

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO DE LA ASOCIACION KUDZU
TROPICAL (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth) Y PASTO RUZI
(*Brachiaria ruziziensis* Germain y Evrard) BAJO EL EFECTO DE
DIFERENTES PRESIONES DE PASTOREO E INTERVALOS DE
DESCANSO.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de
la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiarum

Ebenezer de Ataíde Coimbra

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

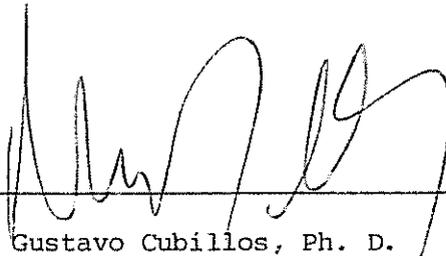
Turrialba, Costa Rica

1979

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

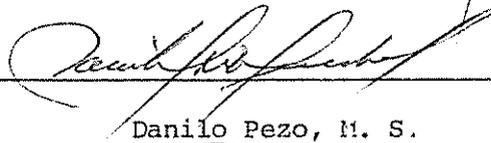
Magister Scientiae

JURADO:



Profesor Consejero

Gustavo Cubillos, Ph. D.



Miembro del Comité

Danilo Pezo, M. S.



Miembro del Comité

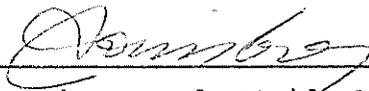
José Fargas, Ph. D.



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Coordinador, Sistema de Estudios de Posgrado de
la Universidad de Costa Rica



Ebenezer de Ataide Coimbra
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Ivanê

A mi hijo Danilo

A mi hermana Ruth

A la memoria de mis padres

A la memoria de mi hermana María

A mis amigos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos al Dr. Gustavo Cubillos, Consejero Principal, por su valiosa orientación y colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Dr. José Fargas, miembro del Comité Consejero, por su orientación y su manifiesto de apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Danilo Pezo, miembro del Comité Consejero, por su dedicación, pronta atención y ayuda en la realización del presente trabajo.

Al cuerpo docente del CATIE y, particularmente, del Programa de Producción Animal por sus enseñanzas, sin las cuales no hubiera sido posible la realización del presente trabajo.

A la Lic. Ivané Dantas Coimbra por su valiosa ayuda en la corrección del español.

Al Gobierno de Brasil y a la Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural de Bahía - EMATERBA por su apoyo prestado durante la realización del curso.

Al Gobierno de Holanda por el apoyo económico brindado durante la realización del curso.

A mi esposa Ivanê, por su solidaridad, comprensión, estímulo y ayuda en el hogar y en la realización del presente trabajo.

A la señora María Augusta Cardoso Pina por su compañía y ayuda incondicional en las actividades de la familia.

A mis amigos que directa o indirectamente colaboraron para que el presente trabajo pudiera ser realizado.

BIOGRAFIA

El autor nació en Curuçá, Pará, Brasil. Realizó sus estudios secundarios en la Escuela Agrícola "Manuel Barata", Belém, Pará, Brasil, y Escuela Agrotécnica de Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil.

Realizó sus estudios universitarios en la Escuela de Agronomía de la Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Brasil, graduándose como Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1967.

Trabajó para las siguientes instituciones: Asociación Nordestina de Crédito e Extensão Rural da Bahia (ANCARBA), Secretaria de Agricultura do Estado de Bahia, Conselho Nacional de Desemvolvimento da Pecuária (CONDEPE) y actualmente trabaja en la Empresa de Asistencia Técnica y Extensão Rural de Bahia (EMATERBA).

En julio de 1977 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Convenio Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR/CATIE) en Turrialba, Costa Rica, donde realizó sus estudios de posgrado, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en agosto de 1979.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Función de las leguminosas en las praderas...	2
2.2 La producción y manejo de praderas con leguminosas.....	2
2.3 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre las asociacio- nes de gramíneas y leguminosas.....	7
3. MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1 Localización y conducción del experimento....	9
3.2 Variables estudiadas.....	10
3.3 Mediciones de la pradera.....	11
3.3.1 Composición botánica.....	11
3.3.2 Producción de materia seca.....	12
3.3.3 Consumo de materia seca.....	13
3.3.4 Tasa de crecimiento.....	14
3.3.5 Eficiencia de utilización del forraje ofrecido.....	15
3.3.6 Carga animal.....	16
3.3.7 Resistencia a la penetración del suelo.....	16
3.3.8 Análisis de la composición química del suelo.....	17
3.3.9 Nodulación del kudzú.....	17
3.3.10 Análisis de la calidad del forraje ofrecido.....	17
3.4 Diseño experimental.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19

	<u>Página</u>
4.1 Efectos sobre la pradera.....	19
4.1.1 Cambios en la composición botánica...	19
4.1.2 Producción de materia seca.....	26
4.1.2.1 Tasa de crecimiento.....	26
4.1.2.2 Materia seca ofrecida por pastoreo.....	29
4.1.3 Utilización de la materia seca.....	29
4.1.3.1 Eficiencia de utilización por pastoreo.....	29
4.1.3.2 Eficiencia de utilización total.....	32
4.1.3.3 Materia seca consumida por hectárea.....	34
4.1.3.4 Materia seca consumida por 100 kg de peso vivo.....	36
4.1.4 Carga animal.....	38
4.1.5 Calidad de la materia seca ofrecida..	41
4.1.5.1 Contenido de proteína cruda.....	41
4.1.5.2 Digestibilidad <i>in vitro</i>	43
4.1.6 Peso seco de los nódulos y raíces del kudzú.....	45
4.2 Efecto sobre el suelo.....	47
4.2.1 Resistencia a la penetración.....	47
4.2.2 Composición química.....	51
4.3 Discusión general.....	52
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6. RESUMEN.....	57
6a. SUMMARY.....	59
7. LITERATURA CITADA.....	61
8. APENDICE.....	68

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Composición botánica inicial y final, y cambio botánico.....	70
2	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el cambio botánico del pasto ruzi (B), del kudzú (K) y de otras forrajeras o malezas.....	71
3	Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para materia seca ofrecida (MSO), materia seca rechazada (MSR), materia seca consumida por hectárea (MSC ₁) y materia seca consumida por 100 kg de peso vivo (MSC ₂).....	72
4	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la materia seca ofrecida (MSO) y la materia seca rechazada (MSR) por pastoreo.....	73
5	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la materia seca consumida por hectárea (MSC ₁) y materia seca consumida por 100 kg de peso vivo (MSC ₂).....	74
6	Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para tasa de crecimiento (TC), eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida (EU) y carga animal (CA).....	75
7	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento (TC), eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida por pastoreo (EU) y carga animal (CA).....	76
8	Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para proteína cruda (PC) y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca ofrecida (DIVMS).....	77
9	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca ofrecida (DIVMS).....	78

<u>Cuadro No.</u>	<u>Página</u>	
10	Resultados obtenidos por tratamiento para la eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida total (EU_t), peso seco de raíces (PR) y peso seco de los nódulos (PN) por planta de kudzú.....	79
11	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización total (EU_t), peso seco de las raíces (PR) y nódulos (PN) del kudzú.....	80
12	Resultados obtenidos por tratamiento para la resistencia a la penetración del suelo y humedad respectiva hasta 5 cm de profundidad.....	81
13	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la resistencia a la penetración del suelo a las profundidades de 0 - 5 cm y 5 - 10 cm.....	82
14	Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre pH, contenido de calcio, magnesio y potasio del suelo.....	83
15	Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre fósforo, hierro, manganeso y zinc del suelo.....	83
16	Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre cobre, materia orgánica, carbono y nitrógeno del suelo.....	84
17	Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre las relaciones calcio/magnesio, magnesio/potasio y carbono/nitrógeno.....	84
18	Resultados obtenidos de magnesio, fósforo y relación calcio/magnesio que presentaron diferencias significativas entre tratamientos.....	85
19	Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el contenido de magnesio (Mg), fósforo (P) y la relación calcio/magnesio (Ca/Mg) en el suelo.....	86

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
20	Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn) en el suelo.....	87
21	Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de potasio (K), fósforo (P) e hierro (Fe) en el suelo.....	88
22	Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de cobre (Cu), relación carbono/nitrógeno (C/N), y calcio/magnesio (Ca/Mg) en el suelo.....	89
23	Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de materia orgánica (M.O.), carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo.....	90
24	Resultados obtenidos por tratamiento sobre el pH, contenido de manganeso (Mn) y relación magnesio/potasio (Mg/K) en el suelo.....	91
25	Matriz de correlación.....	92
	Lista de identificación de las variables y de los parámetros contenido en la matriz de correlación.....	93

LISTA DE FIGURAS

TEXTO

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto del intervalo de descanso sobre el comportamiento del pasto ruzi en la asociación.....	23
2	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el comportamiento del kudzú en la asociación.....	24
3	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el comportamiento de las malezas en la asociación....	25
4	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento	27
5	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca ofrecida por pastoreo.....	30
6	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida por pastoreo.....	31
7	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización total.....	33
8	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca consumida.....	35
9	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca consumida por 100 kg de peso vivo.....	37
10	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la carga animal...	40

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
11	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda del forraje ofrecido.....	42
12	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca ofrecida.....	44
13	Efecto del intervalo de descanso sobre la nodulación del kudzú.....	46
14	Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la resistencia a la penetración del suelo de 0 - 5 cm de profundidad.....	50

APENDICE

<u>Figura No.</u>		
1A	Variación de las lluvias a través de los años agrícolas 1977-78 y 1978-79. Datos reales y promedios de 34 años.....	69

1. INTRODUCCION

Para obtener una mayor productividad de los pastos tropicales se ha recurrido, tradicionalmente, al empleo de fertilizantes nitrogenados en sistemas a pastoreo basados en el uso de gramíneas.

