

EFFECTO DEL CICLO DE USO, LA PRESION DE PASTOREO Y LA FERTILIZACION  
NITROGENADA EN LA PRODUCCION DE PRADERAS DE PASTO ESTRELLA

(Cynodon plectostachyus (K. Schum) Pilger)

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Alberto Ramírez Perez



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Ganadería Tropical  
Turrialba, Costa Rica  
Mayo, 1974

EFFECTO DEL CICLO DE USO, LA PRESION DE PASTOREO Y LA FERTILIZACION  
NITROGENADA EN LA PRODUCCION DE PRADERAS DE PASTO ESTRELLA  
(Cynodon plectostachyus (K. SCHUM) PILGER)

Tesis

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

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: \_\_\_\_\_ Consejero

Gustavo Cubillos, Ph.D.

\_\_\_\_\_ Comité

Karel Vohnout, Ph.D.

\_\_\_\_\_ Comité

Héctor Muñoz, Ph.D.

\_\_\_\_\_ Comité

José Fargas, Ph.D.

Mayo, 1974

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A la memoria de Rafael

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece sinceramente al Dr. Gustavo Cubillos, Consejero Principal, por la orientación brindada a través de todo el período de estudios en la Escuela y en especial por la acertada dirección en el presente trabajo.

Al Dr. Karel Vohnout, miembro del comité consejero, por su valiosa colaboración en el análisis e interpretación de los resultados.

Al Dr. Héctor Muñoz, Jefe del Departamento de Ganadería Tropical y miembro del comité, por las facilidades brindadas durante la permanencia en la Escuela.

Al Dr. José Fargas, miembro del comité consejero.

Al Dr. Jaime Lotero, por su apoyo durante el tiempo de estudios.

Al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en especial a los Drs. Vicente Dávila y Hernán Chaverra por la comisión de estudios otorgada.

A la Zona Andina del IICA en especial al Dr. Guillermo Guerra, por su intervención en la consecución de la beca y por la oportunidad de ingresar a la Escuela para Graduados del IICA-CTEI.

A la Srta. Ana Cecilia Abarca y a la Sra. Mireya de Vega, por su colaboración en el trabajo de mecanografía.

Al Sr. Manuel Zamora, del Centro de Computación y Estadística del IICA-CTEI.

Al Sr. Jorge Ruiz.

Al personal auxiliar del Laboratorio del Departamento de Ganadería Tropical.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Medellín, Departamento de Antioquia, Colombia. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Jorge Robledo y los secundarios en el Liceo Nacional Marco Fidel Suárez. Concluyó los estudios secundarios en 1960.

Cursó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Seccional de Medellín, recibiendo el grado de Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1966.

En enero de 1967 ingresó al Programa Nacional de Pastos y Forrajes del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Fue jefe seccional del Programa en la Estacional Pecuaria Experimental "El Nus" hasta abril de 1969. A partir de esa fecha pasó con el mismo cargo al Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, Valle del Cauca.

En setiembre de 1972 ingresó como estudiante graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de posgrado en el Departamento de Ganadería Tropical, donde terminó en mayo de 1974.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1. Largo del ciclo de uso de la pradera .....	4
2.2. Presión de pastoreo .....	7
2.3. Fertilización de praderas .....	10
2.4. Medida de la producción de forraje .....	11
2.5. Eficiencia de utilización, digestibilidad <u>in vitro</u> y composición química .....	13
2.6. Composición botánica y área cubierta por heces.	16
3. MATERIALES Y METODOS .....	18
3.1. Area del estudio .....	18
3.1.1. Localización y descripción general .....	18
3.1.2. Características generales de los suelos .....	18
3.2. Manejo de los animales .....	20
3.3. Determinaciones .....	20
3.3.1. Producción de forraje .....	20
3.3.2. Porcentaje de área contaminada por heces .....	21
3.3.3. Composición botánica .....	21
3.3.4. Porosidad total .....	21
3.3.5. Espacio aéreo .....	21
3.4. Análisis químico de la planta .....	22
3.4.1. Proteína cruda .....	22
3.4.2. Calcio, magnesio y fósforo .....	22
3.4.3. Pared celular y fibra .....	23
3.4.4. Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca y de la materia orgánica .....	23
3.4.5. Utilización anual del forraje ofrecido .....	23
3.5. Diseño y análisis de la información .....	24
3.5.1. Medición de las respuestas .....	26
3.6. Datos meteorológicos .....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	29
4.1. Efecto del largo del período de ocupación .....	29

	<u>Página</u>
4.2. Efecto del largo del período de descanso .....	39
4.3. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal .....	49
4.4. Efecto de la fertilización nitrogenada .....	59
5. DISCUSION GENERAL .....	67
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
7. RESUMEN .....	83
7a. SUMMARY .....	85
8. LITERATURA CITADA .....	87
APENDICE .....	97

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Principales características físicas y químicas del suelo .....	19
2	Efecto del largo del período de ocupación sobre la tasa de incremento diario de la biomasa. En kg/ha de M.S. ....	30
3	Efecto del largo del período de ocupación sobre la producción de la biomasa, en kg/ha de M.S. ....	31
4	Efecto del largo del período de ocupación sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella, en kg/ha de M.S. ....	32
5	Efecto del largo del período de ocupación sobre la producción del pasto estrella, en kg/ha de M.S. ....	34
6	Efecto del largo del período de ocupación sobre la composición botánica, el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo .....	35
7	Efecto del largo del período de ocupación sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje .....	37
8	Efecto del largo del período de ocupación sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra, digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella. En porcentaje.....	38
9	Efecto del largo del período de descanso sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa, en kg/ha de M.S. ....	40
10	Efecto del largo del período de descanso sobre la producción de la biomasa, en kg/ha de M.S. ....	41
11	Efecto del largo del período de descanso sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella, en kg/ha de M.S. ....	42

Cuadro N<sup>o</sup>Página

12	Efecto del largo del período de descanso sobre la producción del pasto estrella, en kg/ha de M.S. ....	43
13	Efecto del largo del período de descanso sobre la composición botánica, el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo .....	46
14	Efecto del largo del período de descanso sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje ...	47
15	Efecto del largo del período de descanso sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella. En porcentaje .....	48
16	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa. En kg/ha de M.S. ....	50
17	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje sobre la producción de la biomasa. En kg/ha de M.S. ....	51
18	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella. En kg/ha de M.S.	52
19	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la producción de pasto estrella. En kg/ha de M.S. ....	53
20	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la composición botánica el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo .....	55
21	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje .....	57
22	Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica y eficiencia de utilización de pasto estrella. En porcentaje .....	58

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
23	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa, en kg/ha de M.S. ....	59
24	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de la biomasa. En kg/ha de M.S. ....	60
25	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella. En kg/ha de M.S. ....	61
26	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción del pasto estrella. En kg/ha de M.S. ....	62
27	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica, el área cubierta de heces y el espacio aéreo del suelo .....	63
28	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje .....	64
29	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra, digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica y eficiencia de utilización del <u>pas</u> to estrella. En porcentaje .....	65
30	Efecto de los niveles de factor sobre la digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica del pasto estrella rechazado. En porcentaje	69
31	Tasa de crecimiento promedio diario del pasto estrella durante las cuatro fases experimentales. En kg/ha de M.S. ....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Tasa de crecimiento diario del pasto estrella y la biomasa al variar el largo del ciclo de uso .....	71
2	Rendimiento de materia seca durante el período experimental del pasto estrella y la biomasa al variar el largo del ciclo de uso ....	72
3	Tasa de crecimiento diario del pasto estrella y la biomasa al variar el largo del período de ocupación y la disponibilidad diaria de forraje por animal .....	73
4	Rendimiento de materia seca durante el período experimental del pasto estrella y la biomasa al variar el largo del período de ocupación y la disponibilidad diaria de forraje por animal .....	74
5	Importancia biológica relativa de los efectos de cuatro factores de manejo sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa y del pasto estrella, y sobre la composición botánica ...	80

## 1. INTRODUCCION

El manejo de las praderas ha sido un campo muy estudiado por los investigadores y actualmente existen numerosos trabajos que muestran el efecto en forma aislada de los factores que determinan la productividad por unidad de área pero pocos son los que muestran su efecto combinado.

En las zonas templadas los trabajos en esta área de la producción animal son extensos y permiten establecer algunos patrones más o menos claros sobre el manejo de algunas especies, pero en las zonas tropicales la situación es diferente. Se ha avanzado en la investigación sobre la respuesta de las principales especies forrajeras a prácticas de manejo bajo corte, en las cuales se trata de simular el efecto del animal, y los resultados alcanzados muchas veces difieren bastante de los obtenidos bajo condiciones de pastoreo.

Si se considera que el trópico es una de las áreas con mayor potencial para la producción de pastos y que en muchas ocasiones permite producir forraje verde durante todo el año, es necesario intensificar la investigación. Esta debe concentrarse principalmente en los factores que afectan la relación del complejo suelo-planta-animal para determinar su manejo óptimo.

La presión de pastoreo, el período de pastoreo o de ocupación y el período de recuperación o descanso son factores de manejo que determinan la productividad y el largo de la vida de una pradera. Esto se debe a que tienen una influencia directa sobre su composición botánica y sobre la cantidad y calidad del forraje disponible para consumo por el animal.

Las condiciones extremas ya sea de sub-pastoreo o de sobre-pastoreo derivadas como consecuencia de períodos no adecuados de ocupación y/o descanso conducen a una disminución en la calidad del alimento disponible al animal. Por otra parte, estos períodos están muy relacionados con el concepto de presión de pastoreo, así, presiones altas de pastoreo y períodos cortos de recuperación son tan perjudiciales a la calidad del forraje y composición botánica de la pradera como lo son presiones bajas de pastoreo y períodos largos de descanso; en el primer caso no se acumularán reservas necesarias que garanticen el rebrote futuro del pasto y en el segundo caso ocurrirá una acumulación de material pobre en proteína y de baja digestibilidad.

Dentro de las prácticas de manejo de praderas, la fertilización nitrogenada es quizás la que dá los mejores resultados económicos en el tiempo más corto, cuando otros factores no son limitantes. El pasto Estrella Africana (Cynodon Plectostachyus (K. Schum) Pilger) ha mostrado excelente adaptación en áreas tropicales y su rápida propagación hace necesario el estudio de los principales factores que determinan su producción. Por tal motivo, la presente investigación se orientó al estudio de algunos factores de manejo que afectan esta especie, y los objetivos a alcanzar fueron:

1. Observar el efecto de la duración de diferentes períodos de ocupación y de descanso, presiones de pastoreo y dosis de nitrógeno sobre la producción y comportamiento del pasto estrella.

2. Determinar la evolución de la composición botánica y química y la digestibilidad del forraje por efecto de los tratamientos anteriores.
3. Determinar el efecto de los diferentes tratamientos en algunas propiedades físicas del suelo.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Largo del ciclo de uso de la pradera

Existen numerosos estudios sobre los factores que gobiernan la recuperación de las gramíneas después del corte o pastoreo. Así Brougham (12) bajo condiciones de laboratorio al estudiar el efecto de varias alturas de corte en la recuperación del raigras, encontró que las plantas cortadas a 17,5 cm interceptaban el 100 por ciento de luz a los 4 días, mientras que las cortadas a 2,5 cm y 7,5 cm alcanzaron dicho punto solo después de 24 días; la tasa de rebrote estuvo relacionada con la interceptación de luz, a más intensa la defoliación menor fue la tasa de recuperación, desde un punto de vista práctico esto indica que aunque muchas veces los cortes o pastoreos bajos permiten una mayor producción de forraje, el período necesario para la recuperación es largo, lo cual se traduce en un menor número de cortes por año.

Es conocido que cuando todos los factores de manejo son adecuados, la velocidad de recuperación de las plantas pastoreadas puede ser asociada con 2 principios: 1) el índice de área foliar y 2) la concentración de carbohidratos en los tejidos que se utilizan para la recuperación y macollaje. Pero la velocidad de recuperación no aumenta a medida que aumenta el IAF, así cuando el período de descanso es largo el aumento en la fotosíntesis es contrarrestado por un aumento en la respiración y el propósito de un buen manejo será la utilización del forraje antes de que la velocidad de producción de materia seca decline (8).

Si la pradera se somete a un pastoreo continuo por períodos prolongados, las especies más palatables y nutritivas tienden a desaparecer y ocurren cambios en la composición botánica del potrero con predominio de las especies menos deseables. Los períodos apropiados de descanso son, por lo tanto, una necesidad primordial en cualquier sistema de pastoreo si se quiere asegurar una prolongada producción de forraje de buena calidad (71).

Cruz y Nestel (29), Cruz y Benacchio (30) en pastos pangola y estrella encontraron que períodos largos de descanso ocasionaron un mayor porcentaje de materia seca en el forraje ofrecido y una disminución en el contenido de proteína y en la palatabilidad, aunque el porcentaje de digestibilidad in vitro en el caso del pangola no mostró cambios significativos.

El pastoreo se puede dividir en continuo y rotativo. La rotación puede ser intensa o moderada dependiendo del largo de los períodos de ocupación y descanso; cuando el número de potreros es fijo, el período de descanso depende del tiempo total fijado para la rotación y varía grandemente cuando el número de potreros es bajo, siendo la diferencia más importante a medida que aumenta el tiempo total de la rotación (79). Igualmente Voisin (93) considera que la longitud del período de descanso no puede ser constante entre dos pastoreos sino que debe ser lo suficientemente largo de acuerdo a la época del año. La longitud del período de pastoreo influye marcadamente en la contaminación de la pradera por heces (10), y puede variar de acuerdo a los niveles de N aplicados (29, 38).

Una de las ventajas de la subdivisión de las praderas es el aumento en la producción de la planta, pero este incremento tiene un valor limitado si no se combina con prácticas de manejo tales como una presión de pastoreo adecuada y la cosecha del forraje sobrante (37). Así, Oyenuga y Olubayo (78) en praderas mixtas de pasto estrella y centrosema sp. al aumentar el período de la rotación encontraron una notoria disminución en la eficiencia de utilización ya que los mayores períodos de descanso favorecieron la acumulación de residuos lo cual, redujo la digestibilidad del forraje. Para evitar esta acumulación de forraje sobrante, Mott (73) propone una reducción en el tamaño de la pradera empleando cercas temporales o también incrementando el tiempo de ocupación por potrero dentro del ciclo de rotación. Cuando las divisiones son fijas, las áreas no pastoreadas dentro del ciclo pueden utilizarse con animales extras.

Por su parte, Blaser (8) sostiene que debido a la velocidad diferencial de crecimiento de la pradera según la estación del año, es mejor basar el cambio de los pastoreos en las características de la planta.

En las zonas templadas y tropicales se han comparado diferentes sistemas de pastoreo, así McMeekan y Walshe (67) trabajando con vacunos sometidos a dos sistemas de pastoreo, concluyen que el sistema de pastoreo fue menos importante que la carga animal. Aunque el pastoreo en rotación fue superior al continuo su influencia en el rendimiento promedio fue solo la mitad de la influencia de la presión de pastoreo. Holmes et al. (56) compararon el sistema de rotación diaria empleando doble cerca eléctrica y el de rotación cada 6 días en

una pradera mixta de raigras, dallis, agrostis y poa y encontraron que el sistema de doble cerca produjo una mayor cantidad de animales-día de pastoreo y leche que el segundo sistema.

## 2.2. Presión de pastoreo

Mott (73) define presión de pastoreo como el número de kilogramos de materia seca de forraje presente por unidad de área y por animal pastoreando. Campbell (18) considera este factor de manejo como un parámetro que da un indicativo de la severidad potencial de la defoliación y de la habilidad de la pradera para suplir la materia seca al animal. A presiones ligeras aumenta la disponibilidad de forraje lo cual permite al animal seleccionarlo por su digestibilidad y valor nutritivo (73).

El concepto de carga animal óptima ha sido muy discutido según Cowlshaw (27); la carga animal óptima es aquella que permite a los animales en pastoreo producir a la tasa más económica, ésta puede no ser la máxima posible ya que dependerá de la relación económica entre el valor de la pradera, el producto y los costos asociados con el manejo. Por otro lado, Burns et al. (15) están de acuerdo con el principio anterior, pero sostienen que en ensayos de pastoreo este no debe ser el punto más importante, ya que los factores económicos varían continuamente, y debe determinarse entonces el comportamiento de la pradera en un amplio rango de carga animal que permita la comparación de sistemas alternos de manejo.

Mott (73) enfatiza que el sistema de "carga variable" en los ensayos de pastoreo tiene la ventaja de permitir mantener el número de

animales en equilibrio con el alimento disponible, sin necesidad de cosechar el exceso de forraje para heno o ensilaje; tiene además la ventaja de dar un estimativo de la capacidad de carga de la pradera a través de toda la estación de pastoreo; en esta conclusión se basan los trabajos de Connifee (25), Harlan (52), Allden y Whittaker (2), Brownlee y Robards (13), Owen y Ridgman (77), McMeekan y Walshe (67) y Peterson, Lucas y Mott (80) quienes coinciden en que si la carga animal es menor que la crítica, más alimento estará disponible para consumo y la ganancia animal será constante. Al aumentar la carga dicha ganancia aumenta hasta un máximo donde el forraje disponible es igual al consumido por el animal; después de este punto la ganancia está inversamente relacionada con la carga. Un incremento en la carga resulta en un descenso lineal de la ganancia por área.

Las relaciones anteriores fueron comprobadas por Bishop, Birrell y Tew (7), Holmes, Tayler y Lonsdale (59) y Willoughby (97) quienes trabajando con animales en pastoreo en praderas de phalaris y tréboles observaron que al aumentar la disponibilidad y calidad del forraje aumentó la producción animal, pero este aumento no ocurrió en forma proporcional, ya que existió un máximo en la producción del animal que no fue afectado por aumentos en la producción de la pradera. Harlan (52), McMeekan y Walshe (67) al estudiar el efecto del método de pastoreo y la carga animal sobre la eficiencia de utilización de la pradera encontraron que la interacción entre la presión de pastoreo y el manejo del pastoreo fue altamente significativa, lo cual ocasionó un efecto depresivo en la producción con alta presión de pastoreo, siendo mayor este efecto bajo condiciones de

pastoreo continuo que bajo pastoreo en rotación.

Hull et al. (60) obtuvieron resultados similares en pasto dalis sometido a 3 presiones diferentes; así mismo Creek (28) trabajando con novillos en pasto pangola observó que al variar la carga de 0,33 a 0,86 animales por hectárea aumentó linealmente el peso vivo por hectárea. Pero la respuesta en producción relativa al aumentar la presión no fue lineal y el peso de los terneros al destete disminuyó a medida que la carga aumentó.

Rodel (87) comparó la producción y resistencia al pastoreo de 5 gramíneas tropicales, fertilizadas con 450 kg/ha de nitrógeno por año y encontró que con una carga de pastoreo de 6 novillos por hectárea la ganancia de peso por animal fue mayor con el pasto estrella en comparación con el guinea, rhodes y coastal y esta ganancia se mantuvo aún durante la época seca.

Greenhalgh (48) con animales Airshire y Friesan en praderas de raigras y trébol blanco suministrando 11,40 y 20,40 kg/animal y por día, encontró que hubo un rechazo del 23 por ciento y 34 por ciento del área pastoreada, respectivamente. Estos resultados son confirmados por el mismo Greenhalgh et al. (49) quienes determinaron una relación curvilínea entre el forraje ofrecido y el consumido por el animal. Las experiencias en Turrialba (31) con pasto guinea, muestran que a medida que la carga animal aumenta y por lo tanto la disponibilidad de forraje por animal disminuye, las ganancias diarias de peso de animales en pastoreo son menores. Hodgson y Wilkinson (55) encontraron una relación estrecha entre el peso vivo y el consumo de materia orgánica;  $r = 0,88$  para novillas y  $r = 0,93$  para

terneras, en praderas de raigras, dalis y trébol.

### 2.3. Fertilización de praderas

El nitrógeno es quizás el elemento que ha recibido mayor atención debido a las limitaciones que presenta para la producción de los pastos en las zonas tropicales.

Caro-Costas, Abruña y Figarella (21) en Puerto Rico, encontraron que la respuesta del pasto estrella a los intervalos entre cortes fue afectada por la altura de corte; cuando el corte se hizo a ras se encontró una respuesta a la aplicación de nitrógeno. Bajo condiciones de manejo intensivo las ganancias promedios de peso obtenidas en pasto estrella variaron entre 500 y 600 g por día siendo superiores a los alcanzados con pasto pangola en iguales condiciones de manejo (22).

Salette (88) cita a Corby (1955) quien en el mismo pasto obtuvo incrementos en la producción en proporción a la cantidad de nitrógeno aplicada hasta 600 kg/ha por año.

La cantidad de nitrógeno presente en el forraje cosechado depende principalmente, de la cantidad aplicada, de su disponibilidad en el suelo y de la interacción de ambas formas. El reciclaje del nitrógeno es un beneficio que se obtiene a altas presiones de pastoreo a término largo cuando se aplican cantidades moderadas de fertilizante (79).

El efecto residual del nitrógeno aplicado a las praderas ha sido muy estudiado. Así se encontró que durante el primer año después de suspender ésta se mantiene suficiente nitrógeno residual en el

sistema suelo-planta-animal para proveer una producción cerca a la máxima, pero luego del segundo año este efecto se redujo (72). Los efectos de la defoliación pueden ser disminuidos por la fertilización, a más frecuente sea la defoliación mayor es la reducción en la producción de materia seca, pero este efecto es menor cuando se aplican dosis altas de nitrógeno (24). Este principio fue confirmado por las investigaciones de Garwood y Tyson (45) en pasto raigras, el cual durante el período de crecimiento activo que sigue a la defoliación absorbe rápidamente el nitrógeno del suelo.

#### 2.4. Medida de la producción de forraje

La determinación de la producción por el método de muestreo está sujeta a un número alto de posibles errores y limitaciones dependiendo del procedimiento empleado; errores considerables pueden ocurrir por el tamaño pequeño del área cosechada, por la selección del sitio y la altura de corte, pero cuando es efectuada en forma correcta por un muestreador experimentado puede dar resultados confiables (74). El método de muestreo por corte tiene valor en la medida de los rendimientos con animales en pastoreo, pero sus limitaciones poco conocidas deben considerarse en la interpretación y aplicación de los resultados; una de las principales diferencias entre el corte y el pastoreo lo constituye la forma como el forraje es cosechado (32, 47).

La técnica de muestreo por corte es más eficiente si la pradera se pastorea adecuadamente, aunque el tipo de muestreo presenta amplia variación nos da una estimación de lo que está disponible para

pastorear en cualquier época del año; el aumento del número de muestras permite reducir el error (9, 44). Lineham, Lowe y Stewart (63) en praderas de raigras y timoty durante un período de 2 años encontraron un C.V. de 36,8 por ciento para la estimación del forraje ofrecido y del 48,0 por ciento para el rechazado. Gardner (44) consiguió reducir el coeficiente de variabilidad de una pradera de raigras de 51 a 27 por ciento empleando el método de doble muestreo.

El método de corte de áreas no pastoreadas o protegidas en praderas bajo pastoreo para calcular la producción de materia seca es probablemente el procedimiento más común usado en medir los resultados en investigaciones en praderas; el método es fácil, económico y se adapta a tratamientos que incluyen un número grande de variables (1). Los datos obtenidos por este sistema pueden ser más altos, más bajos o iguales a los obtenidos con animales en pastoreo; Linehan, Lowe y Stewart (63), encontraron que los NDT calculados a partir de cortes fueron aproximadamente iguales a los obtenidos con animales en pastoreo.

Raymond y Jones (82) en praderas naturales de California encontraron que el método de altura por densidad de planta y el método de muestreo por corte, dieron valores altamente comparables para estimar la producción relativa de forraje cuando las praderas se sometieron a diferentes niveles de fertilización y a medida que el pasto estaba más lignificado los coeficientes de correlación tendieron a ser más heterogéneos.

2.5. Eficiencia de utilización, digestibilidad in vitro y composición química

La producción animal a partir de los forrajes depende de la cantidad, calidad y de la eficiencia de utilización de estos por el animal; estos factores interactúan; la producción de forraje es afecta-da por el método e intensidad de uso y la eficiencia de utilización por la producción total y su distribución. La eficiencia de utiliza-ción depende de la proporción de forraje que crece y es consumida por el animal y la eficiencia de conversión de este forraje en pro-ducto animal (53, 83). Heady(1964) citado por Marten (68) considera que la cantidad de forraje que desaparece durante el pastoreo y el porcentaje que es removido son términos de utilización que se pueden expresar como utilización relativa.

