 14. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el cuarto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	24,65	4,93	2,81
Parte lineal	2	24,32		
Parte cuadrática pura	2	0,31		
Parte cuadrática mixta	1	0,01		
Desvío del modelo	7	13,17		
Error puro	1	0,81		
Total	13	38,64		

Cuadro 15. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el quinto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	53,99	10,79	17,54
Parte lineal	2	41,12		
Parte cuadrática pura	2	2,62		
Parte cuadrática mixta	1	10,23		
Desvío del modelo	7	4,42		
Error puro	1	0,49		
Total	13	58,91		

Cuadro 16. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el sexto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	86,50	17,30	9,81
Parte lineal	2	52,49		
Parte cuadrática pura	2	7,12		
Parte cuadrática mixta	1	26,88		
Desvío del modelo	7	6,99		
Error puro	1	7,10		
Total	13	100,60		

Cuadro 17. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína durante el séptimo ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	95,63	19,12	8,34
Parte lineal	2	64,55		
Parte cuadrática pura	2	19,65		
Parte cuadrática mixta	1	11,42		
Desvío del modelo	7	14,16		
Error puro	1	4,17		
Total	13	113,97		

Cuadro 18. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica para el total del experimento.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	258,91	51,78	18,85
Parte lineal	2	182,18		
Parte cuadrática pura	2	42,85		
Parte cuadrática mixta	1	33,87		
Desvío del modelo	7	19,69		
Error puro	1	2,26		
Total	13	280,88		

Cuadro 19. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el primer ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. A Reg.	5	96,53	19,30	2,05
Parte lineal	2	15,32		
Parte cuadrática pura	2	80,81		
Parte cuadrática mixta	1	0,38		
Desvío del modelo	7	75,21		
Error puro	1	0,00		
Total	13	171,75		

Cuadro 20. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el segundo ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	141,62	28,32	5,75
Parte lineal	2	98,56		
Parte cuadrática pura	2	23,55		
Parte cuadrática mixta	1	19,50		
Desvío del modelo	7	28,06		
Error puro	1	11,28		
Total	13	180,97		

Cuadro 21. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el tercer ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	334,70	66,94	5,46
Parte lineal	2	142,96		
Parte cuadrática pura	2	78,18		
Parte cuadrática mixta	1	113,55		
Desvío del modelo	7	97,23		
Error puro	1	0,69		
Total	13	432,64		

Cuadro 22. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el cuarto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	173,67	34,73	17,67
Parte lineal	2	152,91		
Parte Cuadrática pura	2	20,66		
Parte Cuadrática mixta	1	0,08		
Desvío del modelo	7	15,70		
Error puro	1	0,01		
Total	13	180,39		

Cuadro 23. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el quinto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	332,54	66,50	34,91
Parte lineal	2	279,23		
Parte Cuadrática pura	2	16,96		
Parte Cuadrática mixta	1	36,34		
Desvío del modelo	7	14,41		
Error puro	1	0,83		
Total	13	347,78		

Cuadro 24. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el sexto ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	443,41	88,68	13,14
Parte lineal	2	331,20		
Parte cuadrática pura	2	58,02		
Parte cuadrática mixta	1	54,17		
Desvío del modelo	7	42,21		
Error puro	1	11,75		
Total	13	497,38		

Cuadro 25. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia orgánica durante el séptimo ciclo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	726,97	145,39	8,25
Parte lineal	2	473,74		
Parte Cuadrática pura	2	80,26		
Parte Cuadrática mixta	1	172,96		
Desvío del modelo	7	137,32		
Error puro	1	3,62		
Total	13	867,92		

Cuadro 26. Valores de composición botánica Inicial y Final para praderas con diferentes presiones de pastoreo.

(en porcentaje de pasto estrella)

Composición Botánica	Disponibilidad de Forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2.9	3.5	5.0	6.5	7.1
INICIAL	88.1	88.9	93.2	92.7	84.3
FINAL	92.5	93.0	96.3	90.3	89.6

Cuadro 27. Valores de composición botánica Inicial y Final para praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada

(en porcentaje de pasto estrella)

Composición Botánica	Dosis de Nitrógeno (kg N/ha/año)				
	45	184	500	816	955
INICIAL	98.7	89.4	85.2	92.2	97.7
FINAL	95.3	84.9	92.1	98.4	99.4

Cuadro 28. Valores promedio de tasa de crecimiento del pasto, carga animal, aumento diario de peso por animal y producción por hectárea para praderas con diferentes presiones de pastoreo.