Se han realizado trabajos experimentales en búsqueda de variedades forrajeras de alto rendimiento y buena calidad nutritiva, capaces de mantener un adecuado rendimiento a bajo costo principalmente, por las limitaciones energéticas que restringen el uso de fertilizante en pastos. Como una alternativa para el mejoramiento de las pasturas, se han iniciado programas de investigación en países tropicales para estudiar el comportamiento de las asociaciones de gramíneas y leguminosas.

En términos generales se ha encontrado que se pueden esperar efectos beneficiosos de las asociaciones de gramíneas y leguminosas, tales como el aumento en los rendimientos de la materia seca y del nitrógeno aportado en el sistema suelo-planta así como un incremento en el consumo y la digestibilidad del forraje disponible y una mejora en la respuesta animal. Sin embargo, la magnitud de estos efectos y su mantenimiento dependen de la persistencia de la leguminosa en la pradera en una proporción adecuada, lo que, a su vez, es función del manejo adoptado en el pastoreo.

Con base en estos antecedentes, la presente investigación tuvo como objetivo estudiar la influencia del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el comportamiento de la asociación Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.) y pasto Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*, Germain y Evrard) y sus efectos sobre la resistencia a la penetración y composición química del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Función de las leguminosas en las praderas

Ha sido comprobado que los beneficios causados por las leguminosas a las praderas se deben a su capacidad de fijar nitrógeno del aire, incorporarlo al suelo y tornarlo disponible a las gramíneas, además de que en composición tiene un mayor contenido proteico que las gramíneas. Por lo tanto la introducción de leguminosas en una pradera no sólo aumenta el rendimiento de materia seca sino también mejora la calidad del forraje, por su mayor digestibilidad y contenido de proteína (12, 78). Como la mayoría de las gramíneas tropicales tienen bajo valor alimenticio, por su alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína (68, 22, 59), la asociación con leguminosas sería una alternativa económica para mejorar la productividad de los pastizales (60, 57).

A pesar de la diversidad climática de los trópicos, hay especies de leguminosas que se adaptan a cualquier medio tropical específico (22), donde, generalmente, la proteína puede ser una limitante de la producción ganadera.

2.2 La producción y manejo de praderas con leguminosas

En varios trabajos que discuten la producción de la materia seca de las praderas asociadas, se ha medido el resultado en forma de respuesta animal. Sin embargo, son pocos los trabajos que estudian el efecto de los factores de manejo como el efecto del intervalo de descanso y de presión de pastoreo sobre la producción de forraje y composición botánica de las praderas. Como consecuencia, en la mayoría de los experimentos,

las leguminosas no persisten por mucho tiempo en la pradera, aunque la producción animal en el período experimental sea satisfactoria

El rendimiento de las leguminosas tropicales varía con el lugar donde se siembra, así como con la especie, y aumenta con la fertilización a base de fósforo (34, 66, 80). A medida que aumenta la proporción de la leguminosa en la asociación hasta niveles de 30 a 50 por ciento de la pradera, se incrementa el contenido de nitrógeno aportado y la eficiencia de utilización del forraje por el animal (10, 42, 68).

Se ha comprobado que la producción de forraje de la asociación gramínea-leguminosa es mayor que la producción de la gramínea o de la leguminosa solas sin fertilizar (28, 45, 65, 78). Por otra parte, cuando se emplea nitrógeno en praderas de gramíneas solamente se presenta una mayor producción que las praderas asociadas cuando se usan niveles superiores a 100 kg de N/ha/año (23, 44, 65, 75).

Se sabe que el fósforo, el potasio y otros elementos menores, como molibdeno y boro, son esenciales para un crecimiento vigoroso de la leguminosa y su escasez limita la producción de la misma (19, 74). Con respecto a esto, se ha encontrado que cuando la mezcla de gramínea y leguminosa no tiene deficiencia de esos elementos, su producción de forraje supera la producción de la gramínea sola fertilizada con hasta 400 kg de nitrógeno por hectárea y resulta en producciones más altas de carne y leche (23, 27, 82).

En varios experimentos se ha comprobado que la gramínea fertilizada con niveles altos de nitrógeno presenta una producción de materia seca superior a las asociaciones de gramínea y leguminosa, pero el efecto del fertilizante no prevalece, cuando se compara el efecto de las

leguminosas en épocas de sequía (10, 60, 73). En esta época, la leguminosa brinda su mayor beneficio a la producción animal, ya que al secarse mantiene un valor alimenticio muy superior al de la gramínea, lo que disminuye el efecto de la sequía sobre la calidad del alimento disponible para el animal (66, 68, 81).

Las ventajas de las praderas asociadas con leguminosas dejan de existir si los pastos no reciben un manejo adecuado en término de intervalo de descanso y de presión de pastoreo. Es en este punto donde todavía no se han alcanzado resultados satisfactorios (3, 22).

Las leguminosas y las gramíneas tienen comportamiento diferente bajo pastoreo y en este aspecto debe residir el cuidado en el manejo de los pastos. La defoliación intensa de las leguminosas disminuye su porcentaje en la pradera, porque le falta área fotosintética que facilite su recuperación, mientras que la gramínea intensamente pastoreada tiende a tener hábito rastrero, reservando así mayor área fotosintética que la leguminosa (3, 24, 39, 73, 80). Ahora bien, tener la gramínea mayor área foliar reduce la cantidad de luz que alcanza a la leguminosa y, así, retarda su desarrollo.

La proporción de leguminosas en la pradera es un factor que debe ser tomado en cuenta, porque se ha encontrado que cuando hay más de 40% de leguminosas existe una tendencia a disminuir el rendimiento total de forraje (10). En este aspecto hay la diferencia entre especies de leguminosas en cuanto a su capacidad de persistencia en la pradera bajo pastoreo (11, 27, 57, 69, 80). Así, en suelos pobres en nitrógeno la leguminosa tiende a superar la gramínea, ocurriendo lo contrario en suelos fértiles, por el excesivo crecimiento de la gramínea (24, 45).

Por lo tanto, factores, como clima, carga animal, fertilidad y frecuencia de uso juegan un papel importante en la proporción de la leguminosa en las asociaciones (26, 82). Otros factores peculiares a la especie de leguminosa también afectan su persistencia en los pastizales, tales como la velocidad de crecimiento, la capacidad de recuperación al pastoreo, la resistencia a plagas y enfermedades y la palatabilidad.

El aporte de nitrógeno por la leguminosa aumenta siempre cuando existe una proporción adecuada de la misma en la asociación. Trabajos realizados sobre el aporte de nitrógeno por la leguminosa a la gramínea señalan que 0.1 a 2.3 por ciento del nitrógeno fijado por la leguminosa es utilizado por la gramínea (28, 37) y en algunos casos el contenido de nitrógeno de la gramínea aumenta de 1.8 a 2.4 por ciento, lo que equivale a una tasa de aumento del orden de 33 por ciento (53). Otros trabajos constatan que a medida que aumenta la persistencia de la leguminosa en la asociación aumenta también la cantidad de nitrógeno y carbono en los primeros 7.5 cm de profundidad del suelo. Esa cantidad es superior a los resultados logrados con fertilización a base de 220 kg de nitrógeno por hectárea (9, 43).

A pesar de la alta tasa de disminución de las leguminosas en asociaciones con gramíneas, que han sido observadas en la mayoría de los trabajos, se han encontrado porcentajes razonables de leguminosas en asociaciones cuya vida fluctúa entre 5 y 12 años, lo que confirma que el método de manejo tiene una gran importancia y que deben atenderse las exigencias de las leguminosas, sin detrimento de la producción animal (11, 12, 44).