Cook (26), Campbell (18, 19) y Holmes y Jones (58) dicen que la eficiencia de utilización de las gramíneas está correlacionada con su abundancia, y la naturaleza de dicha correlación, negativa o posi-tiva, varía con las especies.

Campbell (20) estudió el efecto de 4 sistemas de pastoreo y en-contró un porcentaje de utilización anual superior al 97 por ciento en todos los casos, pero en general el pastoreo controlado y la alta presión de pastoreo dieron la mejor utilización; las diferencias en-tre sistemas de manejo y presiones de pastoreo fueron pequeñas e irre-gulares. Resultados similares reporta Duval (36) quien estudió la utilización durante 12 años de praderas naturales de Axonopus sp., y encontró que la utilización bajo condiciones de pastoreo intensivo

fue del 67 por ciento y bajo condiciones de pastoreo moderado fue del 46 por ciento.

Wilkinson y Prescott (98) al estudiar el efecto de 3 presiones de pastoreo dan datos de utilización de forraje similares a los reportados por Campbell (20) y Duvall (36), además, dicen que la técnica de diferencia antes y después del pastoreo está sujeta al error asociado con la variación en la altura y la densidad del forraje que puede aumentarse como resultado de la selectividad del pastoreo.

Okorie, Hill y McIlroy (75) encontraron una baja utilización de la mezcla de pasto estrella y centrosema y este resultado lo atribuyen a la alta relación tallo/hoja y poca palatabilidad de la mezcla.

Los estudios de los factores que determinan la digestibilidad de los forrajes han aumentado considerablemente en los últimos 10 años y a partir de 1963 con la introducción del método de Tilley y Terry ha sido posible determinar en forma sencilla la digestibilidad de las fracciones del forraje (83).

La digestibilidad ha probado ser una medida de mucho valor en la estimación del valor nutritivo y en el trópico el consumo voluntario está estrechamente relacionado con el porcentaje de digestibilidad de la materia seca (4).

Forbes y Garrigus (40) proponen el uso de la digestibilidad de la materia orgánica en lugar de la digestibilidad de la materia seca ya que la primera da un coeficiente de regresión alto y una alta significancia con el contenido de lignina.

En varias gramíneas, McLeod y Minson (66) encontraron que la digestibilidad in vitro incrementó al reducir el tamaño de la

partícula y la magnitud de la diferencia varió entre especies. El contenido de fibra disminuye la digestibilidad y el consumo ya que, a más porcentaje de fibra ocurre más retención del forraje en el retículo-rumen (43, 94). Además existen otros factores que influyen sobre la digestibilidad. Walters et al. (95), Minson y McLeod (70) efectuaron estudios en varias especies de clima templado y concluyen que las altas temperaturas están asociadas con la baja digestibilidad de las especies de climas tropicales y que la alta transpiración está relacionada con el contenido de fibra que influye sobre la digestibilidad; pero esta baja digestibilidad es compensada según Smith (89) por un mayor consumo del ganado en el trópico. Milford (69) considera que un descenso en el consumo es más perjudicial para el animal que la disminución en digestibilidad. Las diferencias en consumo de forraje tierno pueden deberse a diferencias en contenido de materia seca (16, 57).

En praderas de clima templado, Hemingway (54) y Toomre (91) encontraron que el sulfato de amonio y el cloruro de potasio influyeron poco sobre el contenido de potasio y calcio en la planta; por el contrario, el magnesio aumentó con las aplicaciones de amonio. En un estudio similar con especies tropicales, Drawe y Thadis (35) no hallaron cambios significativos en el contenido de calcio, potasio y fósforo de la planta al aplicar dosis altas de nitrógeno.

Fleming y Murphy (39) dicen que el contenido de calcio en la planta es influido por la temperatura del suelo y que la aplicación del potasio disminuye el contenido de magnesio en la planta.

El contenido de proteína de la planta es afectado por el estado de madurez, diferencias en la producción de materia seca, efectividad de la fertilización nitrogenada y por las condiciones climáticas (81, 90).

Cable y Shumway (17) encontraron una alta correlación entre el contenido de proteína en muestras del rumen y cortadas en el campo, pero esta relación está sujeta a discusión ya que no es aplicable a todas las especies.

## 2.6. Composición botánica y área cubierta por heces

La determinación periódica de la composición botánica se considera esencial en los estudios de praderas ya que los cambios que ocurren en ella son un índice seguro del efecto del manejo en el crecimiento y sobrevivencia de las especies que componen la pradera y ayudan a explicar las diferencias en producción (1, 96).

En praderas mixtas en Queensland, Bryan (14) encontró un efecto marcado de la humedad del suelo sobre la composición botánica, favoreciendo las especies del género Paspalum sp.; la presión de pastoreo fue otro factor que influyó en los cambios de la pradera y después de 2 años su efecto fue más marcado que el de la fertilización. Presiones altas favorecen la aparición de gramíneas indeseables de los géneros Axonopus sp. y Paspalum sp. (36, 61).

Drake y Elliott (34) encontraron resultados similares a los reportados por los autores anteriores. Trabajando con ovinos y bajo 3 presiones de pastoreo, en condiciones de carga liviana de 2,5 animales por hectárea predominaron las gramíneas; bajo presión moderada

de 5 animales por hectárea ocurrió un buen balance de gramíneas y leguminosas y bajo condiciones de presión alta con 7 animales por hectárea hubo una marcada reducción de las especies deseables y aparición de gramíneas no deseables.

El área afectada por las heces varía con las condiciones climáticas, la topografía y densidad de la pradera, la textura del suelo, y el número de animales en pastoreo (46, 64, 65).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Area de estudio

##### 3.1.1. Localización y descripción general

El experimento se llevó a cabo en la finca experimental del Departamento de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación (IICA-CATIE), Turrialba, Costa Rica. Localizada en zona tropical húmeda, con una altura de 600 metros sobre el nivel del mar; la temperatura media anual es de 22°C. La precipitación pluviométrica anual promedio es de 2.800 mm repartida durante todo el año y la humedad relativa promedio es de 90 por ciento.

El área total del experimento fue de 9,60 hectáreas dividida en 32 parcelas uniformes de 20 m de ancho por 100 m de largo (2.000 m<sup>2</sup>) cada una, más 3 parcelas de reserva en donde permanecieron los animales cuando estuvieron fuera de las parcelas experimentales. Por medio de bebederos portátiles se le proveyó agua a los animales.

##### 3.1.2. Características generales de los suelos

En el Cuadro 1, tomado de Berlanga (6) se incluyen las principales características físicas y químicas del área donde se realizó el estudio. El suelo es franco arcilloso y está localizado dentro de la serie de suelos Instituto; tiene reacción ácida, el contenido de materia orgánica y de potasio es alto, el de calcio y fósforo es bajo y el de magnesio es medio.

Cuadro 1. Principales características físicas y químicas del suelo.

Densidad aparente ----- g/cc	Densidad de partícula -----	Humedad gravimétrica ----- %	Porosidad total -----	Humedad volumétrica cc/100 g	Espacio aéreo %	Retención de humedad		Dist. de partículas		
						0,33 bares % Humedad	15 bares gravimétrica	Arena %	Limo %	Arcilla %
0,93	2,55	46,95	63,53	43,66	19,87	38,93	23,34	34	34	32

pH	M.O. -----	Nitrógeno total ----- %	C/N	Fósforo disponible ppm	CIC -----	Bases cambiables			
						Calcio	Magnesio meq/100 g	Potasio -----	Aluminio -----
5,55	7,22	0,41	10,19	22,42	47,57	4,88	2,14	0,54	0,16

### 3.2. Manejo de los animales

Se emplearon 70 vacas no lactantes de los hatos de lechería y ganado de carne, de las razas Brahman, Romosinuano, Charolaise y Criollo, las cuales se pesaron y bañaron cada 28 días; cuando los animales no se usaron para pastorear las parcelas experimentales permanecieron en un potrero reserva. Todos los animales tuvieron libre acceso a agua y minerales.

### 3.3. Determinaciones

#### 3.3.1. Producción de forraje

La disponibilidad de forraje se midió por el método de muestreo manual el día anterior a la entrada de los animales a cada parcela. Además al término de cada período de pastoreo se tomaron muestras para estimar el forraje residual. La producción de forraje seco se estimó por diferencia; en ambos casos se tomaron al azar 10 muestras de 1,0 m<sup>2</sup> cada una por parcela cortadas a ras del suelo. Estas muestras se pesaron y se les determinó el porcentaje de materia seca en la estufa a una temperatura de 100°C durante 24 horas.

En cada parcela se determinó la producción de biomasa, incluyendo bajo esta denominación no solo la producción de pasto estrella sino también la producción de las demás gramíneas presentes en la pradera al momento de efectuar el muestreo. Este criterio se utilizó para calcular el número de animales.

El número de animales asignado a cada parcela se calculó dividiendo la producción total de materia seca entre el producto de los

kilogramos de forraje ofrecidos por animal y por día y el número de días de permanencia u ocupación según la fórmula siguiente:

$$\text{Nº animales por parcela} = \frac{\text{Producción de forraje seco}}{\text{kg por animal x días de ocupación}}$$

### 3.3.2. Porcentaje de área contaminada por heces

Esta medida se efectuó considerando una faja de 10 m de ancho a través de toda la longitud de la parcela; se midió el diámetro y el número total de heces y el área se expresó como un porcentaje del área total de la parcela y en m<sup>2</sup> por hectárea.

### 3.3.3. Composición botánica

La determinación de la composición botánica en cada parcela se efectuó por el método de doble muestreo, consistente en tomar al azar 100 observaciones visuales y cada 10 de estas, cosechar un área de 0,25 x 0,25 m y determinar para estos puntos los porcentajes de pasto estrella y maleza y por medio de la ecuación de regresión  $y = a + bx$ , ajustar los valores observados a los valores calculados. Esta determinación se realizó al comienzo y al final del período experimental y sirvió para ajustar los datos de producción en base a pasto estrella solamente.

### 3.3.4. Porosidad total

Esta determinación se hizo por la técnica citada por Forsythe (41) mediante la fórmula:

$$\% E = ((D_s - D_a) / D_s) \times 100$$

donde:

E = porosidad total

Ds = densidad de partículas

Da = densidad aparente

### 3.3.5. Espacio aéreo

El espacio aéreo se calculó de acuerdo a las técnicas indicadas por Forsythe (41) y empleando la fórmula:

$$E_a = \text{Porosidad total} - \text{Humedad volumétrica}$$

Las determinaciones de porosidad total y espacio aéreo se hicieron por duplicado en cada parcela.

### 3.4. Análisis químico de la planta

#### 3.4.1. Proteína cruda

La determinación de la proteína cruda en el forraje se hizo de acuerdo al método de Micro Kjeldahl.

#### 3.4.2. Calcio, Magnesio y Fósforo

La extracción de estos minerales se hizo por digestión, empleando la mezcla nítrico-perclórica (5:1) y ácido sulfúrico. Las lecturas del calcio y magnesio se hicieron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 303. Las lecturas de fósforo se efectuaron en el fotocolorímetro Coleman Junior II, Modelo 6/20 en la longitud de onda 650

3.4.3. Pared celular y fibra

La determinación de estos constituyentes del tejido vegetal se hizo mediante el método de extracción con fibra detergente neutra de vansoest.

3.4.4. Digestibilidad in vitro de la materia seca y de la materia orgánica

La determinación se hizo por el método de Tilley & Terry, mediante fermentación por 48 horas con microorganismos del rumen seguido por una fermentación con ácido clorhídrico y pepsina por un tiempo igual.

3.4.5. Utilización anual del forraje ofrecido

La estimación de la utilización anual del forraje se hizo empleando la fórmula dada por Campbell (19, 20).

$$\text{Utilización anual} = \frac{\sum E_i}{A_o + \sum P_i}$$

donde:

$E_i$  = consumo de materia seca/área en el período  $i$

$A_o$  = forraje seco disponible/área al inicio del ensayo

$P_i$  = producción neta de materia seca/área

Todos los análisis se hicieron en el forraje ofrecido y en el rechazado, cada muestra se analizó por duplicado y al momento de tomar éstas en el campo el pasto se encontraba en época de floración.

### 3.5. Diseño y análisis de la información

Se utilizó un diseño "rotatable de composición central" (23) con 4 factores y 5 niveles de cada uno.

Los factores y los niveles incluidos en el estudio se indican a continuación:

Largo del período de pastoreo en días

1      4      7      10      13

Largo del período de descanso en días

7      14      21      28      35

Presión de pastoreo, en base a kilogramos de materia seca  
ofrecidos por animal y por día

5      10      15      20      25

Niveles de nitrógeno en kilogramos por hectárea y por año

0      125      250      375      500

Código:      -2      -1      0      +1      +2

La comparación entre promedios de tratamientos se hizo por medio de las pruebas de "F" y de "t".

Combinación de tratamientos en código

Puntos factoriales

Trata- mientos	Po.	PD.	PP.	N	Trata- mientos	Po.	PD.	PP.	N
1	-1	-1	-1	-1	9	-1	-1	-1	1
2	1	-1	-1	-1	10	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	11	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1	12	1	1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	13	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1	14	1	-1	1	1
7	1	1	1	-1	15	-1	1	1	1
8	1	1	1	-1	16	1	1	1	1

Puntos axiales

Puntos centrales

Trata- mientos	Po.	PD.	PP.	N	Trata- mientos	Po.	PD.	PP.	N
17	-2	0	0	0	25	0	0	0	0
18	2	0	0	0	26	0	0	0	0
19	0	-2	0	0	27	0	0	0	0
20	0	2	0	0	28	0	0	0	0
21	0	0	-2	0	29	0	0	0	0
22	0	0	2	0	30	0	0	0	0
23	0	0	0	-2	31	0	0	0	0
24	0	0	0	2	32	0	0	0	0

### 3.5.1. Medición de las respuestas

Como criterios para medir la respuesta tanto del suelo como del pasto a los diferentes tratamientos se usaron los parámetros siguientes: composición botánica inicial y final, eficiencia de utilización, área cubierta por heces, porosidad y espacio aéreo, Ca, Mg y K, proteína cruda, pared celular y fibra cruda, digestibilidad in vitro, producción y tasa de crecimiento diario de forraje por fases y total por año.

El análisis estadístico de la información se hizo por medio del modelo de superficie de respuesta ajustada a la siguiente ecuación:

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2 + b_{12} X_1X_2 + b_{13} X_1X_3 + b_{14} X_1X_4 + b_{23} X_2X_3 + b_{24} X_2X_4 + b_{34} X_3X_4$$

donde:

- y = variable de respuesta
- X<sub>1</sub> = período de ocupación
- X<sub>2</sub> = período de descanso
- X<sub>3</sub> = presión de pastoreo (disponibilidad diaria de forraje seco/animal)
- X<sub>4</sub> = dosis de nitrógeno
- b<sub>0</sub> = constante

Los datos de producción de forraje seco se analizaron durante 4 fases, la primera fase abarcó un total de 126 días, la segunda fase de 76 días, la tercera fase de 60 días y una cuarta fase de 76 días.

Para cada fase se determinó además la tasa de producción diaria de forraje la cual en ensayos de intervalo-frecuencia da una estimación más confiable del efecto de los tratamientos ya que generalmente estos abarcan períodos de tiempo diferentes para cada tratamiento.

Los análisis se hicieron considerando primero la producción total de biomasa de la pradera y luego considerando la producción de pasto estrella para lo cual se efectuó una corrección proporcional al porcentaje de pasto determinado en la composición botánica.

Una vez ajustados los datos al modelo de superficie de respuesta se efectuó el análisis de variancia según el siguiente esquema:

<u>Fuente de variación</u>	<u>Grados de libertad</u>
Atribuible a la regresión	14
Parte lineal	4
Parte cuadrática pura	4
Parte cuadrática mixta	6
Desvío del modelo	10
Error puro	7
Total	31

Los resultados experimentales fueron procesados en la computadora IBM, Modelo 1130 del Departamento de Computación y Estadística del IICA-CATIE.

El período experimental abarcó un total de 340 días comprendidos entre enero de 1973 y enero de 1974.

3.6. Datos meteorológicos

En el Cuadro 1 del Apéndice se incluyen los principales datos meteorológicos del tiempo que duró el ensayo. Como puede observarse el período comprendido entre enero y mayo de 1973 fue más seco que el resto del período experimental.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados y discusión se presentan considerando el efecto de cada factor en estudio según el orden siguiente: largo del período de ocupación, largo del período de descanso, disponibilidad diaria de forraje seco por animal y dosis de nitrógeno. Primero se discute el efecto de cada factor sobre la tasa de crecimiento y la producción de la biomasa total de la pradera y del pasto estrella. que la compone y luego su efecto sobre otras variables medidas en la pradera.

##### 4.1. Efecto del largo del período de ocupación

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de este factor en la tasa de crecimiento diario de la biomasa a través de las cuatro fases en que se dividió el experimento. Sólo se encontró una significancia ( $P < 0,05$ ) para el coeficiente cuadrático del efecto del largo del período de ocupación durante la fase 3, como se observa en el Cuadro 4 del Apéndice.

En la fase 4 se observó un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) para el coeficiente de la interacción del largo del período de ocupación y la presión de pastoreo. En términos generales a medida que aumentó el número de días de ocupación se observó una tendencia a disminuir el promedio anual de la tasa de crecimiento de la biomasa. Este efecto de disminución era esperado y es explicable pues, a mayor tiempo de permanencia de los animales en la pradera, mayores son las pérdidas que ocurren por pisoteo y daños mecánicos, lo cual afecta

Cuadro 2. Efecto del largo del período de ocupación sobre la tasa de incremento diario de la biomasa. En kg/ha de M.S.

Período de ocupación (Días)	F A S E S				Promedio
	1	2	3	4	
1	17,15	26,39	18,35	5,86	16,94
4	11,38	29,38	13,21	13,53	17,15
7	16,61	27,09	29,86	15,23	21,52
10	13,94	31,74	11,92	16,45	18,51
13	16,41	6,54	18,32	3,41	11,18
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_1$	2,24	-330,08	850,54	-177,88	39,28
$b_{11}$	-8,85	- 10,71	- 56,37**	- 25,86	-25,50**
$b_{12}$	11,72	16,01	3,22	- 3,70	7,63
$b_{13}$	6,63	-9,22	-1,51	31,94**	5,82
$b_{14}$	0,11	1,01	-0,48	0,66	0,28

\*\* ( $P < 0,05$ ) "Prueba de "t".

la tasa de crecimiento de la pradera (8). Puede notarse en el Cuadro 2 que durante las fases 2 y 3 la tasa de crecimiento de la biomasa fue mayor que durante las fases 1 y 4. Esto se debió en parte a la mayor precipitación pluvial ocurrida durante esas fases.

La tendencia encontrada con la producción total de la biomasa por efecto del largo del período de ocupación se incluye en el Cuadro 3. Los resultados tanto por fase como para la producción total

fueron similares a los observados para la tasa de crecimiento. Esto se debe a que en el cálculo de la producción se utilizan las tasas de crecimiento diario de la biomasa o del pasto estrella.

Cuadro 3. Efecto del largo del período de ocupación sobre la producción de la biomasa, en kg/ha de M.S.

Período de ocupación (Días)	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
1	1.886	2.850	1.156	381	6.273
4	1.445	2.503	804	865	5.616
7	1.891	1.999	1.314	1.056	6.719
10	1.294	3.003	591	1.805	6.265
13	1.674	354	971	293	3.202
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_1$	-22,70	-45,67	32,03	3,20	-40,62
$b_{11}$	- 1,11	0,23	-2,18*	-1,85	-4,38
$b_{12}$	1,24	1,10	0,30	-0,27	2,38
$b_{13}$	0,70	0,85	-0,26	1,62	2,89
$b_{14}$			-0,01*		0,03

\* ( $P < 0,10$ )

El efecto del largo del período de ocupación sobre la tasa de crecimiento del pasto estrella en la pradera se presenta en el Cuadro 4. Los resultados siguen la misma tendencia de los observados en el caso de la biomasa. Durante la fase 3 hubo una tendencia significativa ( $P < 0,10$ ) como se nota en el Cuadro 7 del Apéndice, a aumentar la tasa de crecimiento para luego disminuir en forma significativa ( $P < 0,05$ ) cuando el tiempo de pastoreo fue prolongado.

Cuadro 4. Efecto del largo del período de ocupación sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella, en kg/ha de M.S.

Período de ocupación (Días)	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
1	12,69	17,42	17,38	3,34	11,21
4	8,35	18,61	7,92	6,58	10,37
7	9,42	17,21	18,24	7,97	13,47
10	9,91	19,52	6,80	8,72	11,26
13	11,97	4,74	11,54	1,88	7,46
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_1$	-99,81	-123,98	631,43*	-37,95	84,53
$b_{11}$	-6,96	-6,89	-38,00**	-14,24	-15,98**
$b_{12}$	7,76	12,06	4,54	1,00	6,34
$b_{13}$	2,61	-12,43	-8,08	9,21	-2,17
$b_{14}$		0,51	-0,34	0,40	0,15

\* ( $P < 0,10$ )

\*\* ( $P < 0,05$ )

Esto puede deberse a que a mayor tiempo de permanencia de los animales en la pradera seleccionan más el forraje con la consiguiente disminución de las reservas de la planta, lo cual puede retardar su crecimiento posterior (8). Al igual que en el caso de la biomasa las mayores tasas de crecimiento del pasto estrella se produjeron en las fases 2 y 3.

En el Cuadro 5 se incluyen los resultados de la producción total del pasto estrella por fase y durante todo el tiempo experimental. Los análisis estadísticos mostraron efectos significativos ( $P < 0,05$ ) de los tratamientos durante las fases 2 y 3 como se observa en los Cuadros 4 y 6 del Apéndice. Durante las fases 3 y 4 al aumentar el largo del tiempo de ocupación se encontró un efecto significativo ( $P < 0,10$ ) que tendió a disminuir la producción total de pasto. En el caso de la producción total del tiempo experimental solo fue significativo ( $P < 0,05$ ) el efecto de la interacción del largo de los períodos de ocupación y descanso o sea, que al aumentar el largo de permanencia de los animales en la pradera y el tiempo de descanso la producción tiende a disminuir.

El efecto del largo del período de ocupación sobre la composición botánica de la pradera y la tendencia de la misma se observa en el Cuadro 6. Se puede notar como este factor no tuvo efecto significativo sobre esta variable. Al considerar el efecto de todos los factores en estudio sobre la composición botánica debe tenerse presente que el porcentaje inicial de pasto estrella en la pradera fue del 82 por ciento. En el presente caso, se observa que todos los niveles

Cuadro 5. Efecto del largo del período de ocupación sobre la producción del pasto estrella, en kg/ha de M.S.

Período de ocupación (Días)	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
1	1.396	1.881	717	217	4.211
4	1.060	1.571	486	496	3.554
7	1.376	1.356	859	591	4.393
10	1.148	1.849	352	528	3.881
13	1.222	241	612	161	2.236
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_1$	-8,84	26,72	24,51	5,39	-13,55
$b_{11}$	-0,86	0,31	-1,39**	-1,04*	-2,40
$b_{12}$	0,81	1,04	0,34		2,19**
$b_{13}$	0,22	-0,20	-0,60	0,38	-0,19

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

del período de ocupación causaron una disminución en el contenido de estrella.

En el Cuadro 6 se presenta también el efecto del largo del período de ocupación sobre el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo. En el primer caso el análisis estadístico mostró diferencias significativas (P < 0,01) como se observa en el Cuadro

Cuadro 6. Efecto del largo del período de ocupación sobre la composición botánica, el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo.

Período de ocupación (Días)	Composición botánica (% de estrella)	Área de heces (m <sup>2</sup> /ha)	Espacio aéreo (%)
1	57,41	57,00	5,15
4	55,57	52,00	8,56
7	56,28	38,00	8,90
10	48,88	56,00	8,40
13	74,80	80,00	8,66

Coeficientes de regresión (x 10 <sup>-2</sup> )			
b <sub>1</sub>	413,21	-14,21	234,44**
b <sub>11</sub>	8,96	0,99*	-6,06*
b <sub>12</sub>	5,25	0,35	-0,85
b <sub>13</sub>	-39,84*	-0,53	-5,73*
b <sub>14</sub>	-0,31		-0,16

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

17 del Apéndice. Los promedios del área cubierta por heces siguen una tendencia cuadrática a aumentar, lo cual indicaría que mientras más largo el período de ocupación, mayor es el área cubierta. El aumento en el área cubierta por heces con períodos de ocupación estaría de acuerdo a lo expresado por McLusky (65) quien dice que el

grado de contaminación por heces es función directa del número de días de ocupación y del consumo del forraje por el animal.