Parámetros medidos	Disponibilidad de Forraje (kg MS/100 kg PV)				
	2.9	3.5	5.0	6.5	7.1
Tasa de crecimiento del pasto. (kg MS/há/día)	9.59	11.94	13.24	18.19	7.32
Carga animal (kg animal/há/día)	4.915	4.515	2.882	2.745	1.989
Aumento diario de peso (kg/día)	0.010	0.002	0.514	0.604	0.864
Producción/há (kg/há/día)	0.185	0.080	4.280	4.760	4.415

Cuadro 29. Valores promedio de tasa de crecimiento del pasto, disponibilidad real de forraje, carga animal, aumento diario de peso por animal y producción por hectárea para diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Parámetros Medios	Dosis de Nitrógeno (kg N/há/año)				
	45	184	500	816	955
Tasa de Crecimiento del pasto (kg MS/há/día)	10.60	5.07	10.97	18.19	16.03
Disponibilidad Real de forraje (kg MS/há/ciclo)	3444	3563	3704	4212	4065
Carga animal (kg/hé/día)	2.651,03	3.494,27	3.210,83	3.818,19	3.134,17
Aumento diario de peso (kg/día)	0.202	0.210	0.480	0.396	0.775
Producción/hé (kg/há/día)	2.458	2.917	3.141	3.330	6.927

Cuadro 30. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la carga animal promedio para el experimento.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	13265158,02	2653031,50	29,78
Parte lineal	2			
Parte cuadrática pura	2	1012832,00		
Parte cuadrática mixta	1	55460,13		
Desvío del modelo	7	697348,12		
Error puro	1	15348,00		
Total	13	13977854,02		

Cuadro 31. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el aumento diario de peso promedio para el experimento.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	1,47	0,29	12,96
Parte lineal	2	1,42		
Parte cuadrática pura	2	0,04		
Parte cuadrática mixta	1	0,00		
Desvío del modelo	7	0,14		
Error puro	1	0,03		
Total	53	1,65		

Cuadro 32. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción por há promedio para todo el experimento.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	5	79,93	15,98	16,96
Parte lineal	2	66,49		
Parte Cuadrática pura	2	11,13		
Parte Cuadrática mixta	1	2,31		
Desvío del modelo	7	5,54		
Error puro	1	2,00		
Total	13	87,47		

Cuadro 33. Valores Iniciales Finales de acidez y contenido de nitrógeno del suelo para praderas con diferentes presiones de pastoreo.

Parámetros Medidos			Disponibilidad de Forraje (kg MS/100 kg PV)				
			2.9	3.5	5.0	6.5	7.1
pH _{10cms}	H ₂ O	I	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
		F	4.9	5.1	5.2*	5.3*	5.1*
	KCl	I	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
		F	4.0*	4.2*	4.2*	4.4*	4.1*
pH _{20cms}	H ₂ O	I	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
		F	5.0*	5.3*	5.3*	5.4*	5.2*
	KCl	I	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
		F	4.2*	4.4*	4.3*	4.3*	4.1*
%N	10cms	I	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
		F	0.23*	0.26*	0.29*	0.27*	0.27*
	20cms	I	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
		F	0.16*	0.23*	0.20*	0.17*	0.16*

I = Inicio del Experimento

F = Final del Experimento

* P 0.05

Cuadro 34. Valores Iniciales Finales de acidez y contenido de nitrógeno del suelo para praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Parámetros Medios			Dosis de Nitrógeno (kg N/há/año)				
			45	184	500	816	955
pH 10cms	H ₂ O	I	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
		F	5.3*	5.1	5.0	5.2*	5.0
	KCL	I	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
		F	4.2*	4.2*	4.0*	4.4*	4.4*
pH 20cms	H ₂ O	I	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
		F	5.4*	5.3*	5.1*	5.1*	5.5*
	KCL	I	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
		F	4.2*	4.4*	4.1*	4.2*	4.5*
%N	10cms	I	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
		F	0.35*	0.27*	0.25	0.27	0.27
	20cms	I	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
		F	0.23*	0.18	0.18*	0.21*	0.18*

I = AL Inicio del experimento

F = AL Final del experimento

* P 0.05

Cuadro 35. Valores Iniciales y Finales de compactación del suelo con diferentes presiones de pastoreo.