El animal en pastoreo selecciona su alimento buscando siempre forraje de mejor calidad. En pastoreos de gramíneas y leguminosas

asociadas, la mayoría de los trabajos señalan la preferencia del animal por la gramínea. De las leguminosas, el animal prefiere las hojas jóvenes (70). Esto ocurre a medida que el animal tiene oportunidad de seleccionar el tipo de alimento, lo que ocurre en cargas bajas y período de pastoreo corto. A medida que aumentan la carga animal y el período de pastoreo la selectividad disminuye.

En praderas asociadas sometidas a pastoreo rotacional se encontraron los mejores resultados en lo que se refiere a la persistencia de la leguminosa, por permitir este método de pastoreo un balance más apropiado entre las gramíneas y leguminosas (35, 52, 55, 56, 69, 71). Con pastoreo rotacional en muchos experimentos en la zona tropical se reportan proporciones de leguminosas que varían de 0.5 a 34 por ciento, con períodos de experimentos de 2 a 8 años y cargas animales de 1.2 a 4.9 cabezas por hectárea (4, 12, 28, 57, 78, 80). El amplio rango de las tasas de persistencia encontrado fue debido, probablemente, a las diferentes especies de leguminosas utilizadas en los experimentos.

Los resultados encontrados con asociaciones de gramíneas y leguminosas mejoradas bajo pastoreo continuo, son variables y en algunos casos controversiales. Algunos investigadores señalan que el pastoreo continuo con cargas bajas favorece la persistencia de la leguminosa por la selectividad del animal, prefiriendo las gramíneas (6, 29, 64), mientras que otros (72) obtuvieron resultados diferentes. Las argumentaciones son que en pastoreo continuo es difícil lograr la persistencia de la leguminosa aunque se hagan ajustes de la carga animal.

Algunos trabajos con asociaciones gramínea-leguminosa han demostrado que el pastoreo rotacional presenta mayores ventajas que el continuo en cuanto a la persistencia de las leguminosas, cuando se utilizan

cargas altas, pero con cargas bajas el pastoreo continuo tiende a superar el rotacional (23, 69).

2.3 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre las asociaciones de gramíneas y leguminosas

El pastoreo selectivo es un aspecto de particular importancia para praderas de asociaciones de gramíneas y leguminosas, dado que la persistencia de la leguminosa se afecta por la selectividad del animal. El animal, a su vez, aumenta su selectividad cuando cuenta con mayores disponibilidades de forraje, lo que conlleva el que la presión de pastoreo influya en la composición botánica de la pradera (8). En ese aspecto varios trabajos comprueban la intolerancia de las leguminosas a la defoliación severa y la necesidad de mantenerlas con una área foliar abundante, para conseguir una buena recuperación (28, 31, 38, 39, 80).

La presión de pastoreo también afecta el suelo en lo que se refiere a la compactación. Esta aumenta con el pisoteo de los animales, lo que reduce la porosidad y aeración del suelo y dificulta la infiltración del agua (15, 32, 47, 51). Como la resistencia mecánica a la penetración influye en el crecimiento de las plantas (30), está implícita la influencia de la presión de pastoreo en el crecimiento de los pastizales.

Desde el punto de vista de la composición química del suelo, se ha observado que a medida que aumenta la presión de pastoreo hay un aumento en la cantidad de nitrógeno y otros nutrientes en el suelo debido a la mayor cantidad de heces depositada, lo que permite un mayor reciclaje de nutrientes consumidos por el animal (5, 18).

La velocidad de recuperación de las plantas pastoreadas está asociada a la disponibilidad de reservas en sus tejidos. Sin embargo, la velocidad de recuperación no aumenta proporcionalmente con el aumento del índice de área foliar. Así, para un largo período de descanso, el aumento del área fotosintética es contrarrestado por el aumento de la actividad respiratoria de las plantas, lo que disminuye su velocidad de crecimiento. Este aspecto puede orientar el establecimiento de un período de descanso adecuado para las forrajeras, utilizándolas antes que decline su velocidad de crecimiento y la producción de forraje (5, 20, 21). También es conveniente tomar en cuenta que el período de descanso entre pastoreos no debe ser constante y la variación debe estar de acuerdo con la época del año y con el crecimiento diferencial de las plantas forrajeras (5, 79). En praderas mixtas de gramíneas y leguminosas tropicales, se encontró que a medida que aumentó el período de descanso hubo una disminución en la eficiencia de utilización de forraje y en su digestibilidad (58).

No se ha encontrado ningún informe de trabajos que combinen el intervalo de descanso con la presión de pastoreo y el efecto de sus diferentes combinaciones sobre el comportamiento de la asociación de gramínea y leguminosa.

Con base en la literatura disponible se concluye que es conveniente seguir investigando sobre el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales, particularmente en aspectos de compatibilidad y competencia entre especies, y sobre el manejo de las asociaciones con miras a mantener una proporción adecuada de leguminosa en la asociación.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y conducción del experimento

El experimento fue realizado en la Finca Experimental Ganadera del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, ubicada en el Valle de Turrialba, Costa Rica, y con las siguientes características: a) Altitud: 600 m.s.n.m.; b) Latitud: 9° 55' 21" Norte; c) Longitud: 83° 39' 40" Oeste; d) Precipitación media anual: 2 600 mm; e) Temperatura media anual: 23°C; f) Humedad relativa del aire: 87%; g) Suelo: arcilloso con subsuelo pedregoso y pH de 5.25.

El área total usada fue de 13 000 m² la cual fue subdividida en 16 parcelas cuyo tamaño varió de 500 a 2 000 m². El tamaño de las parcelas se calculó en función de la disponibilidad de forraje de modo que fuera suficiente para mantener la presión de pastoreo correspondiente a cada tratamiento.

El experimento cubre un período de 17 meses, a partir de noviembre de 1977 hasta marzo de 1979. De este período, siete meses correspondieron a un trabajo experimental previo (77). El período experimental comprendió 11 meses lluviosos y 6 meses de baja precipitación o de sequía (Figura 1A).

Durante el período experimental se hizo un sólo control manual de maleza en todas las parcelas por igual y el suelo fue fertilizado sólo con fósforo a base de 50 kg de P₂O₅/kg/ha/año.

Dado que el propósito del ensayo fue medir el efecto del animal sobre la pastura no se tomó en cuenta la pérdida o ganancia de peso de los animales usados en el experimento.

El tipo de ganado utilizado para el pastoreo fue variable e incluyó novillas de 1 año de edad hasta vacas de desecho, que se pesaron cada 45 días sólo para efecto de ajuste de carga animal.

Las parcelas que estaban bajo pastoreo rotacional fueron sometidas a un período de pastoreo fijo de 7 días.

3.2 Variables estudiadas

a) Presión de pastoreo, a cuatro niveles:

- 3 kg de materia seca ofrecida (MSO) por 100 kg de peso vivo (PV)
- 6 kg de MSO por 100 kg de PV
- 9 kg de MASO por 100 kg de PV
- 12 kg de MSO por 100 kg de PV

b) Intervalo de descanso, a cuatro niveles:

- 0 días (pastoreo continuo)
- 21 días
- 42 días
- 63 días

Los tratamientos estudiados y las áreas de las parcelas experimentales fueron las siguientes:

Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de PV)	Intervalo de descanso (días)	Tamaño de la parcela (m ²)
3	21	500
3	63	500
6	0	1 000
6	42	500

Cont.

Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de PV)	Intervalo de descanso (días)	Tamaño de la parcela (m ²)
9	21	1 000
9	63	500
12	0	2 000
12	42	500

3.3 Mediciones de la pradera

3.3.1 Composición botánica

La composición botánica en cada parcela se estimó mediante la técnica de doble muestreo (16), con 10 lecturas visuales por cada muestra real colectada, la cual fue medida en un área de 400 cm². Se tomó una muestra real por cada 100 m² de parcela en un proceso de muestreo aleatorio. Las muestras reales fueron cortadas, separadas manualmente y luego secadas (14, 33, 40). Los componentes considerados fueron:

a) *Brachiaria ruziziensis*, b) *Pueraria phaseoloides* y c) otros. Se utilizó la siguiente ecuación para estimar la composición botánica:

$$\hat{y} = \bar{y} + b(x' - \bar{x}) \dots\dots\dots(1)$$

donde:

- \hat{y} = Composición botánica estimada
- \bar{y} = Composición botánica promedio en las muestras cortadas
- x' = Composición botánica promedio estimada por observaciones visuales
- \bar{x} = Composición botánica promedio estimada para las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales
- b = Coeficiente de la regresión entre los valores de las observaciones visuales correspondientes a las muestras reales (x) y los valores estimados de las muestras reales (y).

Esta fórmula de cálculo fue utilizada para cada componente por separado.