En el caso del espacio aéreo del suelo, los análisis mostraron efectos significativos entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) como puede verse en el Cuadro 18 del Apéndice. En el Cuadro 6 se observa una tendencia a aumentar el espacio aéreo del suelo con aumentos en los días de ocupación, para luego disminuir. La significancia de los coeficientes lineal ( $P < 0,05$ ) y cuadrático ( $P < 0,10$ ) indican que se produciría una disminución del espacio aéreo cuando los períodos de ocupación son largos. Esto se explica por la mayor permanencia de los animales en la pradera lo cual ocasionaría una mayor compactación del suelo.

Se encontró un efecto significativo ( $P < 0,10$ ) para la interacción del largo del período de ocupación y la disponibilidad de forraje en su efecto sobre el espacio aéreo. El coeficiente es negativo lo cual indica que mientras más largo sea el período de ocupación el espacio aéreo aumenta, pero este efecto sería contrarrestado por una disminución en la presión de pastoreo.

El efecto del largo del período de ocupación sobre el contenido promedio de los minerales: calcio, magnesio y fósforo y las tendencias encontradas se incluyen en el Cuadro 7. Puede observarse como el porcentaje de estos minerales varió poco por efecto de este factor. Solo en el caso del calcio se observa un efecto significativo ( $P < 0,10$ ) del largo del período de ocupación y de la interacción de éste con la disponibilidad de forraje ( $P < 0,05$ ). Los análisis no

mostraron efectos significativos como se puede ver en los Cuadros 23 a 25 del Apéndice. El bajo contenido de minerales que se obtuvo pudo deberse a que en el momento de la toma de muestras el pasto se encontraba en floración y posiblemente en otro estado vegetativo la respuesta hubiera sido diferente.

Cuadro 7. Efecto del largo del período de ocupación sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella.  
En porcentaje.

Período de ocupación (Días)	Calcio	Magnesio	Fósforo
1	0,27	0,26	0,18
4	0,22	0,15	0,16
7	0,25	0,16	0,20
10	0,23	0,15	0,19
13	0,22	0,14	0,23
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )			
$b_1$	5,24*	-0,44	1,54
$b_{11}$	-0,10	0,10	-0,06
$b_{12}$	0,02	-0,02	
$b_{13}$	-0,26**		

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

El efecto del largo del período de ocupación sobre los contenidos de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella se incluyen en el Cuadro 8 junto con los análisis de tendencia.

Cuadro 8. Efecto del largo del período de ocupación sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella. En porcentaje.

Período de ocupación (Días)	Proteína	Pared celular	Fibra	Digestibilidad	Eficiencia de utilización
1	8,05	69,38	66,49	56,68	70,89
4	9,73	69,81	66,90	51,95	81,29
7	9,20	68,41	66,12	50,54	79,97
10	8,80	67,31	64,98	50,13	84,10
13	6,50	71,14	68,63	46,13	84,28
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_1$	82,90	-166,07*	-31,33	383,64**	48,60
$b_{11}$	-4,22	4,38	-2,60	-3,89	-5,70
$b_{12}$	0,56	1,34	0,86	-7,34*	-1,09
$b_{13}$	-1,28	-0,38	-1,80	-9,86	4,72
$b_{14}$	-1,23	0,24	0,21	-0,22	0,21

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

De todos estos parámetros solamente se encontraron efectos significativos en el contenido de pared celular ( $P < 0,10$ ) y para la digestibilidad ( $P < 0,05$ ). En el primer caso a medida que aumenta el largo del período de ocupación disminuye el contenido de pared celular que tiene el pasto estrella al comienzo del próximo pastoreo. Esto a su vez explicaría el aumento que ocurre en la digestibilidad al aumentar el período de ocupación. Estos efectos del largo del período de ocupación podrían explicarse porque al permanecer más días los animales en la pradera consumirían en una forma más completa el forraje. Esto significaría que después de períodos uniformes de descanso el forraje disponible sería de mayor digestibilidad en las praderas sometidas anteriormente a períodos más largos de pastoreo.

#### 4.2. Efecto del largo del período de descanso

En los Cuadros 9 y 10 se presenta el efecto de este factor sobre la tasa de crecimiento y producción de la biomasa. Nuevamente las mayores tasas de crecimiento y producción ocurrieron durante las fases 2 y 3.

No se encontraron efectos significativos de este factor, tanto para las fases individuales como para todo el período experimental.

Al considerar el tiempo total del experimento se encontró significancia ( $P < 0,05$ ) para el coeficiente de la interacción, largo del período de descanso y presión de pastoreo. Los aumentos en la producción por efecto del alargamiento del período de descanso serían

Cuadro 9. Efecto del largo del período de descanso sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa, en kg/ha de M.S.

Período de descanso (Días)	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
7	11,90	39,93	24,72	21,70	21,57
14	10,35	34,56	9,98	7,97	16,70
21	16,79	24,66	27,78	13,69	20,73
28	14,97	26,55	15,15	19,31	18,97
35	19,10	0,75	41,46	9,23	17,64
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_2$	6,82	181,64	285,25	29,22	161,94
$b_{21}$	11,72	16,01	3,22	-3,71	7,63
$b_{22}$	-2,28		-2,82	0,75	-1,86
$b_{23}$	0,11	-16,87	-5,35	-4,03	-6,85*
$b_{24}$	0,14	-0,50	-0,26	0,20	-0,12

\* ( $P < 0,10$ )

contrarrestados por disminuciones en la producción por efecto de la menor presión de pastoreo. La falta de significancia del efecto del largo del período de descanso sobre la biomasa puede deberse a la compensación en la respuesta de las especies que componen la pradera.

Cuadro 10. Efecto del largo del período de descanso sobre la producción de la biomasa, en kg/ha de M.S.

Período de descanso (Días)	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
7	1.498	2.876	1.483	1.361	5.720
14	1.152	2.849	536	1.397	5.332
21	1.866	2.019	1.348	956	6.190
28	1.429	2.657	833	1.274	6.549
35	2.407	45	1.368	711	4.531
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_2$	-4,81	28,82	17,99	0,33	56,04
$b_{21}$	1,24	1,10	0,30	-0,27	2,38
$b_{22}$	-0,11	-0,03	-0,22	0,01	-0,63
$b_{23}$	0,01	-1,92**	-0,51	-0,11	-2,53**
$b_{24}$			-0,02		

\*\* (P < 0,05)

Los resultados obtenidos para la tasa de crecimiento y la producción del pasto estrella aparecen en los Cuadros 11 y 12. Los análisis estadísticos mostraron un efecto significativo durante las fases 2 y 3. Durante la fase 2 hubo significancia para la tasa de crecimiento del pasto estrella por efecto de las interacciones entre el largo del período de descanso y la presión de pastoreo (P < 0,05) y

Cuadro 11. Efecto del largo del período de descanso sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella, en kg/ha de M.S.

Período de descanso (Días)	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
7	7,38	19,97	9,90	6,48	10,93
14	7,27	21,61	5,98	5,23	10,03
21	12,55	16,11	17,86	7,67	13,45
28	10,99	16,52	8,74	10,07	11,58
35	11,27	0,40	18,24	2,86	8,19
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_2$	65,78	264,73	347,60**	126,15	196,70***
$b_{21}$	7,76	12,06	4,52	1,00	6,34*
$b_{22}$	-2,81	-1,66	-5,65*	-1,56	-2,82**
$b_{23}$	0,11	-12,90**	-4,33	-3,20	-5,08**
$b_{24}$		-0,53***	-0,22		-0,17**

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

\*\*\* (P < 0,01)

entre el largo del período de descanso y la fertilización nitrogenada (P < 0,01). Esto indica que para esta época del año a medida que se aumenta el largo del período de descanso la tendencia a aumentar

Cuadro 12. Efecto del largo del período de descanso sobre la producción del pasto estrella, en kg/ha de M.S.

Período de descanso (Días)	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
7	929	1.438	593	408	3.368
14	896	1.794	348	338	3.344
21	1.345	1.409	869	535	4.088
28	1.312	1.623	490	665	4.091
35	1.420	23	602	220	2.265
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_2$	3,88	27,35	18,42**	6,59	51,87**
$b_{21}$	0,81	1,04	0,34		2,19*
$b_{22}$	-0,23	-0,11	-0,29**	0,13	-0,65**
$b_{23}$		-1,40***	-0,36	-0,07	-1,82**
$b_{24}$		-0,04**			-0,02*

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

\*\*\* (P < 0,01)

la tasa de crecimiento del pasto estrella se vería contrarrestada por una disminución en la tasa de crecimiento por efecto del aumento en la disponibilidad diaria de forraje o en la fertilización nitrogenada.

Durante la fase 3 se encontró que a medida que aumenta el largo del período de descanso la tasa de crecimiento primero aumenta para luego disminuir. Esto se aprecia en el Cuadro 11 y en la significancia de los coeficientes lineal positivo ( $P < 0,05$ ) y cuadrático negativo ( $P < 0,10$ ) para dicha fase y puede deberse a que la planta alcanza su máxima tasa de crecimiento a un tiempo determinado después del pastoreo a partir del cual la tasa de fotosíntesis no sería lo suficientemente alta para contrarrestar los efectos de la respiración, como lo demuestran los trabajos de Brougham (12).

Los resultados obtenidos durante la fase 3 muestran la necesidad de disminuir el largo del período de descanso para obtener los máximos beneficios del pasto estrella durante la época de crecimiento más activo. Esto se desprende de la significancia del coeficiente cuadrático negativo ( $P < 0,10$ ).

Los resultados y las tendencias encontradas para la tasa de crecimiento promedio y la producción total durante el período experimental fueron similares. La mayor tasa de crecimiento diario fue de 13,45 kg y se obtuvo con 21 días de descanso. Períodos de descanso más largos tendieron a disminuir los rendimientos en forma significativa ( $P < 0,05$ ). Esto puede deberse a una disminución en la tasa de fotosíntesis, lo que estaría de acuerdo con los trabajos de Brougham (12) y Blaser (8). Esta disminución es producto de una acumulación de forraje lo que no favorecería un consumo adecuado por los animales cuando el período de descanso es muy largo. A su vez esto resultará en un descenso de la digestibilidad como se aprecia en el Cuadro 15.

Para todo el experimento se observó además un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la interacción del largo del período de descanso con la presión de pastoreo y con la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento y producción. La tendencia de aumentar los rendimientos al aumentar el largo del tiempo de descanso se ve disminuida cuando los períodos largos de descanso se combinan con altas disponibilidades de forraje por animal, o con altas dosis de nitrógeno.

El largo del período de descanso tuvo también un efecto significativo ( $P < 0,01$ ) sobre los cambios ocurridos en la composición botánica de la pradera. En el Cuadro 13 se observa como existió una tendencia a aumentar el porcentaje de estrella por cada período adicional de descanso hasta los 28 días. Esto puede deberse a que a mayor intervalo entre pastoreos mayor sería la oportunidad que tiene la planta de utilizar sus reservas para crecer y poder así competir con otras especies (14, 71). El menor porcentaje de pasto estrella en praderas con 35 días de descanso puede estar relacionado con la baja tasa de crecimiento de éste como se observa en el Cuadro 11, lo cual pudo dar oportunidad al desarrollo de otras gramíneas que constituirían la pradera. Esto puede explicar la falta de significancia para la tasa de crecimiento de la biomasa como se presenta en el Cuadro 9.

El largo del período de descanso no tuvo efecto significativo sobre el área cubierta por heces lo cual puede deberse a que bajo las condiciones del trópico húmedo la descomposición de las heces es lo suficientemente rápida para no tener efecto sobre la pradera.

Cuadro 13. Efecto del largo del período de descanso sobre la composición botánica, el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo.

Período de descanso (Días)	Composición botánica (% de estrella)	Área heces (m <sup>2</sup> /ha)	Espacio aéreo (%)
7	30,00	42,00	6,26
14	48,98	62,00	8,60
21	51,89	43,00	9,05
28	55,46	46,00	8,40
35	31,46	23,00	5,51

Coeficientes de regresión (x 10<sup>-2</sup>)

b <sub>2</sub>	956,83***	-5,61	11,46
b <sub>21</sub>	5,25	0,35	-0,85
b <sub>22</sub>	-16,40**		-1,63**
b <sub>23</sub>	-5,81	0,09	3,06**
b <sub>24</sub>	-0,74*		0,06

- \* (P < 0,10)
- \*\* (P < 0,05)
- \*\*\* (P < 0,01)

Se encontró un efecto significativo (P < 0,05) del largo del período de descanso sobre el espacio aéreo del suelo. Este disminuye al aumentar el intervalo entre pastoreos y parece estar relacionado

con el número de animales que entraron en las praderas ya que la interacción de este factor con la disponibilidad de forraje por animal también fue significativo ( $P < 0,05$ ).

Los porcentajes de calcio, magnesio y fósforo fueron poco afectados por los cambios en el período de descanso como se observa en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Efecto del largo del período de descanso sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje.

Período de descanso (Días)	Calcio	Magnesio	Fósforo
7	0,29	0,16	0,17
14	0,23	0,16	0,18
21	0,26	0,17	0,20
28	0,22	0,15	0,17
35	0,15	0,16	0,15
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )			
$b_2$	1,03	-0,66	0,93
$b_{21}$		-0,02	
$b_{23}$		0,02	0,02

El efecto del largo del período de descanso sobre los contenidos de proteína, pared celular, fibra cruda, eficiencia de utilización

y digestibilidad in vitro, aparecen en el Cuadro 15. Los cambios en los cuatro primeros parámetros no fueron significativos. Por el contrario, sí hubo cambios significativos ( $P < 0,05$ ) en la digestibilidad como se observa en el Cuadro 22 del Apéndice.

Cuadro 15. Efecto del largo del período de descanso sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella. En porcentaje.

Período de descanso (Días)	Proteína	Pared celular	Fibra	Digestibilidad	Eficiencia de utilización
7	8,98	70,87	67,64	52,48	88,29
14	9,71	67,15	64,57	54,34	85,74
21	9,00	68,50	66,03	49,78	78,97
28	8,82	69,96	67,28	47,74	79,65
35	8,40	68,38	65,73	46,13	81,76
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_2$	-17,50	28,20	63,30	-143,11*	178,64
$b_{21}$	0,60	1,30	0,90	-7,30	-1,09
$b_{22}$	-0,10	0,50	-0,20	2,00	0,88
$b_{23}$	0,50	-2,30	-2,40	0,50	11,60
$b_{24}$			-0,10	0,30**	-0,21

\* ( $P < 0,10$ )

\*\* ( $P < 0,05$ )

La tendencia encontrada fue de una disminución en la digestibilidad al aumentar el intervalo entre pastoreos debido posiblemente al mayor contenido de tallos en relación al de hojas, lo que estaría de acuerdo con los trabajos de Burton, Jackson y Hart (16). Se encontró además, un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la interacción del largo del período de descanso y la dosis de nitrógeno. Esto pudo deberse a una acumulación de forraje cuando la dosis de nitrógeno fue alta y el período de descanso largo (16).

#### 4.3. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal

En los Cuadro 16 y 17 se presenta el efecto de este factor sobre la tasa de crecimiento y la producción de la biomasa. En ambos parámetros durante la fase 1, se encontró una tendencia significativa ( $P < 0,10$ ) a disminuir los rendimientos al aumentar la disponibilidad de forraje por animal. Esto se puede explicar debido a que a mayor cantidad de forraje disponible el animal no alcanza a hacer un consumo adecuado, lo cual resulta en una condición de subpastoreo que no favorece una mayor tasa de crecimiento. Durante la fase 2 la tendencia fue inversa o sea que al aumentar la disponibilidad de forraje aumentó la tasa de crecimiento y la producción. La diferencia en la respuesta en ambas fases puede deberse a que durante la época seca la planta tiende al crecimiento reproductivo con mayor facilidad y por lo tanto, la tasa de fotosíntesis en relación con la masa de forraje es menor debido a la acumulación de este último. Este forraje estaría compuesto por tallos y hojas fisiológicamente menos eficientes como lo demuestran los trabajos de Blaser (8) y Brougham

Cuadro 16. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa. En kg/ha de M.S.

Disponibilidad kg M.S.	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
5	12,02	48,03	30,37	18,40	27,21
10	8,50	26,49	15,83	18,86	17,42
15	17,47	23,79	28,61	13,78	20,28
20	16,81	34,62	9,30	11,12	18,27
25	9,47	28,55	23,89	11,08	18,25
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_3$	256,35	-9,97	397,92	-291,93	101,05
$b_{31}$	6,63	-9,22	-1,51	31,94**	5,82
$b_{32}$	0,11	-16,87	-5,35	-4,03	-6,85
$b_{33}$	-9,22*	17,95*	-11,50	0,79	-0,51
$b_{34}$	0,09	-0,35	0,06	0,26	0,03

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

(12). Durante la época húmeda la planta está en crecimiento activo y los tejidos mantienen el nivel de fotosíntesis durante un período de tiempo más largo.

En la fase 4 se encontró un efecto significativo (P < 0,05) para

la interacción de la disponibilidad diaria de forraje y el largo del período de ocupación, lo cual ha sido discutido previamente.

Cuadro 17. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje sobre la producción de la biomasa. En kg/ha de M.S.

Disponibilidad kg M.S.	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
5	1.346	3.218	1.397	1.656	7.617
10	1.027	2.640	919	1.188	5.774
15	1.973	1.786	1.371	926	5.950
20	2.034	2.865	583	1.482	6.107
25	1.061	2.969	1.123	853	6.006
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_3$	28,06	-5,79	22,48	-23,89	15,09
$b_{31}$	0,68	-0,85	-0,26	1,62	2,89
$b_{32}$	0,01	-1,92**	-0,51	- 0,11	-2,53**
$b_{33}$	-0,97*	1,57*	-0,59	0,25	0,45
$b_{34}$	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

Para la tasa de crecimiento promedio y la producción total de la biomasa no se encontró un efecto significativo de los factores para el tiempo total de experimentación. El único efecto significativo

fue el de la interacción de la presión de pastoreo y el largo del período de descanso cuyo efecto se ha explicado anteriormente.

Los resultados obtenidos para la tasa de crecimiento y producción del pasto estrella se incluyen en los Cuadros 18 y 19.

Cuadro 18. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella. En kg/ha de M.S.

Disponibilidad kg M.S.	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
5	7,69	24,56	13,97	5,70	13,21
10	6,09	15,52	8,28	9,05	9,74
15	8,70	15,30	17,65	7,38	13,45
20	12,17	22,61	6,45	6,25	11,87
25	7,39	21,13	17,20	7,65	13,34
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_3$	204,25	72,94	372,71	-56,59	142,21
$b_{31}$	2,61	-12,43	-8,08	9,21	-2,17
$b_{32}$	0,11	-12,90	-4,33	-3,20	-5,08
$b_{33}$	-7,29*	9,87	9,56*	-1,06	-1,81
$b_{34}$	0,14	0,11	0,22	0,30*	0,19*

\* ( $P < 0,10$ )

Cuadro 19. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la producción de pasto estrella. En kg/ha de M.S.

Disponibilidad kg M.S.	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
5	861	1.706	643	513	3.723
10	733	1.552	488	557	3.331
15	1.442	1.134	850	501	3.895
20	1.475	1.868	350	405	4.104
25	828	2.197	809	589	4.423
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_3$	22,11	-0,40	19,42*	-5,50	29,54
$b_{31}$	0,22	-0,20	-0,60	0,38	-0,19
$b_{32}$	0,01	-1,40	-0,36	-0,07	-1,82
$b_{33}$	-0,77	1,00**	-0,47*	-0,01	-0,01
$b_{34}$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06*

\* (P < 0,10)

\*\* (P < 0,05)

Durante la fase I a medida que aumentó la disponibilidad diaria de forraje la tasa de crecimiento disminuyó en forma significativa (P < 0,10). Esto pudo ser debido a que a medida que la disponibilidad de forraje es mayor la acumulación de éste disminuye la tasa de fotosíntesis con la consiguiente disminución en la tasa de crecimiento (8, 12).

La tasa de crecimiento promedio durante todo el experimento se presenta en el Cuadro 18 y se observa que sólo se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,10$ ) para la interacción de la disponibilidad de forraje con la dosis de nitrógeno. Esto indicaría que al aumentar ambos factores, aumenta la tasa de crecimiento del pasto estrella.

Los resultados encontrados para el efecto de la presión de pastoreo sobre la producción tanto de la biomasa como del pasto estrella indican que el efecto de este factor parece ser menos importante que los demás factores en la producción de forraje. Esto contrasta con los numerosos resultados del efecto de la presión de pastoreo sobre la producción animal (3, 50, 72, 97). Sin embargo, estaría de acuerdo a lo expresado por Blaser (8) en el sentido de que los efectos del animal sobre la pradera son a un plazo más largo que los efectos recíprocos. O que el tiempo experimental no fue lo suficientemente largo para mostrar el efecto del animal en la pradera.

En el Cuadro 20 se observa el efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la composición botánica. Aunque no se encontraron efectos significativos, hay una tendencia a disminuir el porcentaje de pasto estrella. Esto fue confirmado en las observaciones visuales en el campo y la falta de significancia puede deberse a la falta de sensibilidad en el diseño experimental utilizado.

Se encontró además un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la interacción entre la disponibilidad de forraje y la dosis de nitrógeno. Esto se explicaría debido a que a mayor dosis de nitrógeno y menor

Cuadro 20. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre la composición botánica el área cubierta por heces y el espacio aéreo del suelo.

Disponibilidad kg M.S.	Composición botánica (% de estrella)	Area heces (m <sup>2</sup> /ha)	Espacio aéreo (%)
5	31,16	93,00	9,99
10	46,69	74,00	8,52
15	58,58	40,00	8,40
20	57,75	34,00	8,46
25	68,80	17,00	10,24
Coeficientes de regresión (x 10 <sup>-2</sup> )			
b <sub>3</sub>	632,10	-6,58	-74,17
b <sub>31</sub>	-39,84	-0,53**	-5,73
b <sub>32</sub>	-5,81	0,09	3,06**
b <sub>33</sub>	-12,89	0,23	1,03
b <sub>34</sub>	1,17**	-0,01**	0,07

\*\* (P < 0,05)

presión de pastoreo más oportunidad tiene el pasto de competir con otras especies.

El área cubierta por heces mostró un efecto significativo (P < 0,05) de las interacciones de disponibilidad de forraje y largo del período de ocupación y de disponibilidad de forraje y fertilización nitrogenada. La tendencia a disminuir el área cubierta por

heces al aumentar la disponibilidad de forraje se vería contrarrestada por las mayores dosis de nitrógeno y el mayor tiempo de permanencia de los animales en la pradera y esto concuerda con los resultados obtenidos por McLusky (65) y Brockington (11).

Los cambios en el porcentaje de espacio aéreo del suelo no fueron significativos, lo que indica que los efectos de compactación del suelo debidos a una mayor presión de pastoreo no se aprecian en el lapso de un año. O que bajo las condiciones del trópico húmedo cualquier carga animal puede tener un efecto similar ya que el espacio aéreo del suelo disminuyó en todos los tratamientos en relación al porcentaje inicial el cual fue de 19,87.

Los contenidos de calcio, magnesio y fósforo del forraje no fueron influenciados por efecto de la disponibilidad diaria de forraje como se observa en el Cuadro 21. Esto indica que otros factores tales como la fertilización y el clima pueden tener más influencia que la presión de pastoreo sobre el contenido de minerales de la planta.

En el Cuadro 22 se incluye el efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre los contenidos de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto. A excepción de la digestibilidad, la presión de pastoreo no tuvo efecto significativo sobre los demás parámetros. En el caso de la digestibilidad se encontró una disminución significativa ( $P < 0,05$ ) por efecto del aumento en la disponibilidad diaria de forraje por animal. Esta disminución puede deberse a la acumulación de forraje a través de los pastoreos.

Cuadro 21. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje.

Disponibilidad kg de M.S.	Calcio	Magnesio	Fósforo
5	0,22	0,16	0,19
10	0,21	0,16	0,19
15	0,26**	0,16	0,20
20	0,24	0,15	0,18
25	0,23	0,15	0,14
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )			
$b_3$	3,38	-0,34	1,91
$b_{31}$	-0,26		-0,03
$b_{32}$	0,02	0,02	0,02
$b_{33}$	-0,06		-0,06

Se encontró también una interacción significativa ( $P < 0,05$ ) para el efecto de la disponibilidad diaria de forraje y la fertilización nitrogenada en la cual el efecto de disminuir la digestibilidad por aumentos en la disponibilidad se ve contrarrestado por las dosis más altas de nitrógeno.