Profundidad del Suelo (cms)	Disponibilidad de forraje (kg MS/100 kg PV)					
	2.9	3.5	5.0	6.5	7.1	
INICIAL	0	13.2	13.2	12.8	12.8	13.7
	5	16.8	15.3	16.0	14.7	16.8
	10	16.0	15.3	14.7	14.7	16.8
	20	15.3	16.8	17.6	14.7	16.8
FINAL	0	21.9	20.6	18.8	20.6	16.0
	5	21.9	20.6	16.8	18.5	17.6
	10	20.6	19.5	16.8	20.6	16.8
	20	20.6	19.5	17.6	19.5	17.6
		**	**	**	**	**

** (P 0.05)

Cuadro 36. Valores Iniciales y finales de compactación del suelo (resistencia a la penetración en bares) para praderas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Profundidades del Suelo (en cms)	Dosis de Nitrógeno (kg N/há/año)					
	45	184	500	816	955	
INICIAL	0	11.3	13.2	13.7	12.4	14.7
	5	14.1	14.7	16.8	14.7	16.8
	10	12.8	14.7	16.8	15.3	14.7
	20	13.2	15.3	16.8	18.5	16.0
FINAL	0	17.6	19.5	17.6	21.9	17.6
	5	16.0	17.6	18.5	21.9	17.6
	10	15.3	18.5	18.5	21.9	17.6
	20	15.3	17.6	19.5	21.9	18.5
		**	**	**	**	**

** (P 0.05)

Cuadro 37. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el resultado económico.

PP-DN	Costos fijos ¢ há/día	Costos variables ¢ há/día	Costo total ¢ há/día	Ingreso bruto ¢ há/día	Utilidad neta ¢ há/día	Eficiencia económica %
2.9-500	2,45	17,34	19,79	0,83	-18,95	-95,7
3.5-184	2,45	12,46	14,90	-8,91	-23,82	-159,7
3.5-816	2,45	21,34	23,79	9,63	-14,16	-59,5
5.0-45	2,45	8,79	11,24	7,85	-3,39	-30,1
5.0-500	2,45	14,82	17,27	20,47	3,20	18,5
5.0-955	2,45	21,26	23,70	29,45	5,74	24,2
6.5-184	2,45	10,52	12,97	19,17	6,19	47,7
6.5-816	2,45	18,81	21,26	23,67	2,41	11,3
7.1-500	2,45	13,62	16,07	19,84	3,77	23,4

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

DN = Dosis de Nitrógeno en kg N/há/año

¢1 = US \$ 0,117

Cuadro 38. Detalle de los costos fijos utilizados en el cálculo económico.

A.	Materiales para cercas	Costo/unidad	Total
	25 Anclas	12,00	300,00
	40 postes (c/1 mts)	8,25	330,00
	600 separadores	1,20	720,00
	10 lb. grapas (10/ poste)	3,10	31,00
	6 mts. cañería 1"	81,00	81,00
	1800 mts. alambre liso Nº 12	0,45	810,00
	1200 mts. alambre púa	0,75	900,00
B.	Materiales para bebederos		
	2 estaciones	30,00	60,00
	38 mts. soiducto 1/2"	1,30	426,40
	2 válvulas con flotadores	33,50	67,00
	3 T de 1/2"	2,75	8,25
C.	Mano de obra	21,00	735,00
	35 jornales divididos en:		
	14 para hechura de huecos		
	4 para postura de postes		
	12 para tirado de alambre		
	y postura as		
	4 para colocación de separadores		
	1 para instalación agua		
COSTO TOTAL			4.468,25

Asumiendo una vida útil de 5 años el costo por hectárea por año sería de \$893,65 y \$2,45 el costo diario.

Cuadro 39. Detalle de los costos variables utilizados en el cálculo económico (en ₱/héct./día).

PP - DN	Reparación Mantenimiento Cercas ^a	Inversión Animales 10% Anual ^b	Fórmula 15-30-8 ^c	Nitrógeno ^d	Total
2.9-500	2,82	6,04	1,98	6,48	17,34
3.5-184	2,82	5,26	1,98	2,38	12,46
3.5-816	2,82	5,94	1,98	10,58	21,34
5.0-45	2,82	3,98	1,98	0,00	8,79
5.0-500	2,82	3,53	1,98	6,48	14,82
5.0-955	2,82	4,05	1,98	12,39	21,26
6.5-184	2,82	3,32	1,98	2,38	10,52
6.5-816	2,82	3,42	1,98	10,58	18,81
7.1-500	2,82	2,32	1,98	6,48	13,62

P.P. = Presión de Pastoreo en kg MS./100 kg PV/día

D.N. = Dosis de Nitrógeno en kg N/héct/año

a cuatro jornales/mes = ₱84.00

1/4 libra de granas = 0.76

Total = ₱84.76

b kg PV = ₱4.50

c fórmula = ₱/kg 2.420

d kg Nitrógeno = ₱4.740

Cuadro 40. Datos meteorológicos durante periodo experimental

Meses	Precipitación promedio mm.	Temperatura media °C	Radiación solar cal/cm ²
Oct	220.7	21.2	415,2
Nov	175.2	20.8	355,4
Dic	402.9	20.3	397,5
Ene	131.4	19.8	385,2
Feb	19.7	19.9	460,2
Mar	27.7	21.4	514,7
Abr	33.0	21.3	467,5
May	112.3	22.2	463,5