El muestreo botánico fue realizado en dos etapas del experimento:

- a) Al inicio del experimento
- b) Al final del experimento

Los resultados expresados en cambio botánico se estimaron mediante la ecuación:

$$CB = \frac{I - F}{I} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

donde:

- C.B. = Cambio botánico del componente de la asociación
- I = Proporción inicial del componente
- F = Proporción final del componente

3.3.2 Producción de materia seca

Para estimar la producción de materia seca también se utilizó la técnica de doble muestreo. Se colectaron cinco muestras reales de 1 m² cada uno por parcela distribuida al azar. Por cada muestra real se tomaron 10 muestras visuales. La estimación de producción de materia seca se hizo de manera similar a la de la composición botánica, mediante la ecuación (1) (36). Con base en la materia seca estimada se asignaron los animales necesarios para mantener la presión de pastoreo propia de cada tratamiento.

La producción de materia seca se expresó en kg de MS/ha/intervalo de descanso en la pradera. En el pastoreo continuo la producción fue estimada cada semana, mediante el uso de jaulas.

3.3.3 Consumo de materia seca

La estimación del consumo de materia seca fue hecha por diferencia entre la materia seca ofrecida y la materia seca rechazada, en cada ciclo de pastoreo. Las estimaciones de la materia seca rechazada fueron también realizadas con la técnica de doble muestreo, al final de cada pastoreo.

En el caso del pastoreo continuo la estimación fue realizada utilizándose jaulas que protegían un área de 1 m^2 y sobre esa base se estimó la materia seca ofrecida cada siete días.

Para la estimación de la materia seca consumida por pastoreo se utilizaron las siguientes relaciones:

a) Para pastoreo rotacional:

$$\text{MSC} = \text{MSO} - \text{MSR} \dots\dots\dots (3)$$

donde:

MSC = Materia seca consumida (kg/ha)

MSO = Materia seca ofrecida (kg/ha)

MSR = Materia seca rechazada (kg/ha)

b) Para pastoreo continuo:

$$\text{MSC} = \text{MSJ} - \text{MSF} \dots\dots\dots (4)$$

donde:

MSJ = Materia seca dentro de la jaula (kg/ha)

MSF = Materia seca fuera de la jaula (kg/ha)

Para estimar el consumo de materia seca por 100 kg de peso vivo al día se utilizó la siguiente relación:

$$\text{MSC}_1 = \frac{\text{MSC}_2}{7 \times \text{PV}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

donde:

MSC_1 = Materia seca consumida por 100 kg de peso vivo

MSC_2 = Materia seca consumida por parcela en cada pastoreo

PV = Peso vivo en kilos que mantuvo cada parcela durante el pastoreo

7 = Número de días de ocupación

3.3.4 Tasa de crecimiento

Con la tasa de crecimiento se midió la velocidad de recuperación de la pradera después de pastoreada. Para estimar esta tasa fueron usadas las relaciones siguientes:

a) Para pastoreo rotacional:

$$TC = \frac{MSO_2 - MSR_1}{D D} \dots\dots\dots (6)$$

donde:

TC = Tasa de crecimiento (kg de MS/ha/día durante el período de descanso)

MSO_2 = Materia seca ofrecida (kg/ha) en el muestreo 2

MSR_1 = Materia seca rechazada (kg/ha) en el muestreo 1

D D = Número de días que la parcela pasó en recuperación

b) Para pastoreo continuo:

$$TC = \frac{MSJ_2 - MSF_1}{7} \dots\dots\dots (7)$$

donde:

MSJ_2 = Materia seca dentro de la jaula (kg/ha) en el muestreo 2

MSF_1 = Materia seca fuera de la jaula (kg/ha) en el muestreo 1

3.3.5 Eficiencia de utilización del forraje ofrecido

Con este parámetro se midió la proporción de forraje ofrecido que fue consumido por el ganado en cada pastoreo y en todo el período experimental.

Para efecto de cálculo en cada pastoreo se utilizó la siguiente relación:

$$E.U. = \frac{MSC}{MSO} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

E.U. = Eficiencia de utilización (%)

MSC = Materia seca consumida (kg/ha)

MSO = Materia seca ofrecida (kg/ha)

También fue calculada la eficiencia de utilización del forraje ofrecido en todo el período experimental, utilizándose la siguiente relación:

$$E.U._t = \frac{MSC_t}{MSO_t} \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

donde:

E.U._t = Eficiencia de utilización total (%)

MSC_t = Materia seca consumida total (kg/ha) =

$\Sigma(MSC_1 + MSC_2 + \dots + MSC_n)$ = Suma de las cantidades de materia seca consumida en cada pastoreo. Para el pastoreo continuo fueron consideradas las mediciones hechas cada semana

MSO_t = Materia seca ofrecida total (kg/ha) = Materia seca ofrecida inicial + tasa de crecimiento x período de descanso

3.3.6 Carga animal

La carga animal fue estimada tomando en cuenta la producción de materia seca y la presión de pastoreo asignada en cada tratamiento. Fue expresada en número de unidades animales por hectárea por día. Cada unidad animal (UA) equivale a un bovino de 400 kilos de peso vivo.

La determinación de la carga animal soportada en cada parcela se estimó mediante la siguiente relación:

$$C A = \frac{P V}{7 \times 400} \times K \dots\dots\dots (10)$$

donde:

C A = Carga animal en U A/ha/día

PV = Peso vivo en kg soportado por la pradera en cada pastoreo

K = Constante para transformar el área de parcelas en hectáreas

7 = Número de días de ocupación

400 = Peso en kg correspondiente a 1 U A

3.3.7 Resistencia a la penetración del suelo

Para este análisis se utilizó un penetrómetro estático con un pistón de 5 mm de diámetro y una línea circunscrita a 5 mm del extremo y se hicieron mediciones hasta una profundidad de 25 cm, con intervalo de 5 cm. El número de muestreos fue de dos por cada 500 m².

Las lecturas del penetrómetro obtenidas en libras por pulgada cuadrada (lbs/pulg²) fueron multiplicadas por el valor de 2.27 para transformarlas a bares. Estas mediciones se hicieron al inicio y al final del experimento.

3.3.8 Análisis de la composición química del suelo

En cada intervalo medido para resistencia a la penetración del suelo se hicieron muestreos para análisis de pH, Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cu, C, N, M.O., P, Mg y las relaciones Ca/Mg, Mg/K y C/N, al inicio y al final del experimento.

3.3.9 Nodulación del Kudzú

Fue extraído parte del sistema radical de plantas de kudzú con un cilindro de metal de 20.5 cm de diámetro y 20 cm de altura. Una vez extraído el sistema radical fue lavado suavemente contra un tamiz de 1 mm, donde se separaron manualmente los nódulos de las raíces. Tanto las raíces como los nódulos fueron secados y pesados, con el fin de establecer una relación porcentual entre ellos.

Las muestras fueron tomadas al inicio y al final del experimento para medir el efecto de tratamiento sobre la nodulación. El valor obtenido al final del experimento fue corregido por covarianza con el valor obtenido en su inicio.

3.3.10 Análisis de la calidad del forraje ofrecido

En cada muestreo de producción de materia seca se hizo análisis de laboratorio para determinar el contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida.

3.4 Diseño experimental

Fue utilizado un arreglo factorial incompleto en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones (17).

Para cada parámetro bajo estudio se probaron cuatro modelos matemáticos con el propósito de buscar el de mejor ajuste.

Fueron usados los siguientes modelos:

$$a) Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1 X_2$$

$$b) Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

$$c) Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 \sqrt{X_1} + b_4 \sqrt{X_2} + b_5 X_1 X_2$$

$$d) Y = b_a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 \log X_1 + b_4 \log X_2 + b_5 X_1 X_2$$

donde:

Y = Valor estimado de cada parámetro

b_0 = Valor de Y cuando X_1 y X_2 fueron iguales a cero

b_1, b_2, \dots, b_5 = Coeficientes de regresión

X_1 = Intervalo de descanso (días)

X_2 = Presión de pastoreo (kg de materia seca por 100 kg de peso vivo)

Cuando los coeficientes no fueron significativos se usaron otros modelos en los que no incluían las variables no significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan y discuten considerando los efectos del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la pradera y sobre el suelo.

4.1 Efectos sobre la pradera

En este aspecto se considera la evaluación de los efectos de las variables bajo estudio sobre los parámetros directamente relacionados con la pradera.

4.1.1 Cambios en la composición botánica

A) Efecto del intervalo de descanso

El intervalo de descanso presentó efectos lineal y cuadrático significativos sobre el comportamiento de los componentes de la asociación: pasto ruzi (fig. 1), kudzú (Fig. 2) y malezas (Fig. 3).

En la Fig. 1 se observa que la proporción de pasto ruzi en la asociación disminuyó en todos los niveles de intervalo de descanso. El cambio en la proporción de pasto ruzi mostró una tendencia cuadrática en función del intervalo de descanso y alcanzó la menor disminución (30%) a los 38 días. Con este intervalo de descanso el pasto ruzi representó un 30 por ciento de la mezcla.