En el caso de la eficiencia de utilización no se encontraron diferencias significativas. Esto contrasta con lo encontrado por numerosos investigadores (21, 50) quienes indican que al aumentar

la presión del pastoreo aumenta la eficiencia de utilización del forraje. En el caso de este experimento los altos valores encontrados para la eficiencia de utilización pueden deberse a sobreestimación del consumo, lo cual resulta en una sobreestimación de la eficiencia.

Cuadro 22. Efecto de la disponibilidad diaria de forraje por animal sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización de pasto estrella. En porcentaje.

Disponibilidad kg de M.S.	Proteína	Pared celular	Fibra	Digesti bilidad	Eficiencia de utilización
5	10,68	68,04	64,94	56,68	88,95
10	9,28	68,50	65,57	53,16	87,26
15	8,74	68,73	66,18	49,36	80,30
20	9,25	68,62	66,29	48,91	78,13
25	10,37	67,92	66,37	45,80	85,07
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_3$	-57,40	57,81	92,69	-90,74	32,50
$b_{31}$	-1,28	-0,38	-1,80	-9,86	4,72
$b_{32}$	0,49	-2,32	-2,40	0,45	-11,60
$b_{33}$	1,72	-0,67	-1,33	-6,91**	7,16
$b_{34}$	0,01	0,06	0,07	-0,35**	-0,09

\*\* (P < 0,05)

4.4. Efecto de la fertilización nitrogenada

Los resultados obtenidos para la tasa de crecimiento y producción de la biomasa se presentan en los Cuadros 23 y 24 y se observa la falta de significancia entre tratamientos. Durante la fase 3 se encontró que la tasa de crecimiento aumentó para luego disminuir.

Cuadro 23. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa, en kg/ha de M.S.

Dosis de N kg/ha/año	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
0	18,88	13,56	18,17	11,91	15,63
125	12,13	30,39	10,70	10,95	16,05
250	16,82	27,27	29,18	14,22	21,19
375	13,18	30,72	14,44	19,03	19,63
500	11,74	17,17	27,98	11,55	17,11
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_4$	-1,63	13,05	29,55**	-8,90	6,54
$b_{41}$	0,11	1,01	-0,48	0,66	0,28
$b_{42}$	0,14	-0,50	-0,26	0,20	-0,12
$b_{43}$	0,09	-0,35	0,06	0,26	0,03
$b_{44}$			-0,03***		-0,01

\*\* (P < 0,05)

\*\*\* (P < 0,01)

Cuadro 24. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de la biomasa. En kg/ha de M.S.

Dosis de N kg/ha/año	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
0	1.061	610	836	786	4.347
125	1.470	2.592	567	1.472	4.282
250	1.918	2.057	1.398	986	6.235
375	1.591	2.913	827	1.197	6.528
500	2.115	1.786	1.315	866	6.579
Coeficientes de regresión (x 10 <sup>-2</sup> )					
b <sub>4</sub>	0,25	1,55	0,84	-0,47	1,51
b <sub>41</sub>	0,01	0,02	-0,03	0,02	0,03
b <sub>42</sub>	0,01	-0,04		0,01	-0,01
b <sub>43</sub>	0,01	-0,02	0,02	0,01	0,01

En los Cuadros 25 y 26 se presentan los resultados obtenidos con el pasto estrella. Se observa al igual que en el caso de la biomasa la falta de significancia para la producción total. Sin embargo, para la tasa de crecimiento promedio y para la fase 2 se observa un efecto significativo de la interacción del largo del período de descanso y la fertilización nitrogenada como ya ha sido discutido.

Cuadro 25. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella. En kg/ha de M.S.

Dosis de N kg/ha/año	Fase experimental				Promedio
	1	2	3	4	
0	13,03	8,54	10,54	5,96	9,51
125	8,30	17,78	5,88	5,67	9,41
250	12,28	17,23	17,66	7,34	13,21
375	9,96	20,36	10,00	9,62	12,20
500	9,27	13,05	20,75	8,32	12,84
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_4$	-0,76	8,98	12,73	-5,52	3,69
$b_{41}$	0,04	0,51	-0,34	0,39	0,15
$b_{42}$	0,07	-0,53***	-0,22	0,30	-0,17**
$b_{43}$	0,14	0,11	0,22		0,19
$b_{44}$			-0,01		

\*\* (P < 0,05)

\*\*\* (P < 0,001)

Cuadro 26. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción del pasto estrella. En kg/ha de M.S.

Dosis de N kg/ha/año	Fase experimental				Total
	1	2	3	4	
0	1.459	384	485	393	2.721
125	1.005	1.525	317	350	3.206
250	1.384	1.386	850	507	3.914
375	1.204	1.895	521	609	4.229
500	1.039	1.357	973	624	3.993
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_{4}$	-0,13	0,88	0,50	-0,32	0,76
$b_{41}$		0,01	-0,02	0,01	
$b_{42}$	0,01	-0,04			-0,04
$b_{43}$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06*
$b_{44}$			-0,01*		

En el Cuadro 27 se puede observar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica. Solo se encontró significancia para el efecto de la interacción de la fertilización nitrogenada y la disponibilidad de forraje por animal. Esto concuerda con los resultados encontrados por Barnes (1960) citado por Rodel (87) quien observó que el pasto estrella no era afectado por la

defoliación intensa cuando se le aplicó más de 200 kg/ha de nitrógeno y que este nutrimento disminuye los daños ocasionados por la defoliación.

Cuadro 27. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición botánica, el área cubierta de heces y el espacio aéreo del suelo.

Dosis de N kg/ha/año	Composición botánica (% de estrella)	Area heces (m <sup>2</sup> /ha)	Espacio aéreo (%)
0	50,20	16,00	6,30
125	46,10	53,00	8,21
250	65,72	43,00	8,69
375	62,92	55,00	8,77
500	71,90	52,00	10,13
Coeficientes de regresión (x 10 <sup>-2</sup> )			
b <sub>4</sub>	6,36	0,07	-0,25
b <sub>41</sub>	-0,31		-0,16
b <sub>42</sub>	-0,74*		0,06
b <sub>43</sub>	1,17**	-0,01**	0,07

\*\*

En el Cuadro 28 se incluyen los cambios en el contenido de minerales del forraje, se puede observar un tendencia (P < 0,10) del calcio a aumentar con las mayores dosis de nitrógeno. Estos aumentos

Cuadro 28. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de calcio, magnesio y fósforo del pasto estrella. En porcentaje.

Dosis de N kg/ha/año	Calcio	Magnesio	Fósforo
0	0,20	0,20	0,18
125	0,24	0,16	0,18
250	0,29	0,16	0,21
375	0,21	0,14	0,17
500	0,20	0,13	0,10
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-4}$ )			
$b_4$	10,00	-2,00	7,00
$b_{44}$	0,03*		

\* (P < 0,10)

no están de acuerdo con lo demostrado por Garwood y Tyson (45) quienes encontraron una disminución en el contenido de calcio al aumentar la fertilización nitrogenada. Por el momento no es posible dar una explicación adecuada a los aumentos encontrados en este ensayo.

En el Cuadro 29 se incluyen los contenidos de proteína, pared celular, fibra cruda, digestibilidad in vitro de la materia orgánica, y la eficiencia de utilización. Aumentos en la dosis de nitrógeno no afectaron en el contenido de proteína. Sin embargo, los porcentajes

obtenidos son menores a los encontrados para esta misma especie y en la misma zona por Ricardo (86) y las diferencias pueden ser debidas principalmente a las condiciones de fertilidad de suelo donde se realizaron ambos ensayos.

Cuadro 29. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína, pared celular, fibra, digestibilidad in vitro de la materia orgánica y eficiencia de utilización del pasto estrella. En porcentaje.

Dosis de N kg/ha/año	Proteína	Pared celular	Fibra	Digesti- bilidad	Eficiencia de utilización
0	7,74	65,61	62,39	46,06	73,05
125	8,16	68,85	66,20	49,29	82,54
250	8,99	68,90	66,35	50,59	79,95
375	10,37	68,30	65,66	52,78	82,87
500	9,75	68,07	66,58	49,14	83,38
Coeficientes de regresión ( $\times 10^{-2}$ )					
$b_4$	1,09		0,95	-3,15	10,02
$b_{41}$	-1,23	0,24	0,21	-0,22	0,21
$b_{42}$	0,01		-0,06	0,29*	-0,21
$b_{43}$	0,01	0,06	0,07	-0,35**	0,09

\*\*

La fertilización nitrogenada no influyó en forma significativa sobre la digestibilidad. Esto estaría de acuerdo con lo expresado por Minson y McLeod (70) quienes consideran que la baja digestibilidad de las gramíneas tropicales en relación a las de clima templado sólo pueden explicarse en base a diferencias genéticas y de clima y no al efecto de la fertilización.

## 5. DISCUSION GENERAL

En este capítulo se presenta una discusión de los factores y su influencia durante todo el tiempo que duró el experimento.

En la presentación y discusión del efecto tanto del largo del período de ocupación como de descanso se encontró que los resultados obtenidos siguen las tendencias esperadas. Sin embargo, no fue posible encontrar estudios que muestren el efecto aislado del largo de los períodos de ocupación y de descanso sobre la producción y comportamiento de la pradera. Por el contrario, existen numerosos trabajos (3, 7, 30, 49, 56, 59, 73) en la literatura que demuestran el efecto del sistema de aprovechamiento del forraje sobre la producción animal. De ahí entences que en la discusión de los efectos individuales del largo del período de pastoreo y de descanso no fue posible confirmar los resultados con trabajos anteriores.

En el caso de la fertilización nitrogenada la mayoría de los estudios (21, 22, 24, 33, 54) se han dirigido a medir la respuesta de la pradera en términos de producción animal o de forraje producido y no se encontraron trabajos que estudien el efecto de este factor sobre otras características de la pradera tales como cambios en el espacio aéreo del suelo, área cubierta por heces y otros; ni tampoco trabajos en los que se haya estudiado los efectos de la fertilización asociados a los efectos de la presión de pastoreo y el ciclo de uso.

Al considerar todos los factores de manejo estudiados se encontró que estos no tuvieron efecto significativo sobre el contenido de

minerales, proteína, pared celular, fibra y eficiencia de utilización como puede verse en los Cuadros 19 a 21 y 23 a 25 del Apéndice. Esto pudo deberse al estado del ciclo vegetativo de las plantas en el cual se tomaron las muestras para los análisis respectivos. Posiblemente en otro estado de crecimiento los resultados hubieran sido diferentes.

En el caso de la eficiencia de utilización del forraje tampoco se encontraron efectos significativos como se observa en el Cuadro 15 del Apéndice. Sin embargo, en los factores estudiados la eficiencia de utilización fue superior al 70 por ciento lo cual indicaría que bajo condiciones tropicales es posible alcanzar niveles de utilización similares a los obtenidos en zonas templadas (20, 42, 83).

En el Cuadro 26 del Apéndice se incluye el efecto de los tratamientos en la composición química y digestibilidad in vitro del pasto estrella. De todos los parámetros considerados las mayores diferencias entre el forraje ofrecido y el rechazado, se encontraron en la digestibilidad de la materia orgánica. Los promedios de esta variable para cada nivel de factor estudiado se presentan en el Cuadro 30. La baja digestibilidad del forraje rechazado sería una limitación importante cuando el pasto estrella se pretende utilizar en sistemas de pastoreo, donde el forraje rechazado es consumido por animales de menor producción.

Otro aspecto de gran importancia es el efecto significativo ( $P < 0,01$ ) de la fase del año sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella, como se observa en el Cuadro 31 y en el Cuadro 14 del Apéndice.

Cuadro 30. Efecto de los niveles de factor sobre la digestibilidad in vitro de la materia orgánica del pasto estrella rechazado. En porcentaje.

Nivel de factor	Período de ocupación	Período de descanso	Disponibilidad de forraje	Dosis de nitrógeno
1	27,44	26,70	34,58	26,22
2	28,43	28,73	27,58	26,22
3	47,50	27,19	26,73	26,82
4	26,47	26,50	27,34	28,40
5	26,20	27,08	25,56	27,63

Cuadro 31. Tasa de crecimiento promedio diario del pasto estrella durante las cuatro fases experimentales. En kg/ha de M.S.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
9,84	16,39	12,21	6,69

Esto implica que aun bajo las condiciones del trópico húmedo, hay una estacionalidad en la producción de las praderas. Además, confirma lo encontrado por otros autores (86) y otras observaciones efectuadas en el área.

Aún, en las zonas más bajas del trópico las variaciones en la tasa de crecimiento de las praderas pueden bajar a un 50 por ciento de la observada en los períodos de máximo crecimiento, como lo demuestran resultados no publicados del MAG de Costa Rica.

Por lo tanto, puede decirse que la importancia de los factores de manejo se manifiestan cuando la planta se encuentra en un estado de crecimiento activo, como ocurrió en las fases 2 y 3 de este experimento. Fue durante estas fases que se encontraron efectos significativos, de los factores de manejo sobre la tasa de crecimiento y producción de la pradera. Esto indicaría que si se quiere obtener la máxima producción de forraje durante todo el año debe darse especial atención al manejo de la pradera durante las épocas en que las plantas se encuentran en su estado de crecimiento más activo. Esto es importante, ya que la atención de los factores de manejo durante esos períodos repercute sobre la producción total. Esto se desprende de la significancia de los factores de manejo considerados en forma individual para todo el período experimental.

El conocimiento de las variaciones estacionales en la producción de forraje es de importancia práctica para que el productor pueda decidir el tipo de ajuste más conveniente. Este puede consistir en el uso de subproductos agroindustriales o en la venta de animales durante la época de escasez o bien, la compra de animales o el almacenamiento del excedente de forraje durante la época de abundancia.

A partir de la función de respuesta se calcularon los Cuadros 31 a 34 del Apéndice, y a partir de estos se construyeron las Figuras 1, 2, 3 y 4.

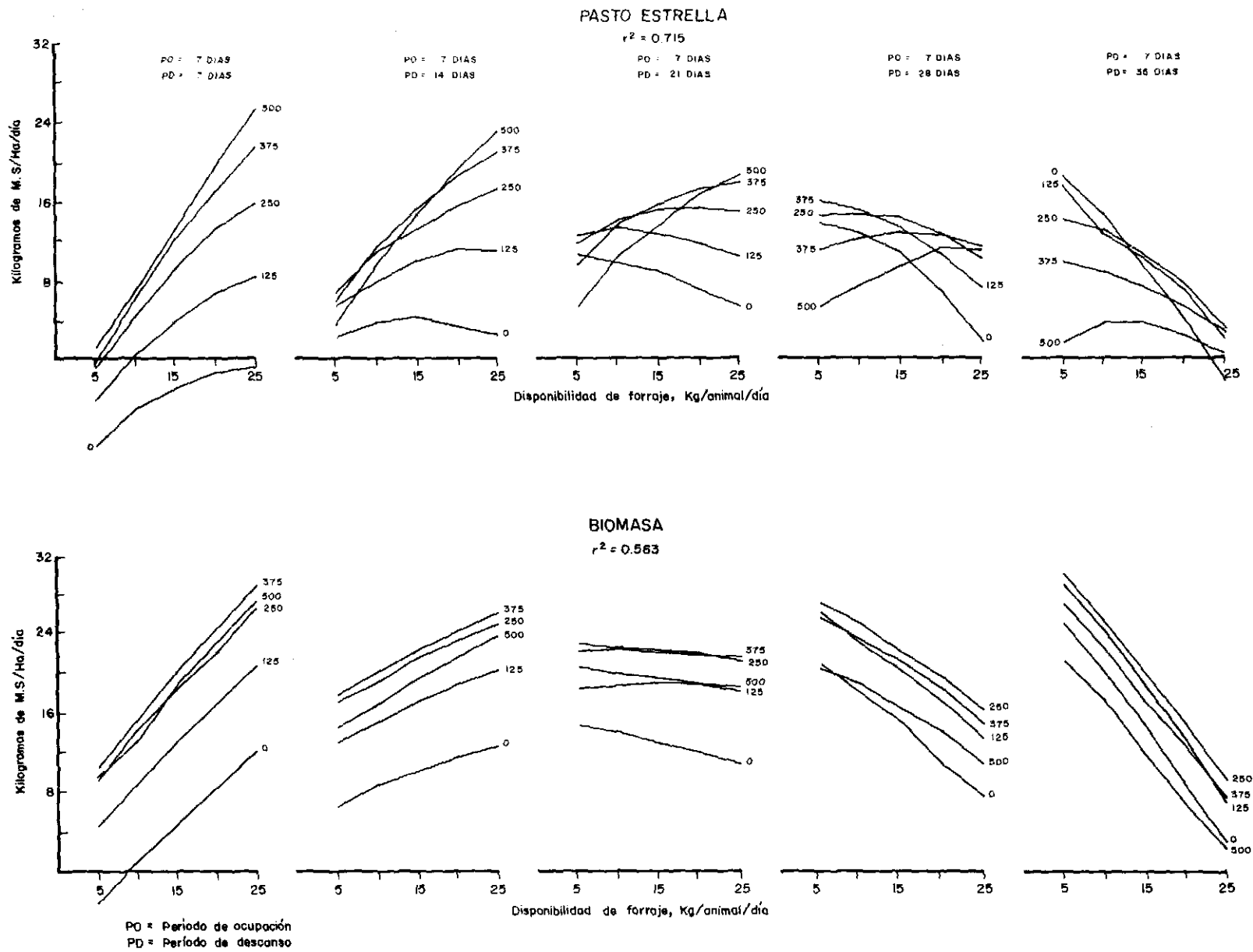


Fig. 1 Tasa de crecimiento diario.

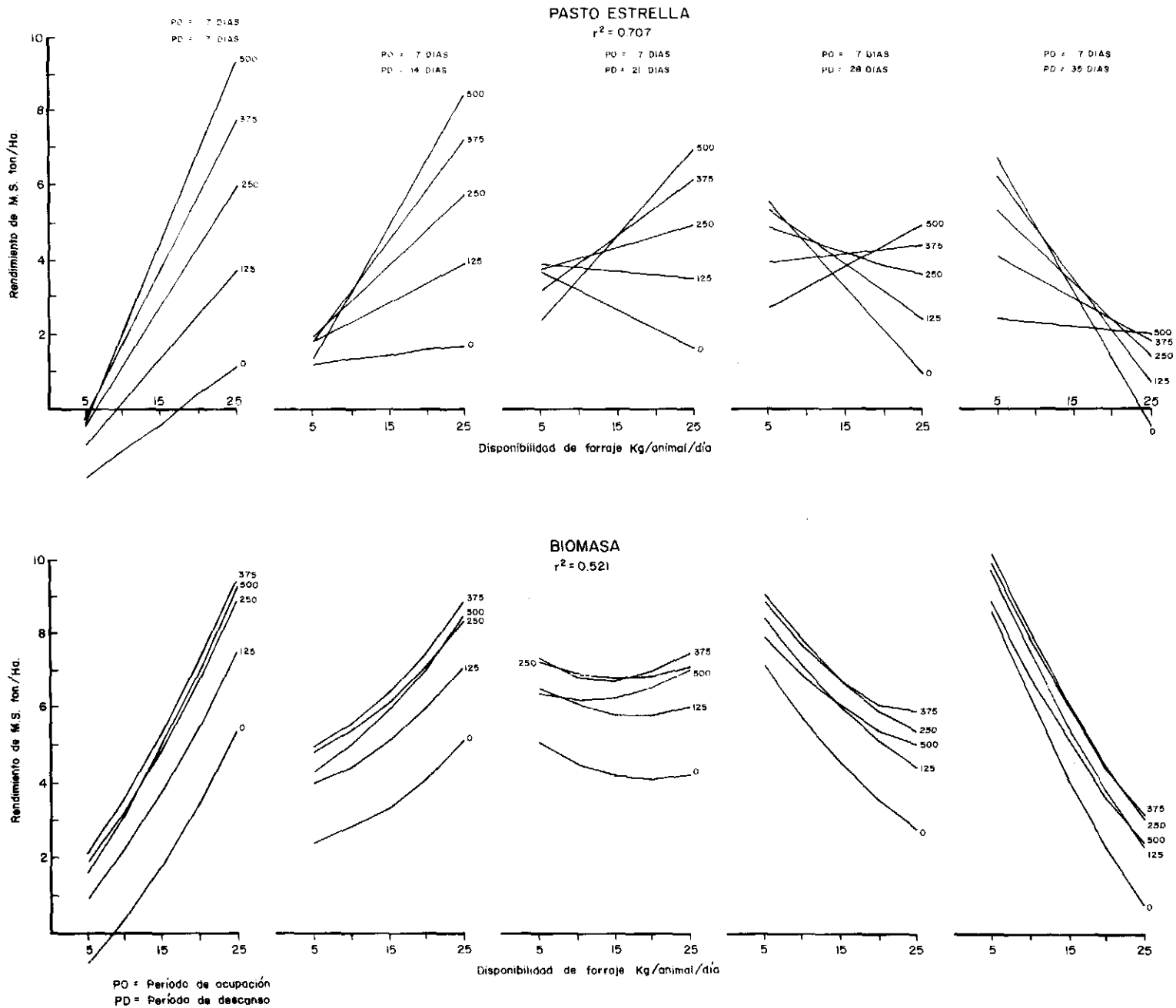
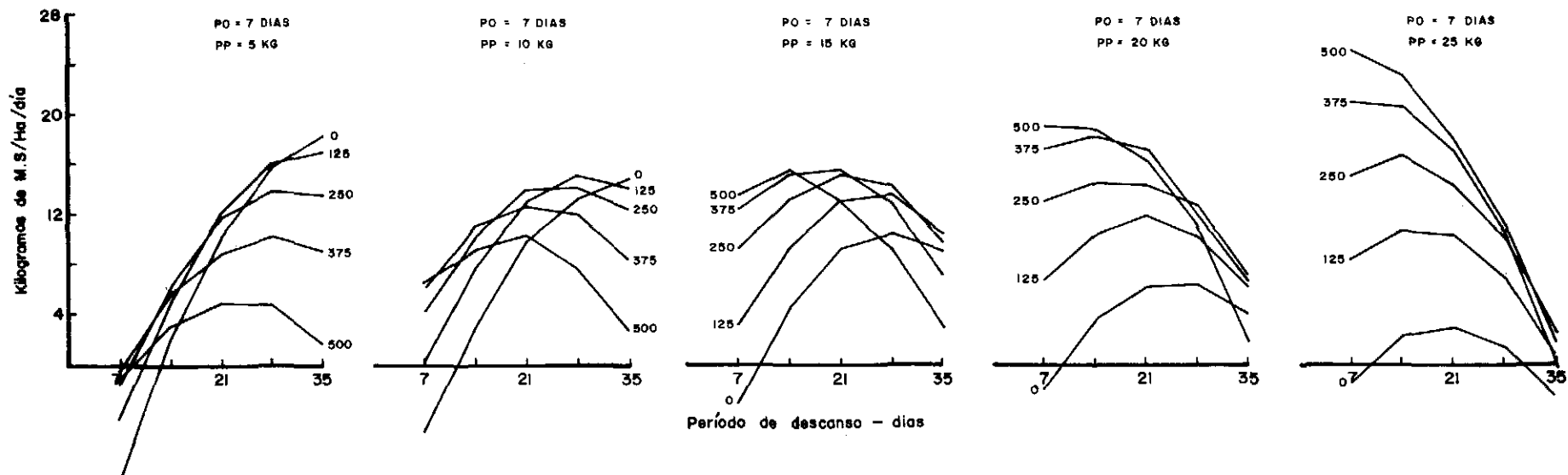


Fig. 2 Rendimiento de materia seca.

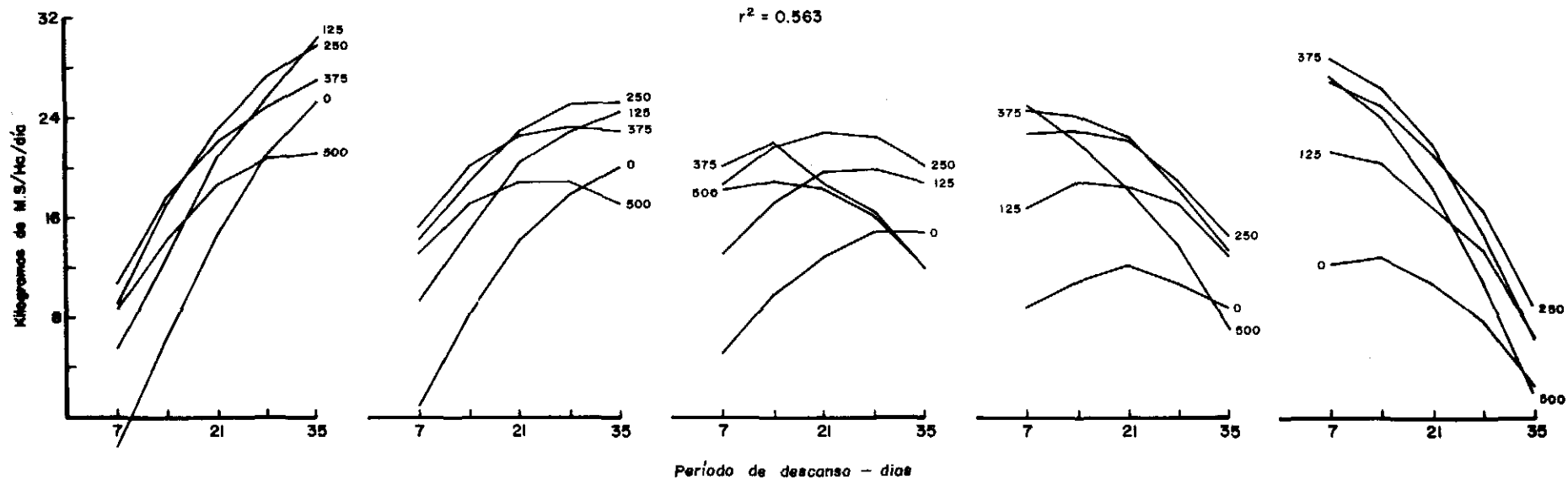
### PASTO ESTRELLA

$$r^2 = 0.715$$



### BIOMASA

$$r^2 = 0.563$$



PP = Presión de pastoreo  
PO = Período de ocupación

Fig. 3 Tasa de crecimiento diario.

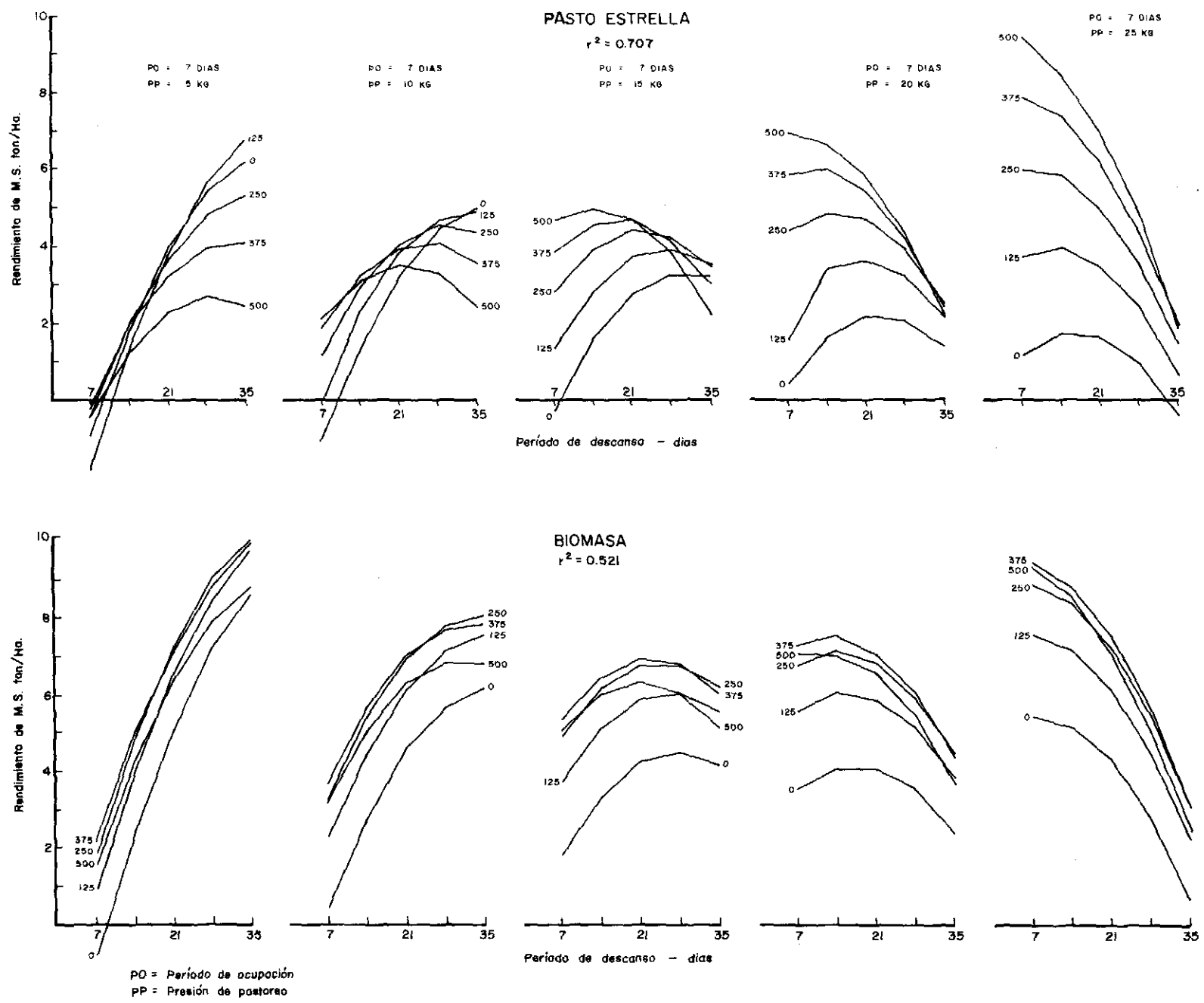


Fig. 4 Rendimiento de materia seca.

La tasa de crecimiento diario del forraje se presenta en la Figura 1. En el caso del pasto estrella se observa como con altas presiones de pastoreo y con rotación cada 7 días la tasa de crecimiento sería negativa y la respuesta a la fertilización sería escasa. Esto ocasiona un cambio marcado en la composición botánica, y estaría de acuerdo con los resultados obtenidos por Bryan (14).

La predicción muestra la poca tolerancia del pasto estrella a condiciones de sobrepastoreo asociadas a períodos cortos de descanso lo cual concuerda con lo observado en el campo. Es importante notar también como a medida que se aumenta la disponibilidad de forraje por animal con el mismo ciclo, frecuencia de uso, habría una respuesta marcada a la fertilización y la tasa de crecimiento del pasto estrella aumentaría en forma notable. El coeficiente de regresión tiene un valor de  $r^2 = 0,715$ .

En el caso de la biomasa y con el mismo ciclo de uso, la tendencia sería similar y aunque la respuesta sería mayor, los valores de la tasa de crecimiento serían bajos en comparación con los obtenidos por otros investigadores (86) en condiciones tropicales.

A medida que el período de descanso se hace más largo la tendencia en la respuesta se invertiría o sea, que mientras mayor sea el período de descanso de la pradera, la respuesta a la fertilización disminuirá a medida que la disponibilidad diaria de forraje por animal es mayor. En el caso extremo de 7 días de pastoreo y 35 días de descanso prácticamente no habría respuesta a la fertilización nitrogenada cuando la presión de pastoreo es muy baja.

En el caso de la biomasa las respuestas encontradas son similares a las observadas para el pasto estrella. En la Figura 1 se observa que con 7 días de pastoreo y 7 días de descanso cuando la disponibilidad es baja habría un marcado efecto de la fertilización siempre que se utilicen más de 250 kg/ha de nitrógeno por año. En el caso de este parámetro a medida que se aumente la disponibilidad de forraje por animal, la tasa de crecimiento de la biomasa aumentaría, encontrándose siempre las mayores respuestas con niveles de aplicación de nitrógeno superiores de 250 kg/ha por año. Cuando el período de pastoreo es de 7 días y el de descanso de 35 la mayor tasa de crecimiento de la biomasa se obtendría cuando hay un sobrepastoreo de la pradera.

En la Figura 2 se incluye la tendencia de la producción total durante el tiempo experimental para la biomasa y el pasto estrella al variar el largo del período de ocupación y la disponibilidad diaria de forraje por animal. Se observa como los resultados siguen la misma tendencia que en el caso de la tasa de crecimiento. Los rendimientos totales nuevamente serían bajos en comparación con los obtenidos por otros investigadores en la misma zona.

En las Figuras 3 y 4 se presenta la tendencia encontrada al hacer variar el largo del descanso y la disponibilidad de forraje por animal. En todas las disponibilidades de forraje consideradas, a medida que el período de descanso se alarga la respuesta a la fertilización tendería a ser menor. Sin embargo, a medida que la fertilización es más elevada, la mayor producción se alcanzaría con períodos de rotación más frecuentes.

Las figuras muestran que un ciclo de uso y una presión de pastoreo adecuados pueden disminuir el efecto de la falta de fertilización en cualquier explotación comercial a base de pasto estrella.

La combinación de factores que maximiza la función de respuesta está en el ámbito central del Diseño Rotable, el cual comprendía 7 días de ocupación, 21 días de descanso, 15 kg de materia seca ofrecida por animal y por día y 250 kg/ha por año. Esto pudo comprobarse al obtener los puntos estacionarios de la función de respuesta para estas variables, tal como aparece en el Cuadro 30 del Apéndice. Estos puntos muestran que la máxima tasa de crecimiento diario del pasto estrella y la biomasa ocurre respectivamente con los siguientes niveles de cada factor en estudio:

Período de ocupación = 7,9 días y 7,3 días

Período de descanso = 25,1 días y 20,1 días

Disponibilidad diaria de forraje por animal = 12,5 y 15,6 kg

Dosis de nitrógeno/hectárea/año = 247 y 310 kg.

Los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) fueron 0,715 y 0,563 para la tasa de crecimiento del pasto estrella y la biomasa, respectivamente, lo cual indicaría una buena confiabilidad especialmente en el caso del pasto estrella y una confiabilidad regular en el caso de la biomasa.

La determinación de la importancia biológica relativa de los factores estudiados sobre las tasas de crecimiento de la biomasa y del pasto estrella y sobre la composición botánica de la pradera aparece en el Cuadro 30 del Apéndice; esto se consigue por la solución de la matriz característica de la función estudiada (transformación

canónica).

Los valores obtenidos para la tasa de crecimiento diario de la biomasa fueron: -38.5817; -4.5026; 22.8177 y 1,00 para el período de ocupación, el período de descanso, la disponibilidad diaria de forraje y la fertilización nitrogenada, respectivamente. Indicando estos valores en porcentajes se tendría: -57,65; -6,72; 34,11 y 1,49 por ciento de importancia relativa biológica para largo del período de ocupación, largo del período de descanso, disponibilidad diaria de forraje por animal y la fertilización nitrogenada, respectivamente; por lo tanto el efecto del largo del período de ocupación sería de mayor importancia relativa biológica que los demás factores estudiados y su efecto sobre la tasa de crecimiento de la biomasa es negativo. Por el contrario, los aumentos en la disponibilidad diaria de forraje por animal tuvieron el mayor efecto biológico positivo.

En el caso de la tasa de crecimiento diario del pasto estrella los valores obtenidos fueron: 0.0658; -0.0095; -0.0033 y 1,00 para el largo del período de ocupación, el largo del período de descanso, la disponibilidad de forraje y la fertilización nitrogenada, respectivamente. Esto expresado en porcentaje sería 6,17; -0,88; -0,30 y 91,72 por ciento, respectivamente; lo cual demuestra que el mayor efecto biológico relativo en el caso del pasto estrella lo tuvo la fertilización nitrogenada. Esto concuerda con los resultados obtenidos por numerosos investigadores (21, 22) en el trópico. Los valores encontrados con el efecto del período de descanso y la disponibilidad de forraje concuerdan con lo esperado, ya que períodos largos de descanso y altas disponibilidades de forraje por animal tienden a

disminuir la tasa de crecimiento del pasto estrella.

En el caso del efecto biológico relativo de los factores sobre la composición botánica de la pradera, expresada como porcentaje de pasto estrella, los valores obtenidos fueron: 206.9458; 25.7615; 19.2068 y 1,00, para el largo del período de ocupación, el largo del período de descanso, la disponibilidad de forraje y la fertilización nitrogenada respectivamente. Esto expresado como porcentaje correspondería a 81,82; 10,18; 7,59 y 0,41 por ciento o sea, que el efecto biológico más importante sobre la composición botánica lo tuvo el largo del período de ocupación.

Las relaciones anteriores se comprenden mejor al observar la Figura 5.

Es conveniente considerar la eficiencia del tipo de muestreo empleado en este experimento. Green (47), Neveus (71) y Jolly (62) consideran que este sistema solo da buenos resultados si la presión de pastoreo es adecuada para remover todo el forraje producido. En este caso la estimación del crecimiento es baja y la precisión estadística depende de la variabilidad y del número de muestras en la cual se basa. Esto fue comprobado por Gardner (44) quien consiguió reducir el coeficiente de variabilidad en un 24 por ciento al muestrear una pradera por el método del doble muestreo.

En el caso presente el largo del período de ocupación pudo influir sobre la determinación del rendimiento de materia seca, ya que cuando el período de pastoreo es de 1 día de duración, si los animales no están acostumbrados a este sistema de manejo no consumen de

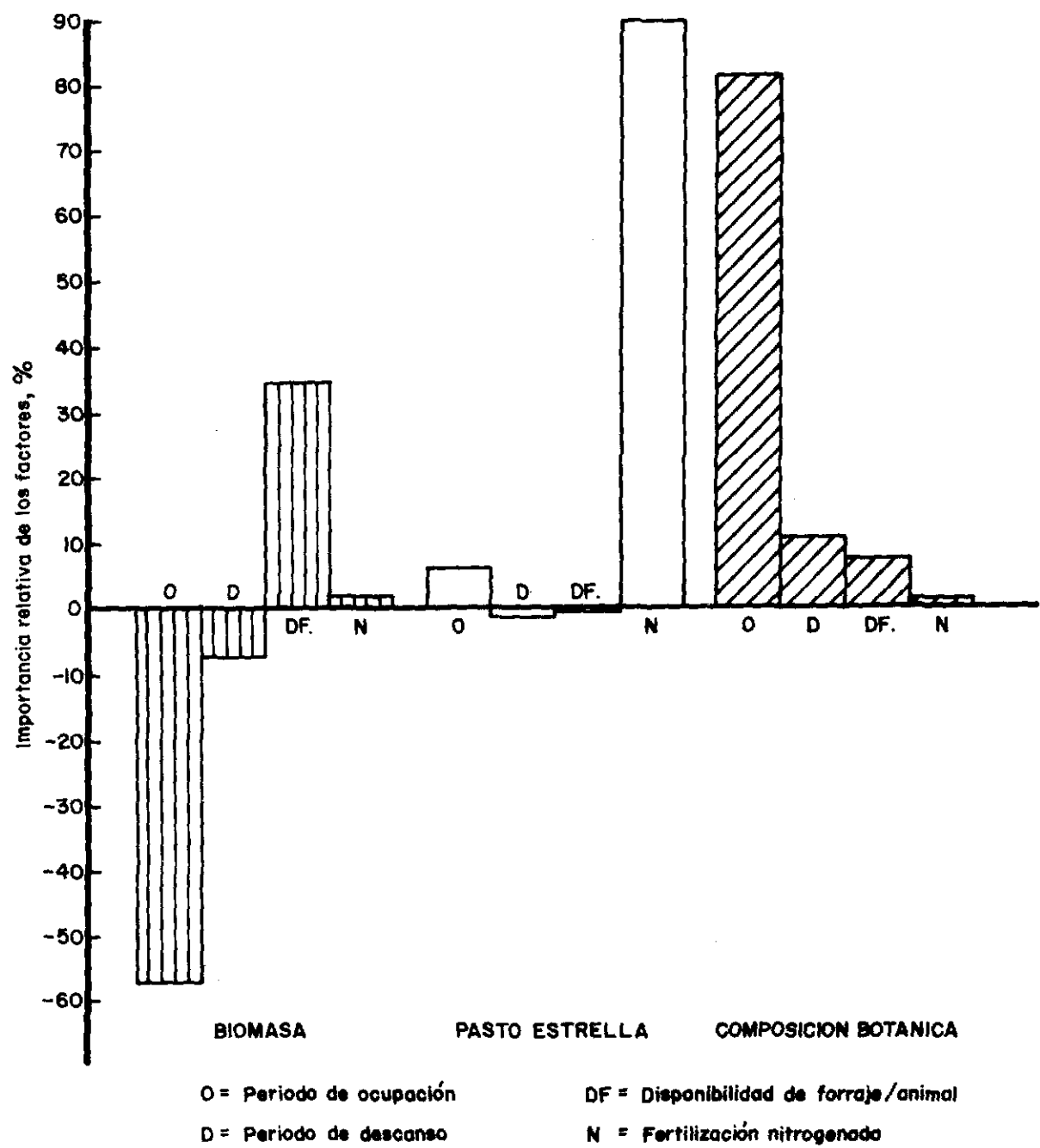


Fig. 5.- Importancia biológica relativa de los efectos de cuatro factores de manejo sobre la tasa de crecimiento diario de la biomasa y el pasto estrella, y sobre la composición botánica.

una manera uniforme. Además, si se introduce un número elevado de animales a una pradera, mucho forraje puede perderse por pisoteo con la consiguiente sobreestimación del consumo (63, 68).

Igualmente, si el período de ocupación es largo, y si no se colocan áreas protegidas para estimar el crecimiento del forraje durante el período de pastoreo la disponibilidad de forraje para los animales será aumentada en la cantidad que crecen mientras pastorean.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente experimento se puede concluir y recomendar lo siguiente al considerar todos los factores en conjunto:

1. La mayor permanencia de los animales favorece el crecimiento del pasto estrella e incrementa la cantidad en la pradera. Desfavorece la producción de biomasa.
2. La prolongación del período de descanso desfavorece tanto el crecimiento de biomasa, como del pasto estrella, pero incrementa la cantidad de éste en la pradera.
3. Los aumentos en la presión de pastoreo disminuyen el crecimiento de la biomasa y el porcentaje de pasto estrella en la pradera, pero tiene poca influencia sobre el crecimiento de éste último.
4. La fertilización nitrogenada favorece el crecimiento del pasto estrella, pero tiene poca influencia sobre la composición botánica y el crecimiento de la biomasa.
5. Se encontraron cambios significativos en la producción y tasa de crecimiento del pasto estrella por efecto de la época del año, lo cual indica la necesidad de efectuar ajustes en el manejo de la pradera a través del año.
6. De los resultados obtenidos se puede recomendar como práctica de manejo del pasto estrella en la zona aquélla que incluya; un período de ocupación de 7 días, 21 días de descanso, una disponibilidad diaria de forraje seco por animal de 15 kg y una dosis de nitrógeno entre 250 y 375 kg/ha y por año.

## 7. RESUMEN

En la Estación Experimental Ganadera del IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. Se efectuó un experimento en praderas establecidas de pasto estrella (Cynodon plectostachyus (K. Schum) Pilger) para estudiar el efecto del largo del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la producción y comportamiento de este pasto; determinar la evolución de la composición botánica y química y la digestibilidad del forraje por efecto de los factores anteriores y determinar el efecto de estos factores sobre algunas propiedades físicas del suelo.

Se usó un diseño rotatable de composición central de la forma  $2^4 + 2 \times 4 + 8$  en 32 parcelas de 2.000 m<sup>2</sup> cada una, más tres parcelas de reserva.

La respuesta se midió en cantidad de forraje producido y tasa de crecimiento diario de la biomasa y del pasto estrella. Esta medida se efectuó por fases durante el año y para todo el tiempo total que duró el experimento. Además se midió el efecto que los factores en estudio ejercían sobre el contenido de calcio, magnesio, fósforo, pared celular, proteína cruda, fibra, digestibilidad in vitro de la materia orgánica, eficiencia de utilización, composición botánica y espacio aéreo del suelo.

El estudio demostró que a medida que se prolonga el período de ocupación, hay una disminución significativa en los rendimientos de la biomasa y en la digestibilidad del pasto estrella. Al aumentar el período de descanso hasta los 28 días hay un aumento en la produc

ción del pasto. Períodos de descanso inferiores a 14 días ocasionaron cambios marcados en la composición botánica de la pradera hacia especies menos deseables. Con disponibilidades de hasta 15 kg de forraje seco por animal y por día aumenta la producción de la biomasa, para disminuir con disponibilidades mayores. La respuesta a la fertilización nitrogenada fue ascendente hasta los 250 kg/ha de nitrógeno por año.

La época del año de mayor precipitación pluvial aumentó en forma significativa los rendimientos de la pradera. Las respuestas más recomendables se obtuvieron con 7 días de ocupación, 21 días de descanso, 15 kg de forraje seco diarios por animal y una cantidad de nitrógeno anual entre 250 y 375 kg/ha.

7a. SUMMARY

This experiment was conducted at the Experimental Station of the IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. The study compared the effects of different grazing cycles, grazing pressure and different nitrogen fertilization levels on various agronomic characteristics of African Stargrass (Cynodon plectostachyus (K. Schum) Pilger). Digestibility and certain physical characteristics of soil were also studied.

The experiment design used was central composite using 32 plocks of 2.000 m<sup>2</sup> each, with three plocks as reserves. Forage produced was measured as quantity produced, kg/ha per period; (340 days total divided in four phases). Daily growth rate was studied as was pasture (Stargrass) and total biomass.

The agronomic characteristics studied included percentages of calcium, magnesium and phosphorus, as well as cell wall, crude protein and fiber. In vitro organic matter digestibility, efficiency of utilization by animals, botanical composition and soil air space was also analyzed.

The results indicated that in African Stargrass prolonged periods of recuperation (not grazed) resulted in significantly lower production biomass, and lower digestibility. Increasing the recuperation cycle up to 28 days produced increased production. Recuperation cycles less than 14 days provoked notable changes in the botanical composition of the pasture (less Stargrass). As disposable forage dry matter increased biomass production increased up to 15 kg daily per animal; further disposable forage increases reduced biomass

production. Forage production responded positively to annual nitrogen fertilization up to 250 kg de N/ha.

Significantly higher yield of forage were observed in the season of the year with the greatest rainfall. Optimal results were obtained when daily forage dry matter per animal reached 15 kg. The recommended practices for obtaining optimum yield included 7 days grazing, 21 days recuperation and nitrogen fertilization levels between 250 and 375 kg of N per hectare annually.

LITERATURA CITADA

1. AHLGREEN, H. L. A comparison of methods used in evaluating the results of pasture research. *Agronomy Journal* 37(1): 240-259. 1947.
2. ALLDEN, W. G. y WHITTAKER, I. A. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agriculture Research* 21(5):755-766. 1970.
3. ARNOLD, G. W., McMANUS, W. R. y DUDZINSKI, M. L. Studies in the wool production of grazing sheep. 3. Changes in efficiency of production. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 5:396-403. 1965.
4. BALCH, C. C. Reviews of some papers read at the 8th International Grassland Congress at Reading, July 1960. II. Grass and animal nutrition. *Journal of the British Grassland Society* 16(2):164-168. 1961.
5. BEAR, F. E., KING, W. A. y SENDER, C. B. The dairy cow as a conserver of soil fertility. New Jersey, Agriculture Experimental Station. Bulletin no. 730. 1946.
6. BERLANGA, Z. I. Estudio de la fertilidad de los suelos del área de ganadería IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1972. 99 p.
7. BISHOP, A. H., BIRRELL, A. N. y TEW, A. The effect of stocking rate during the Spring on wool production and liveweight gain. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 6:161-163. 1966.
8. BLASER, E. R. 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.
9. BOY, D. A. Experiments with leys and permanent grass. *Journal of the British Grassland Society* 4(1):1-16. 1949.
10. BROCKINGTON, N. R. A mathematical model of pasture contamination by grazing cattle and the effects on herbage intake. *Journal of Agricultural Science* 79(2):249-257. 1972.
11. BROCKMAN, J. S., ROPE, C. M. y STEVENS, M. T. The effect of grazing animal on the status of grass swards. *Journal of the British Grassland Society* 26(4):209-212. 1971.