Por otro lado, el kudzú (Fig. 2) aumentó su proporción en la asociación cuando el intervalo de descanso fue superior a 21 días y cuando la disponibilidad de materia seca fue mayor de 6 kg por 100 kg de peso vivo. Ese aumento fue de 18.5 por ciento inicial a 28.6 por ciento en el tratamiento de más alta participación en el final del experimento

(Cuadro 1). Con pastoreo continuo, e independientemente de la presión de pastoreo, el kudzú prácticamente desapareció de la asociación (Cuadro 1). En la Fig. 2 también se observa que el cambio en kudzú mostró una tendencia cuadrática en función del intervalo de descanso y alcanzó su máximo aumento (75%) a los 41 días. Con este intervalo de descanso, el kudzú representó un 32 por ciento de la asociación.

La proporción de malezas aumentó en casi todos los tratamientos estudiados, salvo en el caso de la disponibilidad de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, con un intervalo de descanso de 28 a 54 días. El cambio en la proporción de malezas mostró una tendencia cuadrática en función del intervalo de descanso y alcanzó un valor mínimo a los 40 días (Fig. 3). En este punto, la proporción de malezas en la asociación fue del orden de 35%.

Al analizar las figuras 1, 2 y 3 se observa que tanto el pasto ruzi como el kudzú presentan la misma tendencia en función del intervalo de descanso, mientras que las malezas muestran una tendencia contraria a ellos. A medida que el intervalo de descanso se hace más largo el pasto ruzi y el kudzú tienden a aumentar, siguiendo una tendencia cuadrática negativa, mientras que las malezas tienden a disminuir con una tendencia cuadrática positiva.

Los resultados encontrados en función del intervalo de descanso están de acuerdo con lo esperado. Las tendencias observadas reflejan la selectividad del animal por las especies mejoradas, lo que, conjuntamente con la frecuencia de defoliación, afectó la composición botánica de la asociación. Este efecto se hizo más severo a medida que el intervalo de descanso fue más corto, lo que indica que una mayor frecuencia

de defoliación causa una disminución del área fotosintética de la planta, disminuyendo sus reservas energéticas y retardando su rebrote (39, 80). Este hecho permite que predominen las malezas en intervalos de descanso cortos. A medida que el intervalo de descanso fue más largo el efecto del animal sobre la pradera era menor, lo que permitió un mejor balance entre el área fotosintética y las reservas orgánicas de la planta. El punto óptimo se obtuvo a los 38 y 41 días de descanso, para pasto ruzi y kudzú, respectivamente. En este punto las especies mejoradas tuvieron condiciones de competir con las malezas y sobrepasarlas en algunos casos (Cuadro 1).

El pequeño aumento observado en las malezas, con la consecuente disminución del *Brachiaria* y del kudzú, de los 40 a los 63 días de descanso, puede haber sido el resultado del aumento de la respiración, la cual contrarresta la fotosíntesis (lo que normalmente ocurre a períodos de descanso muy largos) y hace disminuir la velocidad de crecimiento de la planta y su producción (5, 20, 21).

Los efectos del intervalo de descanso encontrados, en general, están de acuerdo con otras investigaciones con gramíneas y leguminosas asociadas, que reportan un balance más adecuado entre los componentes de la asociación en pastoreos rotacionales (35, 55, 56, 69, 71).

B. Efecto de la presión de pastoreo

La presión de pastoreo tuvo efectos significativos en el comportamiento del kudzú y las malezas, pero no presentó significancia con respecto a cambios en la proporción de pasto ruzi.

La proporción del kudzú aumentó con efecto cuadrático negativo a medida que la disponibilidad de forraje por animal también aumentó.

mientras que las malezas presentaron un comportamiento opuesto. De acuerdo con los valores de predicción (Figs. 2 y 3), el mayor aumento del kudzú y la más baja disminución de las malezas se producirían con una disponibilidad de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo.

Los efectos de la presión de pastoreo observados no se alejan de lo que se puede esperar con asociaciones de gramíneas y leguminosas. La buena aceptación del kudzú por el ganado (35, 41, 67, 81), su susceptibilidad a la defoliación severa (28, 31, 38) y su capacidad de recuperación, bajo condiciones adecuadas, parecen ser los principales factores que determinaron su comportamiento bajo pastoreo en la asociación.

Con disponibilidad de forraje por animal muy baja (3 kg de MS/100 kg de peso vivo) la defoliación del kudzú fue muy severa, lo que afectó negativamente sus reservas y causó su casi total desaparición de la pradera. A medida que aumentó la disponibilidad de forraje por animal, éste tuvo mayor oportunidad de seleccionar las hojas más jóvenes de la leguminosa (70), lo que permitió al kudzú mantener mayor área foliar y, en consecuencia, alcanzar mejor recuperación. Este hecho le permitió una mejor persistencia en la pradera a medida que aumentó la disponibilidad de forraje por animal (3), alcanzando un punto óptimo con la disponibilidad de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo (Fig. 2).

La disminución observada en la proporción del kudzú cuando la disponibilidad de forraje aumentó de 9 hasta 12 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo puede deberse al exceso de forraje que no es utilizado por animal y que va acumulando en cada pastoreo, impidiendo la intercepción de la luz por los estratos vegetales inferiores. Esto probablemente disminuyó la eficiencia fotosintética del kudzú, y la puso en desventaja frente a las malezas.

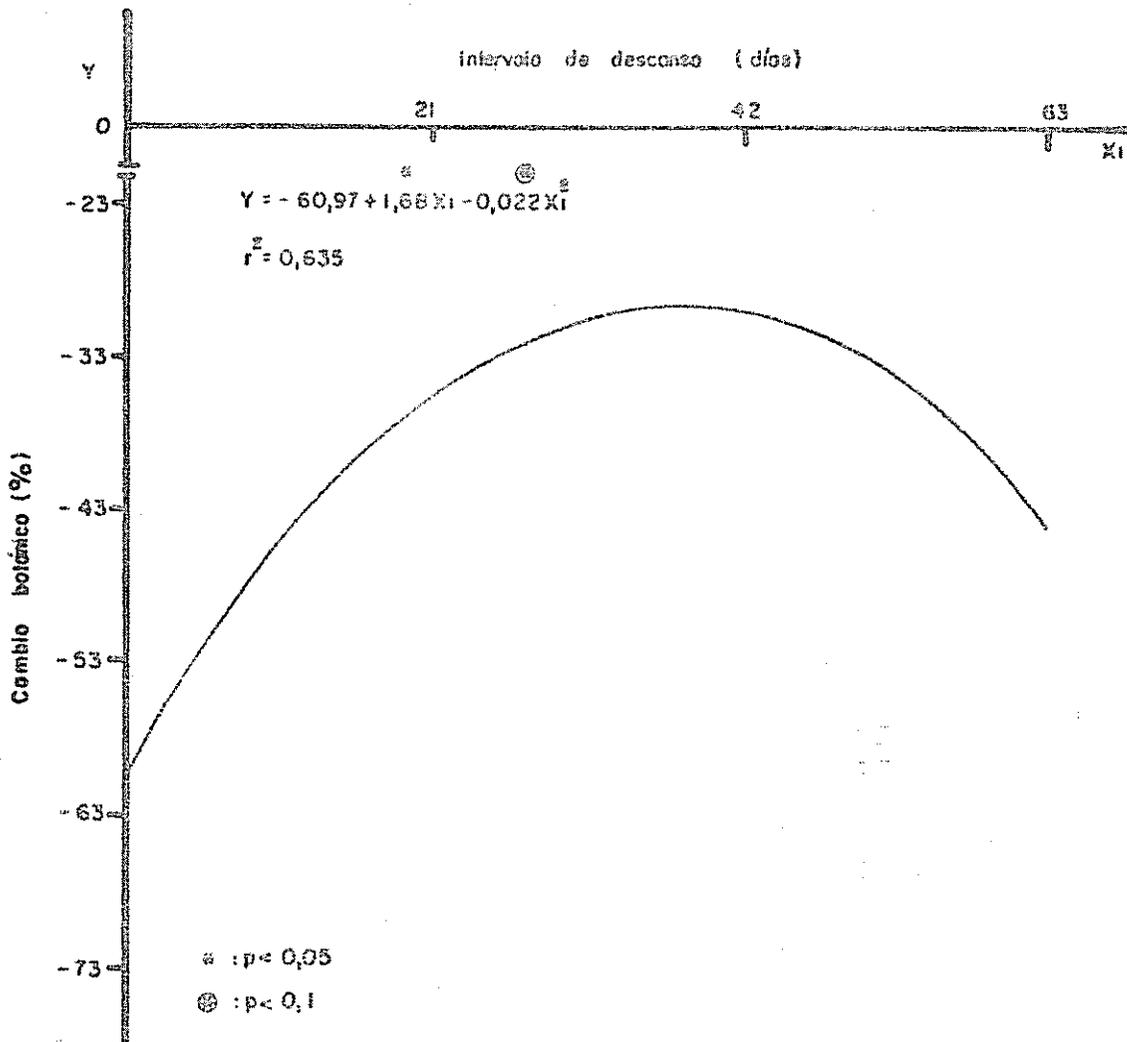


Fig.1 Efecto del intervalo de descanso sobre el comportamiento del pasto ruzi en la asociación