12. BROUGHAM, R. W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agriculture Research 7(5):377-387. 1956.
13. BROWNLEE, H. y ROBARDS, G. E. Effect of stocking rate and autumn saving on the carrying capacity of a Jemalong barrel medic pasture. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 7:114-117. 1968.
14. BRYAN, W. W. Changes in botanical composition in some subtropical sown pastures. In International Grassland Congress, 8th, England, 1960. Proceedings. England, University of Reading, 1960. British Grassland Society, 1961. pp. 636-639.
15. BURNS, J. C. et al. Comparison of set stocked and put-take systems with growing heifers grazing coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L). Pers.). In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 904-909.
16. BURTON, G. W., JACKSON, J. E. y HART, R. H. Effects of cutting frequency and nitrogen on yield, in vitro digestibility and protein, fiber, and carotene content of Coastal Bermuda-grass. Agronomy Journal 55:500-502. 1963.
17. CABLE, D. R. y SHUMWAY, P. R. Crude protein in rumen and in forage. Journal of the Range Management 19(3):124-128. 1966.
18. CAMPBELL, A. G. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. Journal of Agricultural Science 67:199-210. 1966.
19. \_\_\_\_\_. Grazed pasture parameters. II. Pasture dry-matter use in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. Journal of Agricultural Science 67:211-216. 1966.
20. \_\_\_\_\_. 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. Journal of Agricultural Science 67:217-221. 1966.
21. CARO-COSTAS, R., ABRUÑA, F. Y FIGARELLA, J. Effect of nitrogen rates, harvest interval and cutting heights on yield and composition of star grass in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 56(3):267-279. 1972.

22. CARO-COSTAS, R., ABRUÑA, F. y CHANDLER, I. V. Comparison of heavily fertilized pangola and star grass in terms of beef production and carrying capacity in the humid mountain region of Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56(2):104-109. 1972.
23. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Diseños experimentales. México, D. F., Trillas, 1965. 661 p.
24. COLMAN, R. L. y LAZEMBY, A. Factors affecting the response of some tropical and temperate grasses to fertilizer nitrogen. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucía, University of Queensland Press, 1970. pp. 392-397.
25. CONNIFEE, D. Experimental design for grazing trials. *The Journal of Agricultural Science* 74(2):339-342. 1970.
26. COOK, C. W. An evaluation of some common factors affecting utilization of desert range species. *Journal Range Management* 15:333-338. 1962.
27. COWLISHAW, S. J. The carrying capacity of pastures. *Journal of the British Grassland Society* 24(3):207-214. 1969.
28. CREEK, M. J. Intensification of pasture production with breeding herds maintained upon improved pasture (Digitaria decumbens) in Jamaica. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucía, University of Queensland Press, 1970. pp. 800-803.
29. CRUZ, V. y NESTEL, B. L. The effect of grazing cycle duration on liveweight output and chemical composition of pangola grass (Digitaria decumbens, Stent) in Jamaica. In International Grassland Congress, 9th, Sao Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. Sao Paulo, Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1613-1625.
30. \_\_\_\_\_ y BENACCHIO, S. S. Pastoreo comparativo con novillos criollos en pangola y guinea y con novillas en pangola, guinea y estrella. In International Grassland Congress, 9th, Sao Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. Sao Paulo, Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1671-1674.
31. CUBILLOS, G., VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Sistemas intensivos de alimentación a pastoreo. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación. 1974. 10 p. (mimeografiado)

32. CULLEY, M. J., CAMPBELL, R. S. y CANFIELD, R. H. Values and limitations of clipped quadrants. *Ecology* 14(1):35-39. 1933.
33. DEVINE, J. R. y HOLMES, M. R. Field experiments comparing ammonium nitrate, ammonium sulphate and urea applied repetitively to grassland. *Journal of Agricultural Science* 60(3):297-303. 1963.
34. DRAKE, F. R. y ELLIOTT, N. M. Rates of stocking investigated at bengworden. *Journal of Agriculture Victoria* 61:553-558. 1963.
35. DRAWE, L. y THADIS, W. B. High rates of nitrogen fertilization influence coastal prairie range. *Journal of the Range Management* 22(1):32-36. 1969.
36. DUVAL, V. L. Reactions of longleaf pine bluestem range to grazing and burning. In *International Grassland Congress, 9<sup>o</sup>, Sao Paulo, Brasil 1965. Proceedings. Sao Paulo, Departamento de Produção Animal da Secretaria de Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1340-1343.*
37. ELLIOTT, N. M. The effect of paddock size on animal production. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 6:177-181. 1966.
38. ESCUDER, J. C., ANDREWS, R. P. y HOLMES, W. The effect of nitrogen, stocking rate and frequency of grazing by beef cattle on the output of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 26(2):79-84. 1971.
39. FLEMING, G. A. y MURPHY, W. E. The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity. *Journal of the British Grassland Society* 23(2):174-185. 1968.
40. FORBES, R. M. y GARRIGUS, W. P. Some relationship between chemical composition, nutritive value and intake of forages grazed by steers and wethers. *Journal of American Science* 9:350-367. 1950.
41. FORSYTHE, W. M. *Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 216 p.*
42. FREER, M. The utilization of irrigated pastures by dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 54(2):243-256. 1960.

43. FRIBOURG, H. A., EDWARDS, N. C. y KARL, M. B. In vitro dry-matter digestibility of "Midland" bermudagrass grown at several levels of N fertilization. *Agronomy Journal* 63(5): 786-788. 1971.
44. GARDNER, A. L. Estudio sobre los métodos agronómicos para evaluación de las pasturas. La Estanzuela, IICA, Zona Sur, 1967.
45. GARWOOD, E. A. y TYSON, K. C. Losses of nitrogen and other plant nutrients to drainage from soil under grass. *Journal of Agricultural Science* 80(2):303-312. 1973.
46. GEUS, J. DE. y HART, M. L. The production and behavior of pasture plants under ration grazing. In International Grassland Congress, 6th, State College, Pa., 1952. Proceedings. State College, Pennsylvania University Press. 1952. v. 1, pp. 371-375.
47. GREEN, J. O. Herbage sampling errors and grazing trials. *Journal of British Grassland Society* 4(1):11-16. 1949.
48. GREENHALGH, J. F. The effects of grazing intensity on herbage production and consumption and on milk production in strip-grazed dairy cows. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 856-860.
49. \_\_\_\_\_ et al. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. I. Short term effects on strip-grazed dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 67(1):13-23. 1966.
50. \_\_\_\_\_ y REID, G. W. The effect of grazing intensity on herbage consumption and animal production. *Journal of Agricultural Science* 72(2):223-228. 1969.
51. GRIEVE, C. M. y OSBOURN, D. F. The nutritional value of some tropical grasses. *Journal of Agricultural Science* 65(3): 411-417. 1965.
52. HARLAN, J. R. Generalized curves for gain per head and gain per acre in rates of grazing studies. *Journal of the Range Management* 11(3):140-147. 1958.
53. HEANY, D. P. Voluntary intake as a component of an index to forage quality. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Nebraska, 1969.

54. HEMINGHWAY, R. G. Magnesium, potassium, sodium and calcium contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-year period. *Journal of the British Grassland Society* 16(2):106-116. 1961.
55. HODGSON, J. y WILKINSON, J. M. The relationship between live-weight and herbage intake in grazing cattle. *Animal Production* 9(1):365-376. 1967.
56. HOLMES, R. W. et al. Studies in grazing management. I. A comparison of the production obtained from close-folding and rotational grazing of dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 40(4):381-391. 1950.
57. \_\_\_\_\_ y LANG, R. W. Effects of fertilizer nitrogen and herbage dry matter content on herbage intake and digestibility in bullocks. *Animal Production* 5(1):17-26. 1963.
58. \_\_\_\_\_ y JONES, J. G. The efficiency of utilization of fresh grass. *Journal of the British Grassland Society* 19(1):119-129. 1964.
59. \_\_\_\_\_, TAYLER, J. C. y LONSDALE, C. R. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. *Journal of the British Grassland Society* 26(4):231-237. 1971.
60. HULL, J. L. et al. Further studies on the influence of stocking rate on animal and forage production from irrigated pasture. *Journal of the Animal Science* 24:697-704. 1965.
61. JOHNSON, W. M. Effects of stocking rates and utilization on herbage production and animal response on natural grasslands. *In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966. Proceedings. Helsinki, University of Helsinki, 1966. pp. 944-947.*
62. JOLLY, G. M. Theory of sampling. Hurley, Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin no. 42. 1954.
63. LINEHAN, P. A., LOWE, J. y STEWARD, R. H. The output of pasture and its measurement. *Journal of the British Grassland Society* 7(3):73-98. 1952.
64. LOTERO, J., WOODHOUSE, W. W. y PETERSON, R. G. Distribution and loss rate of N and K applied to the soil by grazing animals. *In International Grassland Congress, 9th, Sao Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. Sao Paulo, Departamento de Producao Animal da Secretaria de Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1687-1690.*

65. MacLUSKY, D. S. Some estimates of the areas of pasture fouled by the excreta of dairy cows. Journal of the British Grassland Society 15(2):181-189. 1961.
66. McLEOD, M. N. y MINSON, D. J. Sources of variation in the in vitro digestibility of tropical grasses. Journal of the British Grassland Society 24(3):244-249. 1969.
67. McMEECKAN, C. P. y WALSHE, M. J. The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. Journal of Agricultural Science 61(2):147-162. 1963.
68. MARTEN, G. C. Measurement and significance of forage palatability. Proceedings of the National Conference on forage Quality and Utilization. Nebraska. 1969. D1-D55.
69. MILFORD, R. Criteria for expressing nutritional values of subtropical grasses. Australian Journal of Agriculture Research 2(2):121-137. 1960.
70. MINSON, D. J. y McLEOD, M. N. The digestibility of temperate and tropical grasses. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 719-722.
71. MORLEY, F. H. The biology of grazing management. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 6:127-136. 1966.
72. MOTT, G. O., QUINN, L. R. y BISSCHOFF, W. V. The retention of nitrogen in a soil-plant-animal system in guinea grass (Panicum maximum) pastures in Brasil. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 414-416.
73. \_\_\_\_\_. The grazing trial. Designs, procedures, and grazing pressure and computational procedures. In Curso de Producción y Utilización de Pastos. Turrialba, IICA, 1972. (en mimeógrafo)
74. NEVENS, W. B. A comparison of sampling procedures in making pasture yield determinations. Journal of Dairy Science 28(3):171-185. 1945.
75. OKORIE, I. I., HILL, D. H. y McILORY, R. J. The productivity and nutritive value of tropical grass/legume pastures rotationally grazed by N'Dama cattle at Ibadan, Nigeria. Journal of Agricultural Science 64(1):235-245. 1965.

76. OLUBAYO, F. O. y OYENUGA, V. A. The measurement of yield, voluntary intake and animal production of tropical pasture mixture. *Journal of Agricultural Science* 77(1):1-4. 1971.
77. OWEN, J. B. y RIDGMAN, W. J. The design and interpretation of experiments to study animal production from grazed pasture. *Journal of Agricultural Science* 71(3):327-335. 1966.
78. OYENUGA, V. A. y OLUBAYO, F. O. Productivity and nutritive value of tropical pastures at Ibadan. In *International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966. Proceedings.* Helsinki, University of Helsinki, 1966. pp. 962-969.
79. PALADINES, O. Métodos para los estudios sobre utilización de las praderas. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1972. 63 p. (en mimeógrafo)
80. PETERSON, R. G., LUCAS, H. L. y MOTT, G. O. Relationship between rate of stocking and per animal and acre performance on pasture. *Agronomy Journal* 57(1):27-30. 1965.
81. PRINE, G. M. y BURTON, G. W. The effect of nitrogen rate and clipping frequency upon the yield, protein content and certain morphological characteristics of coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). *Agronomy Journal* 48:296-301. 1956.
82. RAYMOND, A. E. y JONES, M. B. Plant height times ground cover versus clipped samples for estimating forage production. *Agronomy Journal* 50(8):504-506. 1958.
83. RAYMOND, W. F. The utilization of grass by ruminants. I. The efficient use of grass. Joint Symposium with the Nutrition Society and the British Grassland Society. London. *Proceedings of the Nutrition Society* 23(1):54-62. 1964.
84. RAUZI, F. y CLAYTON, L. H. Influencia de la intensidad de pastoreo sobre la infiltración y el escurrimiento de agua. *Journal of the Range Management* 19:351. 1966.
85. RHODES, E. D. Infiltración del agua en un pastizal arenoso y su relación con diferentes intensidades de pastoreo durante 20 años. *Journal of the Range Management* 17:185. 1964.
86. RICARDO, R. F. Efecto del nitrógeno y del corte en la producción y composición del pasto estrella (*Cynodon dactylon* (K. Schum) Pilger). Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1973. 99 p.

87. RODEL, M. G. Herbage yields of five grasses and their ability to withstand intensive grazing. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 618-621.
88. SALETTE, J. E. Effects of heavy frequent dressings of nitrogen on pangola grass (Digitaria decumbens, Stent). In International Grassland Congress, 9, Sao Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. Sao Paulo, 1965. v. 2, pp. 1199-1203.
89. SMITH, C. A. The feeding value of tropical grass pastures evaluated by cattle weight gains. In International Grassland Congress, 11th, Surfers Paradise, Australia, 1970. Proceedings. Santa Lucia, University of Queensland Press, 1970. pp. 839-841.
90. TILLEY, J. M. y TERRY, R. A. The relationship between the soluble constituents of herbage and their dry-matter digestibility. Journal of the British Grassland Society 24(4): 290-295. 1969.
91. TOOMRE, R. I. Effect of high rates of nitrogen fertilizers on the yield and chemical composition of grasses. In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1960. Proceedings. Helsinki, University of Helsinki, 1966. pp. 277-330.
92. TROUGHTON, A. The effects on the soil components and management of a ley. Journal of the British Grassland Society 16(1):1-7. 1961.
93. VOISIN, A. Grazing management in Northern France. Journal of the British Grassland Society 12:150-154. 1957.
94. WALDO, D. R. Factors influencing the voluntary intake of forages. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska, 1969. E1-E22.
95. WALTERS, R. J. et al. Some factors causing differences in digestibility of grasses measured by an in vitro method. Journal of the British Grassland Society 22(2):112-116. 1967.
96. WILLIAMS, T. E. Evaluation of British Grassland. Journal of the British Grassland Society 4(1):17-24. 1949.

97. WILLOUGHBY, W. M. Limitations to animal production imposed by seasonal fluctuations in pasture and by management procedures. Australian Journal of Agriculture Science 10(2): 248-268. 1959.
  
98. WILKINSON, J. M. y PRESCOTT, J. H. Beef production from grass and silage with autumn-born calves. I. The influence of grazing intensity of efficiency of herbage utilization and live-weight gain of cattle. Animal Production 12(3): 433-442. 1970.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Algunos datos meteorológicos durante el tiempo experimental.

Meses	Precipitación promedia mm	Temperatura media	Horas de brillo solar promedio
Enero	147,80	21,00	4,73
Febrero	99,40	20,60	4,62
Marzo	3,60	22,10	5,59
Abril	43,80	22,40	5,63
Mayo	277,00	22,20	4,47
Junio	382,50	22,10	4,36
Julio	236,40	21,50	3,33
Agosto	226,30	21,90	5,29
Setiembre	112,70	22,00	4,21
Octubre	215,20	23,00	5,19
Noviembre	409,30	21,30	3,60
Diciembre	386,50	19,50	4,16

Cuadro 2. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción de pasto estrella durante la fase 1.

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	4,5838	0,3274	0,8153
Parte lineal	4	2,2391	0,5597	1,3940
Parte cuadrática pura	4	1,5996	0,3998	0,9958
Parte cuadrática mixta	6	0,7450	0,1241	0,3091
Desvío del modelo	10	2,1441		
Error puro	7	4,6824	0,4015	
Total	31	11,4104		

Cuadro 3. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella durante la fase 1.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	387,1093	27,6506	0,8941
Parte lineal	4	161,3337	40,3332	1,3042
Parte cuadrática pura	4	161,9272	40,4818	1,3090
Parte cuadrática mixta	6	63,8483	10,6414	0,3441
Desvío del modelo	10	152,5087		
Error puro	7	373,2261	30,9256	
Total	31	912,8442		

Cuadro 4. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción del pasto estrella durante la fase 2.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	11,7393	0,8385	2,0549
Parte lineal	4	2,3039	0,5760	1,4118
Parte cuadrática pura	4	2,0592	0,5148	1,2618
Parte cuadrática mixta	6	7,3761	1,2294	3,0132**
Desvío del modelo	10	4,4471		
		÷ 17	0,4080	
Error puro	7	2,4898		
Total	31	18,6763		

\*\* (P < 0,05)

Cuadro 5. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella durante la fase 2.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	1555,6110	111,1150	1,8155
Parte lineal	4	413,4696	103,3673	1,6889
Parte cuadrática pura	4	241,8607	60,4653	0,9879
Parte cuadrática mixta	6	900,2806	150,0468	2,4516
Desvío del modelo	10	546,5386		
		÷ 17	61,2032	
Error puro	7	493,9155		
Total	31	2596,0654		

Cuadro 6. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción de pasto estrella durante la fase 3.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	2,7993	0,1999	1,8303
Parte lineal	4	0,4330	0,1082	0,9908
Parte cuadrática pura	4	1,4325	0,3581	3,2793**
Parte cuadrática mixta	6	0,9338	0,1556	1,4249
Desvío del modelo	10	0,6769		
Error puro	7	1,1802	÷ 17	0,1092
Total	31	4,6565		

Cuadro 7. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella durante la fase 3.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	1080,6013	77,1858	0,7246
Parte lineal	4	149,4681	37,3670	0,7246
Parte cuadrática pura	4	743,1795	185,7948*	3,6027**
Parte cuadrática mixta	6	187,9535	31,3256	0,6074
Desvío del modelo	10	371,4590		
Error puro	7	505,2451	÷ 17	51,5708
Total	31	1957,3054		

Cuadro 8. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción de pasto estrella durante la fase 4.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	1,2422	0,0887	1,1147
Parte lineal	4	0,5914	0,1478	1,8568
Parte cuadrática pura	4	0,3520	0,0880	1,1055
Parte cuadrática mixta	6	0,2986	0,0497	0,6244
Desvío del modelo	10	0,7971		
		÷ 17	0,0796	
Error puro	7	0,5560		
Total	31	2,5953		

Cuadro 9. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento diario del pasto estrella durante la fase 4.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	324,1558	23,1539	1,3535
Parte lineal	4	118,9066	27,7267	1,6208
Parte cuadrática pura	4	62,2083	15,5521	0,9091
Parte cuadrática mixta	6	143,0407	23,8401	1,3936
Desvío del modelo	10	178,3072		
		÷ 17	17,1063	
Error puro	7	112,4995		
Total	31	614,9626		

Cuadro 10. Análisis de variancia del efecto de los trayamientos sobre la producción anual de Biomasa.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Epocas	3	39,083	13,028*	21,287***
Tratamientos	24	14,699	0,612	1,000
Regresión	14	9,068	0,647	1,057
lineal	4	2,607	0,651	1,063
cuadrática	4	1,388	0,347	0,567
cuadrática mixta	6	5,075	0,846	1,382
Desviación	10	5,248	0,525	0,858
Error	0	0		
Epoca x Tratamiento	72	44,067	0,612	
Error general	28	24,7280	0,880	
Total	99	97,847		

Cuadro 11. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la producción anual del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	S.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	27,4742		2,9388
Parte lineal	4	7,8626	1,9657	2,9435**
Parte cuadrática pura	4	4,7522	1,1881	1,7791
Parte cuadrática mixta	6	14,8593	2,4766*	3,7086**
Desvío del modelo	10	6,3818		
		÷ 17	0,6678	
Error puro	7	4,9701		
Total	31	38,8262		

Cuadro 12. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la tasa promedio anual de crecimiento diario del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	322,2955	23,0211	3,0460
Parte lineal	4	49,6035	12,4009	1,6409
Parte cuadrática pura	4	128,3706	32,0927	4,2464**
Parte cuadrática mixta	6	144,3212	24,0535*	3,1827**
Desvío del modelo	10	31,4079		
		÷ 17	7,5576	
Error puro	7	97,0708		
Total	31	450,7742		

Cuadro 13. Análisis de variancia del efecto del período del año y los tratamientos sobre la producción anual del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Epoca	3	21,332103	7,110700	25,3230***
Tratamientos	31	11,219850	0,361930	1,2888
Epoca x tratamientos	93	26,118701	0,280846	
Error combinado	28	13,5987	0,4857	
Total	127	58,670654		

\*\* (P < 0,01)

Cuadro 14. Análisis de variancia del efecto del período del año y los tratamientos sobre la tasa promedio de crecimiento diario del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Epoca	3	1590,381106	530,127076	11,5363***
Tratamientos	31	1807,540530	58,307754	1,2689
Epoca x tratamientos	93	4273,624036	45,952941	
Error combinado	28	1296,4815	46,30291	
Total	127	7671,544933		

Cuadro 15. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de utilización anual del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	818,0485	58,4320	0,9245
Parte lineal	4	320,3279	80,082	1,2670
Parte cuadrática pura	4	155,8355	38,959	
Parte cuadrática mixta	6	341,8851	56,981	
Desvío del modelo	10	582,7026		
Error puro	7	491,7422	63,202	
Total	31	1892,4934		

Cuadro 16. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la composición botánica de la pradera.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	6480,8408	462,9171	2,5406
Parte lineal	4	2090,1611	52,250	2,4350
Parte cuadrática pura	4	2188,2910	50,707	2,549
Parte cuadrática mixta	6	2202,3891	36,706	1,711
Desvío del modelo	10	1829,8068		
Error puro	7	1267,7150	21,459	
Total	31	9578,3633		

Cuadro 17. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el área cubierta por heces.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	1,7338	0,1238	5,4934
Parte lineal	4	1,1228	2,807	127,591
Parte cuadrática pura	4	0,3180	0,795	36,156
Parte cuadrática mixta	6	0,2930	0,048	2,181
Desvío del modelo	10	0,3011		
Error puro	7	0,0821	÷ 17	0,022
Total	31	2,1171		

Cuadro 18. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el espacio aéreo del suelo.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	81,3149	5,8082	2,1645
Parte lineal	4	7,4076	1,852	
Parte cuadrática pura	4	29,2714	7,318	2,728**
Parte cuadrática mixta	6	44,6358	7,439	2,773**
Desvío del modelo	10	27,3592		
Error puro	7	18,2580	÷ 17	2,683
Total	31	126,9322		

Cuadro 19. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	42,8188	3,0584	1,2133
Parte lineal	4	27,0012	6,7503*	2,6779
Parte cuadrática pura	4	10,6321	2,6580	1,0554
Parte cuadrática mixta	6	5,1854	0,8642	
Desvío del modelo	10	23,6113		
		÷ 17	2,5207	
Error puro	7	19,2406		
Total	31	85,6708		

Cuadro 20. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de pared celular del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	68,3125	4,8794	1,3478
Parte lineal	4	24,0533	6,0133	1,6611
Parte cuadrática pura	4	14,4477	3,6119	0,998
Parte cuadrática mixta	6	29,8114	4,9685	1,373
Desvío de modelo	10	46,9009		
		÷ 17	3,6200	
Error puro	7	14,6406		
Total	31	129,8540		

Cuadro 21. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de fibra del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	68,0613	4,8615	1,4091
Parte lineal	4	29,0186	7,2547	2,1029
Parte cuadrática pura	4	7,6940	1,9235	
Parte cuadrática mixta	6	31,3486	5,2248	1,5144
Desvío del modelo	10	39,6398		
Error puro	7	19,0078	3,4498	
		÷ 17		
Total	31	126,7089		

Cuadro 22. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad In vitro de la materia orgánica del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	616,2420	44,0172	3,5196
Parte lineal	4	222,1489	5,5537	4,441***
Parte cuadrática pura	4	129,4916	32,372	2,589**
Parte cuadrática mixta	6	264,6014	44,100	3,526**
Desvío del modelo	10	128,9054		
Error puro	7	83,6992	12,506	
		÷ 17		
Total	31	828,8466		

Cuadro 23. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de calcio del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	0,0578	0,0041	1,1326
Parte lineal	4	0,0118	0,003	
Parte cuadrática pura	4	0,0210	0,005	1,25
Parte cuadrática mixta	6	0,0250	0,004	1,00
Desvío del modelo	10	0,0334		
		÷ 17	0,004	
Error puro	7	0,0286		
Total	31	0,1199		

Cuadro 24. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de fósforo del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	0,0502	0,0035	1,1497
Parte lineal	4	0,0155	0,0038	
Parte cuadrática pura	4	0,0306	0,0076	
Parte cuadrática mixta	6	0,0040	0,0006	
Desvío del modelo	10	0,0166		
		÷ 17	0,2398	
Error puro	7	0,3911		
Total	31	0,4580		

Cuadro 25. Análisis de variancia del efecto de los tratamientos sobre el contenido de magnesio del pasto estrella.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Atrib. a Reg.	14	0,0170	0,0012	1,3604
Parte lineal	4	0,0064	0,0016	1,777
Parte cuadrática pura	4	0,0027	0,0007	
Parte cuadrática mixta	6	0,0078	0,0013	
Desvío del modelo	10	0,0118 ÷ 17	0,0009	
Error puro	7	0,0033		
Total	31	0,0322		

Cuadro 26 Efecto de los tratamientos en la pradera, en la composición química y digestibilidad *in vitro* de la M. O. del forraje ofrecido y rechazado (en %).

Tratamiento	Cb	Ah	Po	Sa	Ca		Mg		P		Proteína		Eu	P. celular		Fibra		Digestibilidad M.O.	
					O	R	O	R	O	R	O	R		O	R	O	R		
1	30.93	0.64	53.81	7.58	0.25	0.14	0.18	0.19	0.21	0.18	9.28	9.28	66.42	68.10	67.57	64.60	63.61	51.87	38.52
2	36.00	0.86	59.73	11.38	0.26	0.15	0.24	0.22	0.24	0.27	9.28	6.85	73.05	64.20	67.57	61.35	64.93	58.98	24.75
3	55.60	0.45	54.99	6.58	0.12	0.13	0.11	0.15	0.11	0.20	5.11	6.19	85.74	74.36	70.17	71.12	67.67	41.59	23.45
4	60.72	0.70	56.07	9.32	0.29	0.21	0.14	0.17	0.19	0.25	9.44	4.95	87.22	69.95	72.13	68.06	68.48	44.59	25.26
5	31.80	0.85	55.26	8.46	0.20	0.14	0.14	0.21	0.15	0.27	8.67	7.12	83.38	70.60	70.02	67.36	67.39	56.17	24.74
6	36.80	0.13	55.21	7.92	0.24	0.19	0.17	0.14	0.18	0.16	7.74	6.19	89.35	65.11	69.31	63.82	64.64	53.60	23.23
7	66.60	0.18	54.84	8.35	0.36	0.28	0.17	0.13	0.23	0.17	9.59	5.88	71.87	70.89	71.34	68.69	68.94	47.83	24.54
8	40.13	0.37	59.88	6.09	0.23	0.26	0.15	0.15	0.16	0.18	6.20	7.12	84.66	67.58	65.72	64.59	61.83	39.76	25.27
9	55.19	0.63	57.07	9.58	0.18	0.25	0.16	0.18	0.18	0.22	12.38	5.88	74.10	67.62	66.12	64.62	65.29	58.35	31.97
10	35.54	1.07	56.69	10.18	0.21	0.11	0.11	0.15	0.18	0.22	8.66	4.33	90.62	65.21	74.42	62.94	71.85	57.30	26.80
11	26.30	0.64	56.94	7.36	0.11	0.10	0.18	0.21	0.19	0.26	11.45	10.83	81.76	68.68	66.01	64.65	61.46	58.58	27.11
12	65.00	0.72	54.53	6.18	0.26	0.13	0.15	0.12	0.23	0.14	8.67	5.11	84.63	69.89	70.29	67.22	67.31	54.09	22.79
13	67.80	0.35	52.22	8.44	0.28	0.15	0.13	0.14	0.13	0.26	10.83	4.64	85.07	68.40	70.54	66.24	67.90	48.44	26.97
14	67.80	0.18	56.80	5.09	0.21	0.20	0.13	0.12	0.18	0.21	10.83	7.74	90.96	67.98	69.85	65.68	67.36	50.02	30.42
15	82.10	0.16	59.48	12.49	0.22	0.20	0.15	0.16	0.10	0.20	10.52	7.74	74.15	69.79	68.31	67.75	66.06	52.77	30.26
16	47.00	0.42	57.10	10.86	0.17	0.20	0.14	0.19	0.15	0.22	9.59	4.95	88.29	68.58	68.48	66.18	66.37	42.73	33.31
17	57.40	0.55	52.82	5.15	0.27	0.30	0.26	0.17	0.18	0.24	8.05	6.51	81.62	69.38	70.99	66.49	67.75	49.54	27.45
18	74.80	0.79	54.47	8.66	0.22	0.25	0.14	0.14	0.23	0.31	6.50	7.28	73.47	71.14	68.51	65.63	66.56	46.31	26.20
19	30.00	0.42	51.68	6.26	0.29	0.17	0.16	0.21	0.17	0.14	8.98	10.68	90.38	70.87	64.65	67.64	59.78	52.48	26.70
20	31.46	0.23	53.08	5.51	0.15	0.17	0.16	0.18	0.15	0.18	8.40	4.80	72.25	68.38	67.79	65.73	65.74	54.13	27.08
21	31.16	0.92	57.14	9.99	0.22	0.15	0.16	0.16	0.19	0.20	10.68	9.13	88.95	68.04	65.05	64.94	61.63	56.68	34.58
22	68.80	0.17	55.69	10.24	0.23	0.16	0.15	0.19	0.14	0.21	10.37	8.56	84.55	67.98	70.78	66.37	67.86	55.79	25.56
23	50.20	0.16	53.16	6.30	0.20	0.24	0.20	0.20	0.18	0.18	7.74	8.66	66.30	69.00	63.41	66.20	57.22	46.06	31.40
24	71.90	0.52	58.16	10.13	0.20	0.25	0.13	0.12	0.06	0.24	9.75	6.50	83.97	68.07	69.43	66.58	67.39	49.14	27.63
25	65.70	0.38	58.34	9.73	0.25	0.23	0.16	0.14	0.12	0.22	10.21	6.50	77.06	66.73	71.28	65.20	69.02	50.26	22.19
26	46.00	0.36	54.95	8.82	0.37	0.13	0.13	0.15	0.10	0.19	7.89	4.95	84.28	68.12	68.50	65.68	65.05	50.09	25.89
27	89.90	0.28	58.94	8.73	0.34	0.16	0.15	0.15	0.23	0.23	10.99	4.64	87.23	70.64	74.22	69.03	72.39	47.19	26.40
28	59.35	0.38	52.73	10.26	0.33	0.22	0.18	0.16	0.23	0.21	10.83	7.74	68.45	68.21	69.79	65.76	67.24	42.12	28.11
29	54.94	0.59	56.06	6.78	0.17	0.19	0.12	0.15	0.06	0.23	9.28	6.66	85.19	69.87	68.74	68.08	65.63	51.13	19.28
30	60.00	0.31	60.47	13.06	0.25	0.21	0.18	0.16	0.17	0.27	9.29	6.81	84.02	66.71	69.02	64.13	65.93	52.51	27.93
31	55.35	0.22	55.87	7.80	0.27	0.17	0.16	0.17	0.80	0.16	6.04	8.20	90.92	69.78	67.50	67.75	64.98	47.66	29.72
32	73.10	0.33	55.50	8.20	0.26	0.19	0.14	0.10	0.16	0.19	8.36	5.73	68.98	66.73	71.41	66.45	69.64	52.45	28.33

Cb = Composición botánica, porcentaje de estrella

Ah = Area cubierta de heces, en porcentaje

Po = Porosidad, en porcentaje

Sa = Espacio aéreo, en porcentaje

O = Forraje ofrecido

R = Forraje rechazado

Eu = Eficiencia de utilización

Cuadro 27 Coeficientes de la función de producción. Biomasa.

Variable de respuesta	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{33}$	$b_{44}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{14}$	$b_{23}$	$b_{24}$	$b_{34}$	R cua- rado	F Múl- tiple
$Y_1$	0.7452	-0.2270	-0.0461	0.2606	0.0025	-0.0111	-0.0011	-0.0097	-0.0000	0.0124	0.0068	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.460	1.03
$Y_2$	0.9124	-2.2436	0.0662	2.5635	-0.0163	-0.0885	-0.0228	-0.0922	-0.0000	0.1172	0.0663	0.0011	0.0011	0.0014	0.0009	0.479	1.12
$Y_3$	-0.5075	-0.4567	0.2882	-0.0579	0.0155	0.0023	-0.0003	0.0157	-0.0000	0.0110	0.0085	0.0002	-0.0192	-0.0004	-0.0002	0.436	0.97
$Y_4$	10.4162	-3.3008	1.8164	-0.0997	0.1305	-0.1071	0.0000	0.1795	-0.0000	0.1601	-0.0922	0.0101	-0.1687	-0.0050	-0.0035	0.480	1.12
$Y_5$	-4.1260	0.5203	0.1799	0.2248	0.0084	-0.0218	-0.0022	-0.0059	-0.0000	0.0030	-0.0026	-0.0003	-0.0051	-0.0000	0.0002	0.534	1.39
$Y_6$	-98.5987	0.5054	2.6525	3.9792	0.2955	-0.5637	-0.0282	-0.1150	-0.0003	0.0322	-0.0151	-0.0048	-0.0535	-0.0026	0.0006	0.565	1.58
$Y_7$	3.1641	0.0320	0.0033	-0.2389	-0.0047	-0.0185	0.0001	0.0025	-0.0000	-0.0027	0.0162	0.0002	-0.0011	0.0001	0.0001	0.516	1.29
$Y_8$	50.9265	-1.7788	0.2922	-2.9193	-0.0890	-0.2586	0.0075	0.0079	-0.0000	-0.0371	0.3194	0.0066	-0.0403	0.0020	0.0026	0.524	1.33
$Y_9$	-1.6119	-0.4062	0.5604	0.1509	0.0151	-0.0438	-0.0063	0.0045	-0.0000	0.0238	0.0289	0.0003	-0.0253	-0.0001	0.0001	0.521	1.32
$Y_{10}$	-12.4136	0.3928	1.6194	1.0105	0.0654	-0.2550	-0.0186	-0.0051	-0.0001	0.0763	0.0582	0.0028	-0.0685	-0.0012	0.0003	0.563	1.56

$Y_1$  = Producción de M.S. Período 1

$Y_5$  = Producción de M.S. Período 3

$Y_9$  = Producción de M.S. por año

$Y_2$  = Tasa de incremento de M.S. Período 1

$Y_6$  = Tasa de incremento. Período 3

$Y_{10}$  = Tasa de incremento de M.S. por año

$Y_3$  = Producción de M.S. Período 2

$Y_7$  = Producción de M.S. Período 4

$b_i$  = Coeficiente lineal

$Y_4$  = Tasa de incremento de M.S. Período 2

$Y_8$  = Tasa de incremento de M.S. Período 4

$b_{ii}$  = Coeficiente cuadrático

$b_{ij}$  = Coeficiente mixto

Cuadro 28 Coeficientes de la función de producción. Pasto estrella ofrecido.

Variable de respuesta	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>11</sub>	b <sub>22</sub>	b <sub>33</sub>	b <sub>44</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>13</sub>	b <sub>14</sub>	b <sub>23</sub>	b <sub>24</sub>	b <sub>34</sub>	R cua- grado	F múl- tiple
Y <sub>1</sub>	-0.6851	-0.0884	0.0388	0.2211	-0.0013	-0.0086	-0.0023	-0.0077	-0.0000	0.0081	0.0022	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.401	0.81
Y <sub>2</sub>	-9.7092	-0.9981	0.6578	2.0425	-0.0076	-0.0696	-0.02813	-0.0729	-0.0000	0.0776	0.0261	0.0004	0.0011	0.0007	0.0014	0.424	0.89
Y <sub>3</sub>	-1.7940	-0.2672	0.2735	-0.0040	0.0088	0.0051	-0.0011	0.0100	-0.0000	0.0104	-0.0020	0.0001	-0.0140	-0.0004	0.0001	0.400	2.05
Y <sub>4</sub>	-21.5742	-1.2398	2.6473	0.7294	0.0898	-0.0689	-0.0166	0.0987	-0.0000	0.1206	-0.1243	0.0051	-0.1290	-0.0053	0.0011	0.599	1.81
Y <sub>5</sub>	-3.9498	0.2451	0.1842	0.1942	0.0050	-0.0139	-0.0029	-0.0047	-0.0000	0.0034	-0.0060	-0.0002	-0.0036	-0.0000	0.0001	0.601	1.83
Y <sub>6</sub>	-85.1911	6.3143	3.4760	3.7271	0.1273	-0.3800	-0.0565	-0.0956	-0.0001	0.0452	-0.0808	-0.0034	-0.0433	-0.0022	0.0022	0.552	1.49
Y <sub>7</sub>	0.3333	0.0539	0.0659	-0.0550	-0.0032	-0.0104	-0.0013	-0.0001	-0.0000	0.0000	0.0038	0.0001	-0.0007	0.0000	0.0002	0.478	1.11
Y <sub>8</sub>	5.5421	-0.3795	1.2615	-0.5659	-0.0552	-0.1424	-0.0156	-0.0106	-0.0000	0.0100	0.0921	0.0039	-0.0320	-0.0000	0.0030	0.527	1.35
Y <sub>9</sub>	-4.9069	-0.1355	0.5187	0.2954	0.0076	-0.0240	-0.0065	-0.0001	-0.0000	0.0219	-0.0019	0.0000	-0.0182	-0.0004	0.0006	0.707	2.93
Y <sub>10</sub>	-26.5248	0.8453	1.9670	1.4221	0.0369	-0.1598	-0.0282	-0.0181	-0.0000	0.0634	-0.0217	0.0015	-0.0508	-0.0017	0.0019	0.715	3.04**

\*\* (P < 0.05)

Las variables de respuesta tienen el mismo significado del Cuadro 27

Cuadro 29. Coeficientes de la función de respuesta en la pradera y en el forraje ofrecido.

Variable de respuesta	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{33}$	$b_{44}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{14}$	$b_{23}$	$b_{24}$	$b_{34}$	R cuadrado	F Múltiple
$Y_1$	-125.8860	4.1321	9.5683	6.3210	0.0636	0.0896	-0.1640	-0.1289	-0.0000	0.0525	-0.3984	-0.0031	-0.0581	-0.0074	0.0117	0.676	2.54
$Y_2$	2.1759	-0.1421	-0.0561	-0.0658	0.0007	0.0099	0.0000	0.0023	0.0000	0.0035	-0.0053	0.0000	0.0009	0.0000	-0.0001	0.818	5.49 ***
$Y_3$	50.2922	1.8253	0.4228	-1.0000	0.0131	-0.0601	-0.0175	0.0060	-0.0000	-0.0207	0.0049	-0.0018	0.0335	0.0000	0.0002	0.455	1.01
$Y_4$	5.4413	2.3444	0.1146	-0.7417	-0.0025	-0.0606	-0.0163	0.0103	-0.0000	-0.0085	-0.0573	-0.0016	0.0306	0.0006	0.0007	0.642	2.18
$Y_5$	-0.3898	0.0524	0.0103	0.0338	0.0010	-0.0010	-0.0003	-0.0006	0.0000	0.0002	-0.0026	-0.0000	0.0002	-0.0000	-0.0000	0.512	1.27
$Y_6$	0.3279	-0.0044	-0.0066	-0.0034	-0.0002	0.0010	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0002	-0.0000	-0.0000	0.0002	0.0000	-0.0000	0.528	1.36
$Y_7$	-0.1293	0.0154	0.0093	0.0191	0.0007	-0.0006	-0.0003	-0.0006	-0.0000	-0.0000	-0.0003	0.0000	0.0002	0.0000	-0.0000	0.110	0.14
$Y_8$	11.1791	0.8290	-0.1752	-0.5740	0.0109	-0.0422	-0.0006	0.0172	-0.0000	0.0056	-0.0128	-0.0123	0.0049	0.0001	0.0001	0.499	1.21
$Y_9$	66.7449	-1.6607	0.2824	0.5781	0.0000	0.0438	0.0048	-0.0067	-0.0000	0.0134	-0.0038	0.0024	-0.0232	-0.0000	0.0006	0.526	1.34
$Y_{10}$	52.5340	-0.3133	0.6333	0.9269	0.0095	-0.0260	-0.0015	-0.0133	-0.0000	0.0086	-0.0180	0.0021	-0.0240	-0.0006	0.0007	0.485	1.14
$Y_{11}$	58.5697	3.8364	-1.4311	-0.9074	-0.0315	-0.0389	0.0203	0.0691	-0.0000	-0.0734	-0.0986	-0.0022	0.0045	0.0029	-0.0035	0.743	3.52 ***
$Y_{12}$	41.2472	0.4860	1.7864	0.3249	0.1002	-0.0568	0.0088	0.0716	-0.0000	-0.0109	0.0472	0.0021	-0.1160	-0.0021	-0.0009	0.432	0.92

$Y_1$  = Composición botánica  
 $Y_2$  = Área cubierta por heces  
 $Y_3$  = Porosidad  
 $Y_4$  = Espacio aéreo  
 $Y_5$  = Calcio  
 $Y_6$  = Magnesio

$Y_7$  = Fósforo  
 $Y_8$  = Proteína  
 $Y_9$  = Pared celular  
 $Y_{10}$  = Fibra  
 $Y_{11}$  = Digestibilidad de la M.O.  
 $Y_{12}$  = Eficiencia de utilización

$b_i$  = Coeficiente lineal  
 $b_{ii}$  = Coeficiente cuadrático puro  
 $b_{ij}$  = Coeficiente cuadrático mixto

\*\*\* (P < 0.01)

Cuadro 30. Transformación canónica.

Tasa de crecimiento diario de la biomasa

Modelo

$$y = 0,392776X_1 + 1,619411X_2 + 1,010508X_3 + 0,065411X_4 - \\ 0,255022X_1^2 - 0,018550X_2^2 - 0,005108X_3^2 - 0,000109X_4^2 + \\ 0,076329X_1X_2 + 0,058192X_1X_3 + 0,002796X_1X_4 - 0,068470X_2X_3 - \\ 0,001157X_2X_4 + 0,000331X_3X_4 \quad (1).$$

Matriz a partir de las derivadas parciales de  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  y  $X_4$

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	b
-0,510041	0,076329	0,058192	0,002796	-0,392776
0,076329	-0,037100	-0,068470	-0,001157	-1,619411
0,058192	-0,068470	-0,010216	0,000331	-1,010502
0,002796	-0,001157	0,000331	-0,000218	-0,065411

Resolviendo la matriz anterior tenemos los puntos estacionarios:

- $X_1$  (Largo del período de ocupación) = 7,26 días
- $X_2$  (Largo del período de descanso) = 20,10 días
- $X_3$  (Disponibilidad diaria de forraje) = 15,61 kg
- $X_4$  (Dosis de N) = 310 kg

Cont. Cuadro 30.

Tasa de crecimiento del pasto estrella

$$\begin{aligned}
 y = & 0,845300X_1 + 1,966973X_2 + 1,422133X_3 + 0,036902X_4 - \\
 & 0,159873X_1^2 - 0,028206X_2^2 - 0,018133X_3^2 - 0,000062X_4^2 + \\
 & 0,063434X_1X_2 - 0,021689X_1X_3 + 0,001511X_1X_4 - 0,050770X_2X_3 - \\
 & 0,001693X_2X_4 + 0,001937X_3X_4 \quad (2).
 \end{aligned}$$

Matriz a partir de las derivadas parciales de  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  y  $X_4$

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	b
-0,319626	0,063434	-0,021689	0,001511	-0,845300
0,063434	-0,056412	-0,050770	-0,001693	-1,966973
-0,021689	-0,050770	-0,036266	0,001937	-1,422133
0,001511	-0,001693	0,001937	-0,000124	-0,036902

Resolviendo la matriz anterior tenemos los puntos estacionarios:

$$\begin{aligned}
 X_1 \text{ (Largo del período de ocupación)} &= 7,95 \text{ días} \\
 X_2 \text{ (Largo del período de descanso)} &= 25,11 \text{ días} \\
 X_3 \text{ (Disponibilidad diaria de forraje)} &= 12,53 \text{ kg} \\
 X_4 \text{ (Dosis de N)} &= 247 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cont. Cuadro 30.

Cálculo de los parámetros  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  y  $\lambda_4$

$$\begin{bmatrix} b_{11}^{-\lambda} & b_{12/2} & b_{13/2} & b_{14/2} \\ b_{12/2} & b_{22}^{-\lambda} & b_{23/2} & b_{24/2} \\ b_{13/2} & b_{23/2} & b_{33}^{-\lambda} & b_{34/2} \\ b_{14/2} & b_{24/2} & b_{34/2} & b_{44}^{-\lambda} \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

Sustituyendo en (3) los parámetros por sus valores conforme a (1) y (2) obtenemos los siguientes valores.

Para la tasa de crecimiento de la biomasa la ecuación canónica tiene la fórmula:

$$\hat{y} = y_0 + \lambda_1 z_1^2 + \lambda_2 z_2^2 + \lambda_3 z_3^2 + \lambda_4 z_4^2$$
$$y = 86,22 - 38,58174 z_1^2 - 4,50264 z_2^2 + 22,81766 z_3^2 + 1,0000 z_4^2$$

Para la tasa de crecimiento del pasto estrella la ecuación canónica tiene la fórmula:

$$\hat{y} = y_0 + \lambda_1 z_1^2 + \lambda_2 z_2^2 + \lambda_3 z_3^2 + \lambda_4 z_4^2$$
$$y = 41,62 + 0,06586 z_1^2 - 0,00954 z_2^2 - 0,00332 z_3^2 + 1,0000 z_4^2$$

Para la composición botánica la ecuación canónica tiene la fórmula:

$$y = -y_0 + 206,94583 z_1^2 + 25,76151 z_2^2 + 19,20683 z_3^2 + 1,00000 z_4^2$$



Cuadro 2. Mayor otorgado en la fase de procedimiento simple de la Reforma en  
 Millones por recategorización de materia por medio del modelo de  
 Registro ordena con cuatro decimales.