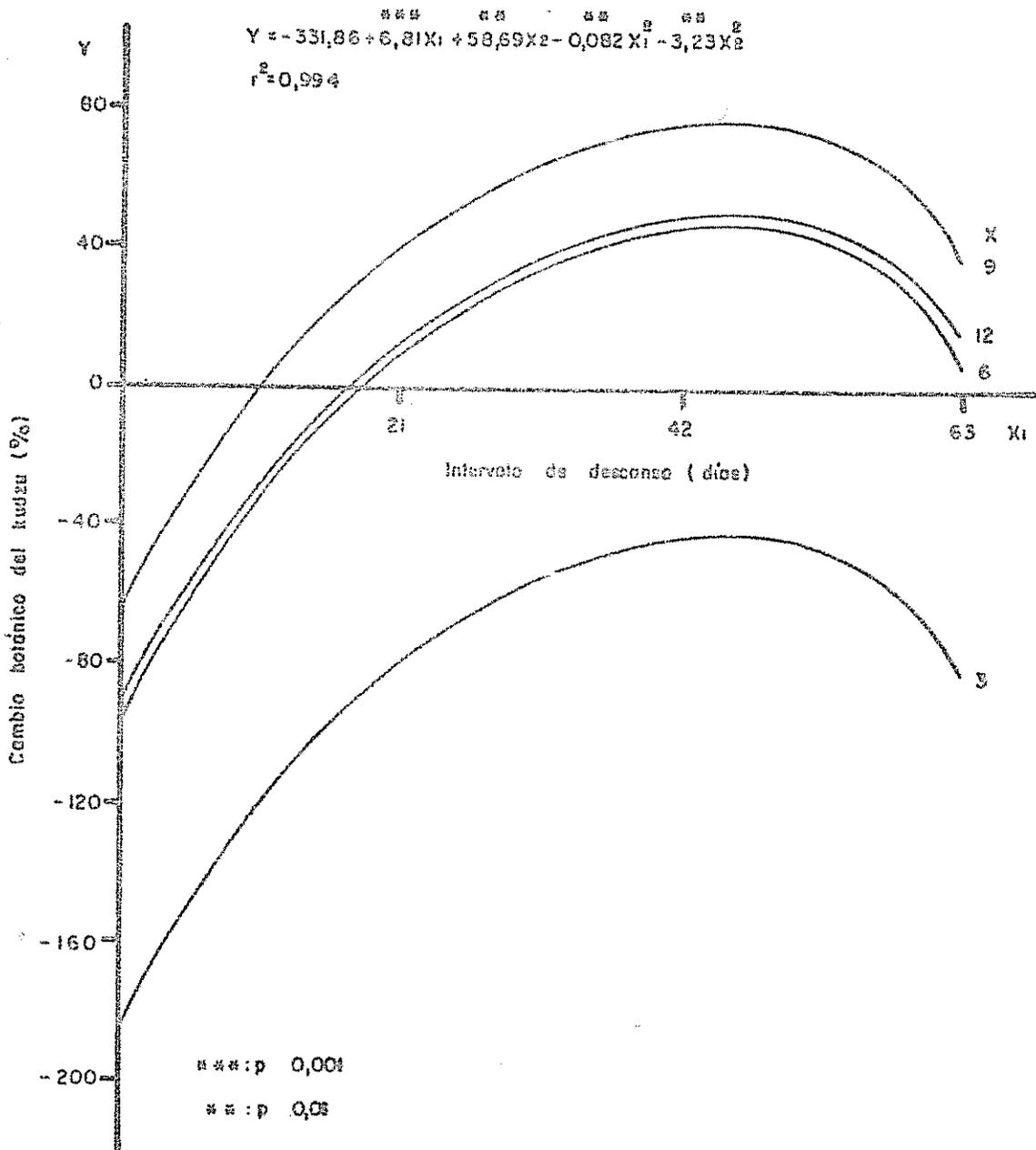


Fig. 2 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el comportamiento del kudzú en la asociación

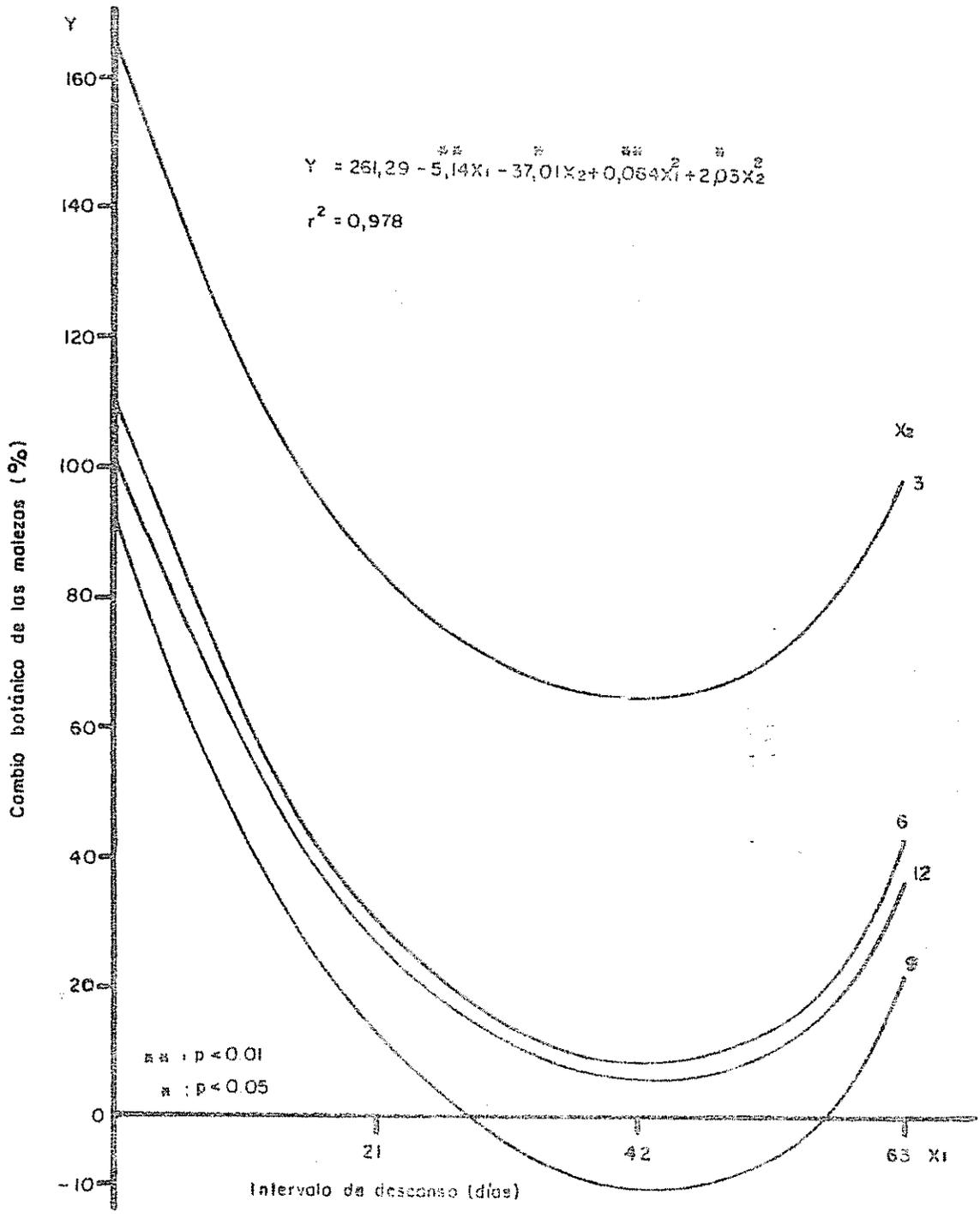


Fig 3 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el comportamiento de las malezas en la asociación

La no significancia del efecto de la presión de pastoreo sobre el cambio en la proporción de pasto ruzi puede deberse a que las gramíneas intensamente pastoreadas tienden a tener hábito rastrero (3, 24, 73), manteniendo, así, suficiente área fotosintética para su pronta recuperación, especialmente en el caso de gramíneas estoloníferas, como es el caso del pasto ruzi. Por otro lado, a pesar de que el período en estudio fue superior a un año, su duración parece haber sido todavía insuficiente para detectar efectos sobre el pasto ruzi, ya que el efecto de los animales sobre esta especie se presentan a más largo plazo (5). Este resultado está de acuerdo con lo que reporta la literatura sobre la resistencia del pasto ruzi al pastoreo (1, 2, 49, 50) y es similar a resultados encontrados con otras gramíneas (48, 61).

4.1.2 Producción de materia seca

4.1.2.1 Tasa de crecimiento

A) Efecto del intervalo de descanso

En la Fig. 4 se observa que hubo un efecto lineal significativo ($p < 0.10$) del intervalo de descanso sobre la tasa de crecimiento. El hecho que la tasa de crecimiento disminuya a medida que se alarga el intervalo de descanso es lógico, dado que a medida que la pradera es pastoreada más frecuentemente hay mayor intercepción de luz por todos los estratos vegetales, lo que permite un rebrote más intenso de la vegetación, siempre que el pastoreo no afecte marcadamente el contenido de sus reservas orgánicas. Además, en esas condiciones, las forrajeras remanentes mantienen suficiente área foliar, debido a su porte, lo que dificulta el pastoreo y hace mantener reservas suficientes para el rebrote.

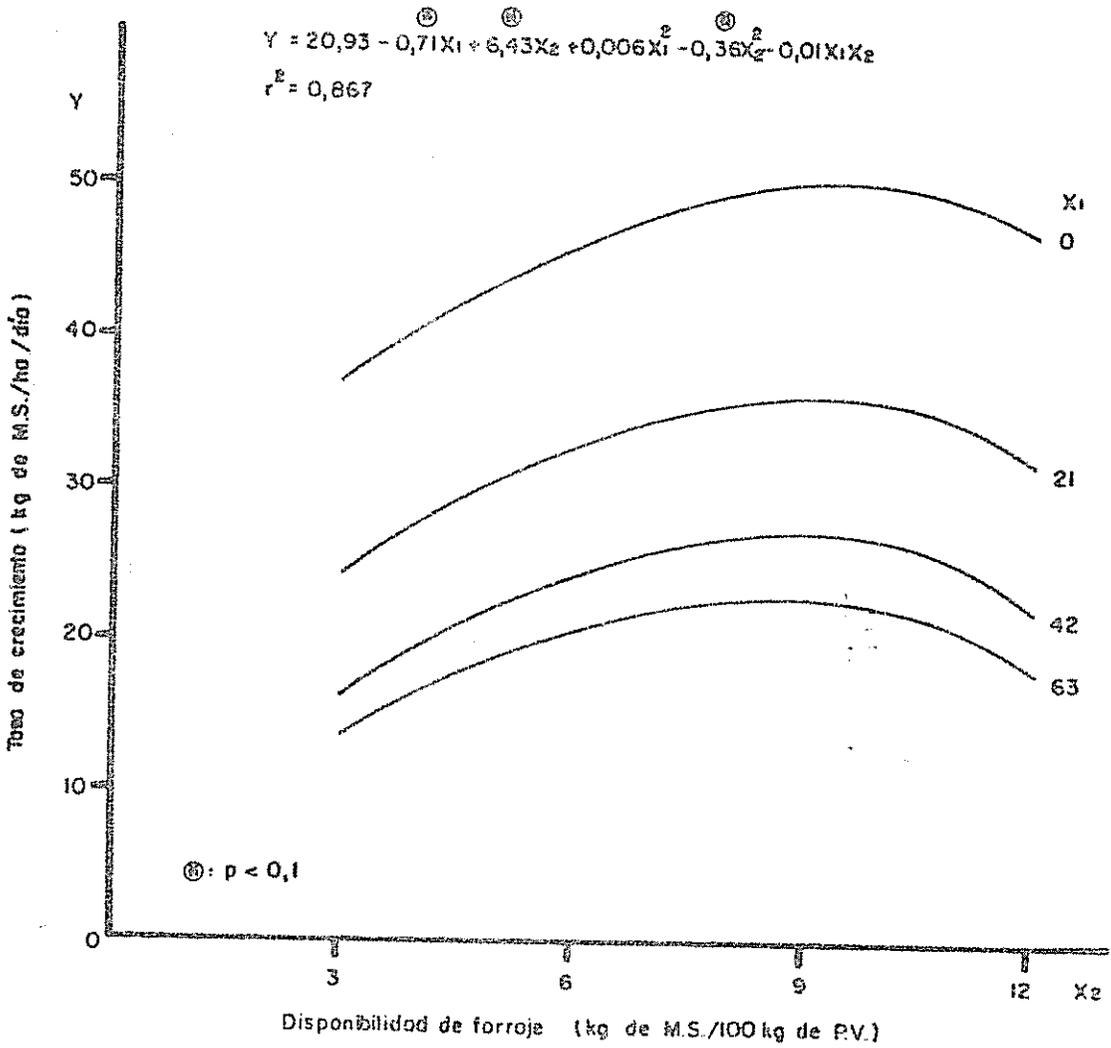


Fig. 4 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento

Los valores encontrados fueron similares a los obtenidos con la misma asociación (77) y superiores a valores obtenidos con gramíneas pastoreadas cada siete días, sin fertilizar (61), aunque pueden considerarse bajos si se comparan a los obtenidos en otros trabajos con forrajes tropicales.

B) Efecto de la presión de pastoreo

Hubo efecto significativo ($p < 0.10$) de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento de la asociación, para los coeficientes lineal y cuadráticos de la función (Fig. 4). Con poca disponibilidad de forraje, el animal defolia severamente la pradera y ésta no puede almacenar las reservas suficientes para su completa recuperación para el próximo pastoreo (7, 52). Este efecto se vuelve menos evidente a medida que aumenta la disponibilidad de forraje por animal, debido a la mejora que ocurre en el balance entre el área fotosintética y las reservas orgánicas de la planta (54). En cambio, con altas disponibilidades de forraje por animal la tasa de crecimiento se reduce debido al pequeño efecto que ejerce el animal sobre la pradera (sub-pastoreo), lo que resulta en plantas con alto grado de maduración y lignificación y con baja capacidad de crecimiento. En estos casos, el aumento del índice de área foliar (IAF) arriba del óptimo causa sombreamiento de los estratos inferiores de la vegetación con la pérdida de la eficiencia fotosintética global de la pradera (5) y consecuente disminución de su tasa de crecimiento. Los valores observados para la tasa de crecimiento fueron similares a los obtenidos con la misma asociación (77) y superiores a valores obtenidos con gramíneas sin fertilizar (61, 83).

4.1.2.2 Materia seca ofrecida por pastoreo

Solamente la presión de pastoreo tuvo efecto significativo ($p < 0.10$) sobre la materia seca ofrecida por pastoreo, la cual aumentó linealmente a medida que se incrementó la disponibilidad de forraje por animal. (Fig. 5). Esto es natural que ocurra, debido a que con bajas disponibilidades de forraje por animal la tasa de crecimiento de la pradera es menor, lo que implica una menor cantidad de materia seca ofrecida en el siguiente pastoreo. Esta relación se evidencia al comparar las Figuras 4 y 5.

Los valores de materia seca ofrecida obtenidos en este ensayo son superiores a aquéllos encontrados para gramíneas sin fertilizar (48) y a cada uno de los componentes de la asociación cultivados separadamente (27, 35).

4.1.3 Utilización de la materia seca

4.1.3.1 Eficiencia de utilización por pastoreo

En la Figura 6 se observa que la eficiencia de utilización se incrementó a medida que se prolongó el intervalo de descanso, alcanzando el nivel máximo a 51 días. Esto se debe, principalmente, a la existencia de malezas en la asociación, las cuales presentan alta invasión en pastoreo continuo y disminuyen significativamente en función cuadrática con el intervalo de descanso. Al comparar las Figuras 3 y 6, se observa que la tendencia de la eficiencia de utilización de la materia seca por pastoreo es opuesta a la tendencia mostrada por las malezas en función del intervalo de descanso. Esto es de esperar que ocurra, dado que a mayor invasión de malezas la selectividad de los animales por forrajera de mejor calidad limita el grado de utilización de la pradera. Después de los 51