CUAPA-DES-PRES-	CION	CANSO	PASTI-	DOSIS DE N
1	7	5	1.504	7.521
1	7	10	10.292	10.132
1	7	15	12.608	12.500
1	7	20	15.068	14.853
1	7	25	17.077	16.845
1	7	30	18.299	18.045
1	7	35	19.077	19.273
1	7	40	20.511	20.943
1	7	45	21.854	22.844
1	7	50	22.928	24.720
1	7	55	23.928	26.884
1	7	60	24.941	28.884
1	7	65	25.948	30.900
1	7	70	26.948	32.928
1	7	75	27.948	34.948
1	7	80	28.948	36.948
1	7	85	29.948	38.948
1	7	90	30.948	40.948
1	7	95	31.948	42.948
1	7	100	32.948	44.948
1	7	105	33.948	46.948
1	7	110	34.948	48.948
1	7	115	35.948	50.948
1	7	120	36.948	52.948
1	7	125	37.948	54.948
1	7	130	38.948	56.948
1	7	135	39.948	58.948
1	7	140	40.948	60.948
1	7	145	41.948	62.948
1	7	150	42.948	64.948
1	7	155	43.948	66.948
1	7	160	44.948	68.948
1	7	165	45.948	70.948
1	7	170	46.948	72.948
1	7	175	47.948	74.948
1	7	180	48.948	76.948
1	7	185	49.948	78.948
1	7	190	50.948	80.948
1	7	195	51.948	82.948
1	7	200	52.948	84.948
1	7	205	53.948	86.948
1	7	210	54.948	88.948
1	7	215	55.948	90.948
1	7	220	56.948	92.948
1	7	225	57.948	94.948
1	7	230	58.948	96.948
1	7	235	59.948	98.948
1	7	240	60.948	100.948
1	7	245	61.948	102.948
1	7	250	62.948	104.948
1	7	255	63.948	106.948
1	7	260	64.948	108.948
1	7	265	65.948	110.948
1	7	270	66.948	112.948
1	7	275	67.948	114.948
1	7	280	68.948	116.948
1	7	285	69.948	118.948
1	7	290	70.948	120.948
1	7	295	71.948	122.948
1	7	300	72.948	124.948
1	7	305	73.948	126.948
1	7	310	74.948	128.948
1	7	315	75.948	130.948
1	7	320	76.948	132.948
1	7	325	77.948	134.948
1	7	330	78.948	136.948
1	7	335	79.948	138.948
1	7	340	80.948	140.948
1	7	345	81.948	142.948
1	7	350	82.948	144.948
1	7	355	83.948	146.948
1	7	360	84.948	148.948
1	7	365	85.948	150.948
1	7	370	86.948	152.948
1	7	375	87.948	154.948
1	7	380	88.948	156.948
1	7	385	89.948	158.948
1	7	390	90.948	160.948
1	7	395	91.948	162.948
1	7	400	92.948	164.948
1	7	405	93.948	166.948
1	7	410	94.948	168.948
1	7	415	95.948	170.948
1	7	420	96.948	172.948
1	7	425	97.948	174.948
1	7	430	98.948	176.948
1	7	435	99.948	178.948
1	7	440	100.948	180.948
1	7	445	101.948	182.948
1	7	450	102.948	184.948
1	7	455	103.948	186.948
1	7	460	104.948	188.948
1	7	465	105.948	190.948
1	7	470	106.948	192.948
1	7	475	107.948	194.948
1	7	480	108.948	196.948
1	7	485	109.948	198.948
1	7	490	110.948	200.948
1	7	495	111.948	202.948
1	7	500	112.948	204.948
1	7	505	113.948	206.948
1	7	510	114.948	208.948
1	7	515	115.948	210.948
1	7	520	116.948	212.948
1	7	525	117.948	214.948
1	7	530	118.948	216.948
1	7	535	119.948	218.948
1	7	540	120.948	220.948
1	7	545	121.948	222.948
1	7	550	122.948	224.948
1	7	555	123.948	226.948
1	7	560	124.948	228.948
1	7	565	125.948	230.948
1	7	570	126.948	232.948
1	7	575	127.948	234.948
1	7	580	128.948	236.948
1	7	585	129.948	238.948
1	7	590	130.948	240.948
1	7	595	131.948	242.948
1	7	600	132.948	244.948
1	7	605	133.948	246.948
1	7	610	134.948	248.948
1	7	615	135.948	250.948
1	7	620	136.948	252.948
1	7	625	137.948	254.948
1	7	630	138.948	256.948
1	7	635	139.948	258.948
1	7	640	140.948	260.948
1	7	645	141.948	262.948
1	7	650	142.948	264.948
1	7	655	143.948	266.948
1	7	660	144.948	268.948
1	7	665	145.948	270.948
1	7	670	146.948	272.948
1	7	675	147.948	274.948
1	7	680	148.948	276.948
1	7	685	149.948	278.948
1	7	690	150.948	280.948
1	7	695	151.948	282.948
1	7	700	152.948	284.948
1	7	705	153.948	286.948
1	7	710	154.948	288.948
1	7	715	155.948	290.948
1	7	720	156.948	292.948
1	7	725	157.948	294.948
1	7	730	158.948	296.948
1	7	735	159.948	298.948
1	7	740	160.948	300.948
1	7	745	161.948	302.948
1	7	750	162.948	304.948
1	7	755	163.948	306.948
1	7	760	164.948	308.948
1	7	765	165.948	310.948
1	7	770	166.948	312.948
1	7	775	167.948	314.948
1	7	780	168.948	316.948
1	7	785	169.948	318.948
1	7	790	170.948	320.948
1	7	795	171.948	322.948
1	7	800	172.948	324.948
1	7	805	173.948	326.948
1	7	810	174.948	328.948
1	7	815	175.948	330.948
1	7	820	176.948	332.948
1	7	825	177.948	334.948
1	7	830	178.948	336.948
1	7	835	179.948	338.948
1	7	840	180.948	340.948
1	7	845	181.948	342.948
1	7	850	182.948	344.948
1	7	855	183.948	346.948
1	7	860	184.948	348.948
1	7	865	185.948	350.948
1	7	870	186.948	352.948
1	7	875	187.948	354.948
1	7	880	188.948	356.948
1	7	885	189.948	358.948
1	7	890	190.948	360.948
1	7	895	191.948	362.948
1	7	900	192.948	364.948
1	7	905	193.948	366.948
1	7	910	194.948	368.948
1	7	915	195.948	370.948
1	7	920	196.948	372.948
1	7	925	197.948	374.948
1	7	930	198.948	376.948
1	7	935	199.948	378.948
1	7	940	200.948	380.948
1	7	945	201.948	382.948
1	7	950	202.948	384.948
1	7	955	203.948	386.948
1	7	960	204.948	388.948
1	7	965	205.948	390.948
1	7	970	206.948	392.948
1	7	975	207.948	394.948
1	7	980	208.948	396.948
1	7	985	209.948	398.948
1	7	990	210.948	400.948
1	7	995	211.948	402.948
1	7	1000	212.948	404.948
1	7	1005	213.948	406.948
1	7	1010	214.948	408.948
1	7	1015	215.948	410.948
1	7	1020	216.948	412.948
1	7	1025	217.948	414.948
1	7	1030	218.948	416.948
1	7	1035	219.948	418.948
1	7	1040	220.948	420.948
1	7	1045	221.948	422.948
1	7	1050	222.948	424.948
1	7	1055	223.948	426.948
1	7	1060	224.948	428.948
1	7	1065	225.948	430.948
1	7	1070	226.948	432.948
1	7	1075	227.948	434.948
1	7	1080	228.948	436.948
1	7	1085	229.948	438.948
1	7	1090	230.948	440.948
1	7	1095	231.948	442.948
1	7	1100	232.948	444.948
1	7	1105	233.948	446.948
1	7	1110	234.948	448.948
1	7	1115	235.948	450.948
1	7	1120	236.948	452.948
1	7	1125	237.948	454.948
1	7	1130	238.948	456.948
1	7	1135	239.948	458.948
1	7	1140	240.948	460.948
1	7	1145	241.948	462.948
1	7	1150	242.948	464.948
1	7	1155	243.948	466.948
1	7	1160	244.948	468.948
1	7	1165	245.948	470.948
1	7	1170	246.948	472.948
1	7	1175	247.948	474.948
1	7	1180	248.948	476.948
1	7	1185	249.948	478.948
1	7	1190	250.948	480.948
1	7	1195	251.948	482.948
1	7	1200	252.948	484.948
1	7	1205	253.948	486.948
1	7	1210	254.948	488.948
1	7	1215	255.948	490.948
1	7	1220	256.948	492.948
1	7	1225	257.948	494.948
1	7	1230	258.948	496.948
1	7	1235	259.948	498.948
1	7	1240	260.948	500.948
1	7	1245	261.948	502.948
1	7	1250	262.948	504.948
1	7	1255	263.948	506.948
1				

Cuadro 35. Valor estimado de la producción de materia seca del pasto estrella en toneladas por hectárea por medio del modelo de segundo orden con cuatro variables.

OCUPA- CION	DES- CANSO	PRES. PAST.	DOSIS DE N				
			0.	125.	250.	375.	500.
1.	7.	5.	-0.772	0.066	0.561	0.712	0.520
1.	7.	10.	0.047	1.304	2.217	2.787	3.012
1.	7.	15.	0.860	2.535	3.866	4.854	5.498
1.	7.	20.	1.665	3.759	5.508	6.914	7.976
2.	7.	25.	2.464	4.975	7.143	8.967	10.447
1.	14.	5.	1.421	1.895	2.026	1.812	1.255
1.	14.	10.	1.604	2.497	3.044	3.249	3.110
1.	14.	15.	1.779	3.050	4.056	4.679	4.958
1.	14.	20.	1.948	3.676	5.061	6.102	6.799
1.	14.	25.	2.109	4.255	6.058	7.517	8.632
1.	21.	5.	2.980	3.089	2.855	2.276	1.354
1.	21.	10.	2.525	3.053	3.236	3.076	2.572
1.	21.	15.	2.064	3.009	3.611	3.868	3.783
1.	21.	20.	1.595	2.958	3.978	4.654	4.986
1.	21.	25.	1.118	2.900	4.338	5.432	6.182
1.	28.	5.	3.904	3.648	3.049	2.105	0.818
1.	28.	10.	2.812	2.974	2.793	2.268	1.399
1.	28.	15.	1.712	2.293	2.530	2.423	1.972
1.	28.	20.	0.606	1.605	2.260	2.371	2.538
1.	28.	25.	-0.506	0.909	1.982	2.712	3.097
1.	35.	5.	4.192	3.571	2.607	1.299	-0.352
1.	35.	10.	2.443	2.260	1.714	0.824	-0.409
1.	35.	15.	0.726	0.942	0.813	0.342	-0.473
1.	35.	20.	-1.017	-0.383	-0.093	-0.147	-0.544
1.	35.	25.	-2.768	-1.716	-1.008	-0.643	-0.623
4.	7.	5.	-1.106	-0.237	0.287	0.469	0.306
4.	7.	10.	-0.314	0.972	1.916	2.515	2.771
4.	7.	15.	0.470	2.176	3.537	4.555	5.228
4.	7.	20.	1.248	3.372	5.151	6.587	7.679
4.	7.	25.	2.015	4.560	6.758	8.612	10.122
4.	14.	5.	1.548	2.052	2.212	2.029	1.502
4.	14.	10.	1.703	2.625	3.203	3.458	3.329
4.	14.	15.	1.851	3.191	4.187	4.840	5.149
4.	14.	20.	1.991	3.749	5.164	6.235	6.962
4.	14.	25.	2.125	4.301	6.134	7.623	8.768
4.	21.	5.	3.568	3.707	3.502	2.954	2.062
4.	21.	10.	3.085	3.642	3.856	3.726	3.252
4.	21.	15.	2.595	3.571	4.202	4.490	4.434
4.	21.	20.	2.099	3.492	4.542	5.248	5.610
4.	21.	25.	1.595	3.406	4.874	5.998	6.779
4.	28.	5.	4.952	4.726	4.157	3.243	1.986
4.	28.	10.	3.832	4.024	3.875	3.378	2.539
4.	28.	15.	2.705	3.215	3.582	3.505	3.084
4.	28.	20.	1.571	2.599	3.284	3.625	3.623
4.	28.	25.	0.429	1.876	2.978	3.738	4.154
4.	35.	5.	5.701	5.110	4.176	2.698	1.276
4.	35.	10.	3.944	3.772	3.255	2.395	1.191
4.	35.	15.	2.179	2.425	2.327	1.885	1.099
4.	35.	20.	0.408	1.071	1.391	1.358	1.000
4.	35.	25.	-1.370	-0.288	0.449	0.843	0.894
7.	7.	5.	-1.871	-0.972	-0.417	-0.206	-0.338
7.	7.	10.	-1.107	0.209	1.182	1.812	2.098
7.	7.	15.	-0.350	1.384	2.776	3.823	4.527
7.	7.	20.	0.399	2.552	4.362	5.828	6.950
7.	7.	25.	1.142	3.714	5.944	7.825	9.365
7.	14.	5.	1.243	1.777	1.968	1.814	1.317
7.	14.	10.	1.370	2.322	2.931	3.195	3.116
7.	14.	15.	1.490	2.860	3.887	4.569	4.908
7.	14.	20.	1.603	3.391	4.836	5.937	6.694
7.	14.	25.	1.708	3.915	5.778	7.297	8.472
7.	21.	5.	3.723	3.893	3.718	3.200	2.337
7.	21.	10.	3.213	3.800	4.044	3.944	3.500
7.	21.	15.	2.695	3.701	4.362	4.680	4.654
7.	21.	20.	2.171	3.594	4.674	5.410	5.802
7.	21.	25.	1.639	3.481	4.979	6.133	6.943
7.	28.	5.	5.568	5.373	4.833	3.950	2.723
7.	28.	10.	4.421	4.643	4.522	4.056	3.248
7.	28.	15.	3.286	3.906	4.203	4.156	3.765
7.	28.	20.	2.104	3.162	3.877	4.248	4.276
7.	28.	25.	0.934	2.411	3.544	4.333	4.779
7.	35.	5.	6.778	6.217	5.313	4.065	2.473
7.	35.	10.	4.993	4.850	4.364	3.534	2.360
7.	35.	15.	3.200	3.476	3.408	2.996	2.240
7.	35.	20.	1.401	2.095	2.445	2.451	2.114
7.	35.	25.	-0.404	0.706	1.475	1.899	1.980
10.	7.	5.	-3.069	-2.140	-1.555	-1.313	-1.416
10.	7.	10.	-2.332	-0.985	0.017	0.677	0.992
10.	7.	15.	-1.603	0.161	1.583	2.660	3.394
10.	7.	20.	-0.881	1.302	3.141	4.637	5.789
10.	7.	25.	-0.168	2.435	4.692	6.606	8.176
10.	14.	5.	0.507	1.071	1.291	1.167	0.700
10.	14.	10.	0.608	1.588	2.226	2.521	2.472
10.	14.	15.	0.698	2.098	3.154	3.867	4.236
10.	14.	20.	0.782	2.601	4.075	5.206	5.993
10.	14.	25.	0.860	3.097	4.989	6.528	7.744
10.	21.	5.	3.447	3.640	3.502	3.013	2.181
10.	21.	10.	2.909	3.520	3.800	3.730	3.316
10.	21.	15.	2.384	3.399	4.091	4.439	4.443
10.	21.	20.	1.811	3.265	4.374	5.140	5.563
10.	21.	25.	1.252	3.123	4.651	5.835	6.676
10.	28.	5.	5.753	5.587	5.078	4.224	3.027
10.	28.	10.	4.577	4.630	4.738	4.303	3.524
10.	28.	15.	3.394	4.065	4.392	4.375	4.014
10.	28.	20.	2.205	3.293	4.038	4.439	4.497
10.	28.	25.	1.008	2.514	3.677	4.497	4.972
10.	35.	5.	7.423	6.892	6.018	4.800	3.238
10.	35.	10.	5.610	5.497	5.041	4.241	3.097
10.	35.	15.	3.790	4.095	4.057	3.675	2.950
10.	35.	20.	1.963	2.686	3.066	3.103	2.795
10.	35.	25.	0.128	1.270	2.068	2.523	2.633
13.	7.	5.	-4.698	-3.739	-3.124	-2.852	-2.925
13.	7.	10.	-3.989	-2.612	-1.579	-0.890	-0.544
13.	7.	15.	-3.288	-1.493	-0.041	1.065	1.829
13.	7.	20.	-2.593	-0.380	1.488	3.014	4.136
13.	7.	25.	-1.906	0.724	3.012	4.956	6.556
13.	14.	5.	-0.661	-0.067	0.182	0.089	-0.348
13.	14.	10.	-0.590	0.421	1.090	1.444	1.395
13.	14.	15.	-0.526	0.904	1.990	2.733	3.132
13.	14.	20.	-0.469	1.379	2.883	4.044	4.861
13.	14.	25.	-0.419	1.847	3.769	5.348	6.584
13.	21.	5.	2.739	2.969	2.854	2.396	1.593
13.	21.	10.	2.173	2.821	3.124	3.084	2.700
13.	21.	15.	1.600	2.665	3.387	3.765	3.799
13.	21.	20.	1.020	2.503	3.643	4.439	4.891
13.	21.	25.	0.432	2.334	3.892	5.106	5.976
13.	28.	5.	5.506	5.370	4.890	4.067	2.900
13.	28.	10.	4.322	4.584	4.323	4.318	3.369
13.	28.	15.	3.091	3.792	4.146	4.162	3.831
13.	28.	20.	1.874	2.992	3.767	4.198	4.286
13.	28.	25.	0.649	2.186	3.379	4.228	4.733
13.	35.	5.	7.636	7.136	6.291	5.103	3.571
13.	35.	10.	5.795	5.713	5.287	4.517	3.403
13.	35.	15.	3.948	4.283	4.275	3.923	3.228
13.	35.	20.	2.092	2.840	3.256	3.322	3.045
13.	35.	25.	0.230	1.402	2.230	2.715	2.855

Cuadro 34. Valor estimado de la producción de materia seca de la Biomasa, en toneladas por hectárea por medio del modelo de seguridad con cuatro variables.

OCUPA- CIÓN	DES- CANO	PRES. PAST.	DOSIS DE N				
			0.	125.	250.	375.	500.
1.	7.	5.	1.847	3.355	4.113	4.121	3.380
1.	7.	10.	2.200	3.800	4.651	4.751	4.101
1.	7.	15.	2.780	4.472	5.414	5.606	5.048
1.	7.	20.	3.583	5.369	6.403	6.687	6.221
1.	7.	25.	4.616	6.492	7.618	7.993	7.619
1.	14.	5.	4.127	5.496	6.115	5.984	5.103
1.	14.	10.	3.597	5.038	5.769	5.730	4.941
1.	14.	15.	3.292	4.845	5.648	5.701	5.004
1.	14.	20.	3.214	4.857	5.753	5.898	5.293
1.	14.	25.	3.361	5.096	6.084	6.321	5.808
1.	21.	5.	3.189	7.019	7.499	7.229	6.209
1.	21.	10.	4.376	5.898	6.269	6.091	5.163
1.	21.	15.	3.188	4.601	5.265	5.179	4.343
1.	21.	20.	2.225	3.731	4.487	4.492	3.748
1.	21.	25.	1.489	3.086	3.934	4.031	3.379
1.	28.	5.	6.835	7.926	8.267	7.858	6.698
1.	28.	10.	4.537	5.720	6.153	5.836	4.768
1.	28.	15.	2.466	3.740	4.265	4.040	3.064
1.	28.	20.	0.620	1.986	2.603	2.469	1.586
1.	28.	25.	-0.999	0.458	1.166	1.125	0.333
2.	35.	5.	7.263	8.215	8.417	7.869	6.570
1.	35.	10.	4.082	5.126	5.419	4.963	3.757
1.	35.	15.	1.277	2.262	2.648	2.283	1.169
1.	35.	20.	-1.602	-0.375	0.102	-0.170	-1.193
1.	35.	25.	-4.106	-2.787	-2.218	-2.398	-3.329
4.	7.	5.	0.904	2.525	3.397	3.518	2.890
4.	7.	10.	1.691	3.404	4.368	4.581	4.044
4.	7.	15.	2.704	4.309	5.264	5.870	5.425
4.	7.	20.	3.942	5.840	6.987	7.384	7.031
4.	7.	25.	5.407	7.396	8.635	9.124	8.863
4.	14.	5.	3.684	5.166	5.898	5.881	5.113
4.	14.	10.	3.587	5.161	5.985	6.060	5.384
4.	14.	15.	3.716	5.382	6.298	6.464	5.881
4.	14.	20.	4.071	5.829	6.837	7.095	6.603
4.	14.	25.	4.652	6.502	7.601	7.951	7.551
4.	21.	5.	5.846	7.189	7.783	7.688	6.719
4.	21.	10.	4.856	6.301	6.886	6.921	6.106
4.	21.	15.	4.111	5.638	6.415	6.442	5.719
4.	21.	20.	3.582	5.201	6.070	6.189	5.558
4.	21.	25.	3.279	4.990	5.951	6.162	5.622
4.	28.	5.	7.392	8.596	9.050	8.754	7.708
4.	28.	10.	5.528	6.824	7.370	7.166	6.212
4.	28.	15.	3.889	5.277	5.915	5.803	4.941
4.	28.	20.	2.477	3.956	4.686	4.666	3.896
4.	28.	25.	1.290	2.861	3.683	3.755	3.076
4.	35.	5.	8.320	9.385	9.700	9.265	8.080
4.	35.	10.	5.572	6.729	7.136	6.793	5.699
4.	35.	15.	3.050	4.257	4.977	4.946	3.545
4.	35.	20.	0.754	2.094	2.685	2.525	1.616
4.	35.	25.	-1.316	0.116	0.798	0.731	-0.086
7.	7.	5.	-0.827	0.907	1.892	2.126	1.611
7.	7.	10.	0.393	2.219	3.296	3.623	3.199
7.	7.	15.	1.839	3.758	4.926	5.345	5.019
7.	7.	20.	3.511	5.522	6.782	7.292	7.053
7.	7.	25.	5.409	7.511	8.864	9.466	9.318
7.	14.	5.	2.452	4.047	4.893	4.989	4.334
7.	14.	10.	2.789	4.476	5.414	5.601	5.039
7.	14.	15.	3.351	5.131	6.160	6.439	5.969
7.	14.	20.	4.140	6.011	7.132	7.503	7.145
7.	14.	25.	5.154	7.117	8.330	8.793	8.506
7.	21.	5.	5.134	6.571	7.277	7.234	6.440
7.	21.	10.	4.567	6.116	6.914	6.962	6.261
7.	21.	15.	4.246	5.886	6.777	6.917	6.307
7.	21.	20.	4.151	5.883	6.865	7.097	6.579
7.	21.	25.	4.281	6.105	7.179	7.503	7.077
7.	28.	5.	7.159	8.477	9.044	8.862	7.929
7.	28.	10.	5.729	7.138	7.797	7.707	6.866
7.	28.	15.	4.524	6.025	6.776	6.777	6.028
7.	28.	20.	3.545	5.138	5.981	6.074	5.417
7.	28.	25.	2.791	4.476	5.411	5.596	5.031
7.	35.	5.	8.288	9.786	10.194	9.872	8.801
7.	35.	10.	6.273	7.543	8.063	7.834	6.854
7.	35.	15.	4.185	5.547	6.159	6.021	5.133
7.	35.	20.	2.322	3.776	4.479	4.433	3.637
7.	35.	25.	0.684	2.230	3.026	3.072	2.367
10.	7.	5.	-3.347	-1.499	-0.401	-0.053	-0.455
10.	7.	10.	-1.693	0.246	1.436	1.876	1.565
10.	7.	15.	0.186	2.217	3.499	4.031	3.613
10.	7.	20.	2.291	4.415	5.788	6.412	6.286
10.	7.	25.	4.623	6.838	8.304	9.019	8.985
10.	14.	5.	0.431	2.140	3.099	3.308	2.767
10.	14.	10.	1.202	3.002	4.053	4.354	3.905
10.	14.	15.	2.198	4.090	5.235	5.626	5.268
10.	14.	20.	3.419	5.404	6.838	7.323	6.857
10.	14.	25.	4.867	6.943	8.270	8.846	8.672
10.	21.	5.	3.594	5.163	5.983	6.053	5.373
10.	21.	10.	3.480	5.147	6.053	6.215	5.627
10.	21.	15.	3.592	5.340	6.349	6.603	6.106
10.	21.	20.	3.930	5.776	6.871	7.217	6.812
10.	21.	25.	4.494	6.432	7.619	8.056	7.743
10.	28.	5.	6.139	7.569	8.250	8.181	7.361
10.	28.	10.	5.142	6.664	7.437	7.459	6.732
10.	28.	15.	4.370	5.984	6.849	6.963	6.328
10.	28.	20.	3.824	5.321	6.487	6.693	6.149
10.	28.	25.	3.504	5.302	6.351	6.649	6.197
10.	35.	5.	8.067	9.358	9.900	9.491	8.733
10.	35.	10.	6.186	7.569	8.202	8.086	7.219
10.	35.	15.	4.530	6.006	6.731	6.706	5.931
10.	35.	20.	3.101	4.668	5.485	5.552	4.869
10.	35.	25.	1.897	3.556	4.465	4.624	4.033
13.	7.	5.	-6.656	-4.695	-3.484	-3.022	-3.311
13.	7.	10.	-4.569	-2.515	-1.212	-0.659	-0.856
13.	7.	15.	-2.255	-0.110	1.284	1.929	1.824
13.	7.	20.	0.283	2.519	4.008	4.743	4.730
13.	7.	25.	3.047	5.376	6.955	7.784	7.862
13.	14.	5.	-2.377	-0.555	0.517	0.839	0.839
13.	14.	10.	-1.173	0.740	1.904	2.318	1.982
13.	14.	15.	0.255	2.261	3.517	4.023	3.779
13.	14.	20.	1.911	4.008	5.356	5.954	5.802
13.	14.	25.	3.792	5.981	7.421	8.120	8.050
13.	21.	5.	1.284	2.967	3.900	4.083	3.516
13.	21.	10.	1.604	3.379	4.404	4.679	4.204
13.	21.	15.	2.150	4.017	5.134	5.500	5.117
13.	21.	20.	2.921	4.880	6.089	6.547	6.256
13.	21.	25.	3.919	5.969	7.270	7.820	7.621
13.	28.	5.	4.329	5.873	6.667	6.711	6.005
13.	28.	10.	3.765	5.401	6.287	6.423	5.808
13.	28.	15.	3.427	5.155	6.123	6.360	5.838
13.	28.	20.	3.315	5.135	6.204	6.574	6.093
13.	28.	25.	3.429	5.340	6.501	6.913	6.574
13.	35.	5.	6.757	8.162	8.816	8.721	7.876
13.	35.	10.	5.309	6.806	7.553	7.549	6.796
13.	35.	15.	4.088	5.676	6.515	6.603	5.942
13.	35.	20.	3.092	4.772	5.702	5.883	5.313
13.	35.	25.	2.321	4.094	5.116	5.388	4.910