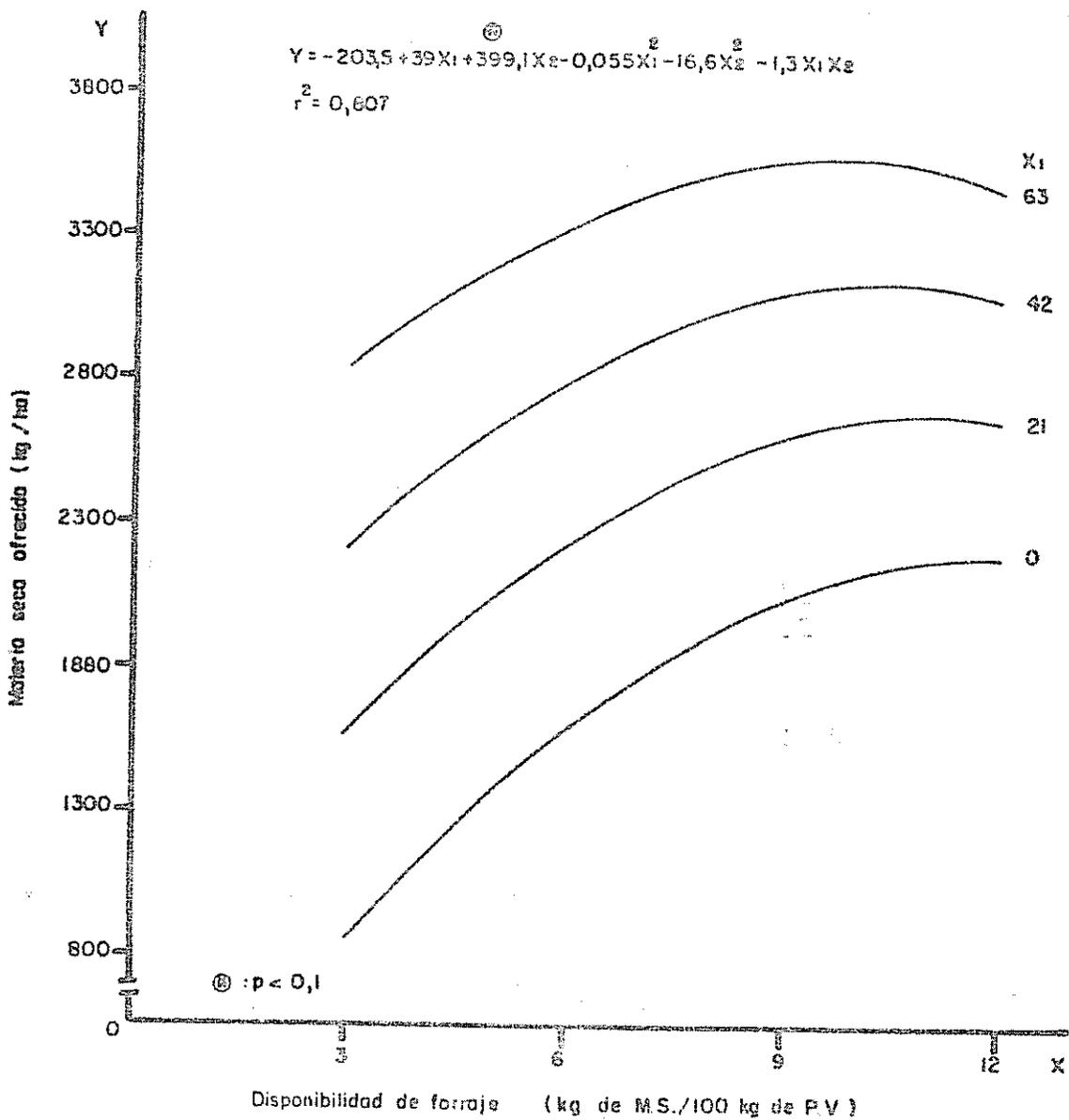


Fig. 5 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca ofrecida por pastoreo

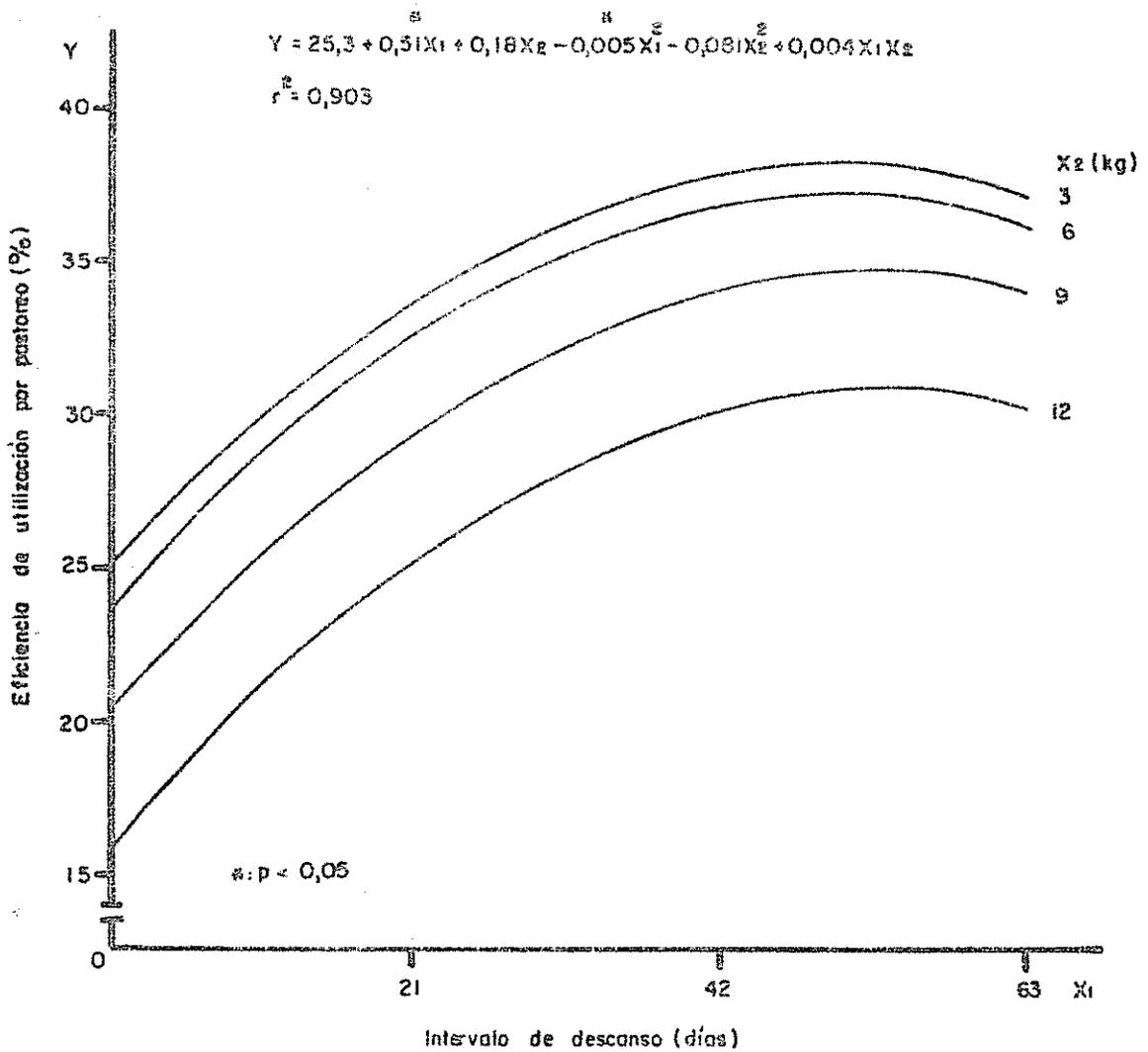


Fig. 6 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida por pastoreo

días (punto óptimo) hay un descenso de la eficiencia de utilización el cual coincide también con un aumento de las malezas. En estos casos, la eficiencia de utilización es afectada por predominancia de plantas viejas y lignificadas en la pradera, lo que normalmente ocurre con largos intervalos de descanso.

La presión de pastoreo no afectó significativamente la eficiencia de utilización por pastoreo, aunque en la Figura 5 se observa una tendencia a disminuir a medida que la disponibilidad es mayor.

Los valores de eficiencia de utilización por pastoreo obtenidos fueron ligeramente inferiores a los encontrados en trabajos con gramíneas (13, 63), posiblemente por la mayor incidencia de malezas, pero fueron similares a los valores encontrados con la misma asociación (77).

4.1.3.2 Eficiencia de utilización total

Con este parámetro se evaluó cuánto fue utilizado por el animal del total de la materia seca ofrecida durante todo el período experimental, restando la materia seca residual inicial. En la Figura 7 se observa que la eficiencia de utilización total disminuye a medida que aumenta el intervalo de descanso y la disponibilidad de forraje por animal, aunque sólo la primera variable alcanzó significancia ($p < 0.05$). A medida que aumentó el intervalo de descanso la tasa de crecimiento fue menor y la materia seca residual fue mayor, lo que puede explicar la disminución de la eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida total. Al asumir que la materia residual por pastoreo fue la misma inicial, se explican los altos valores encontrados para la eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida total. Estos valores indican que

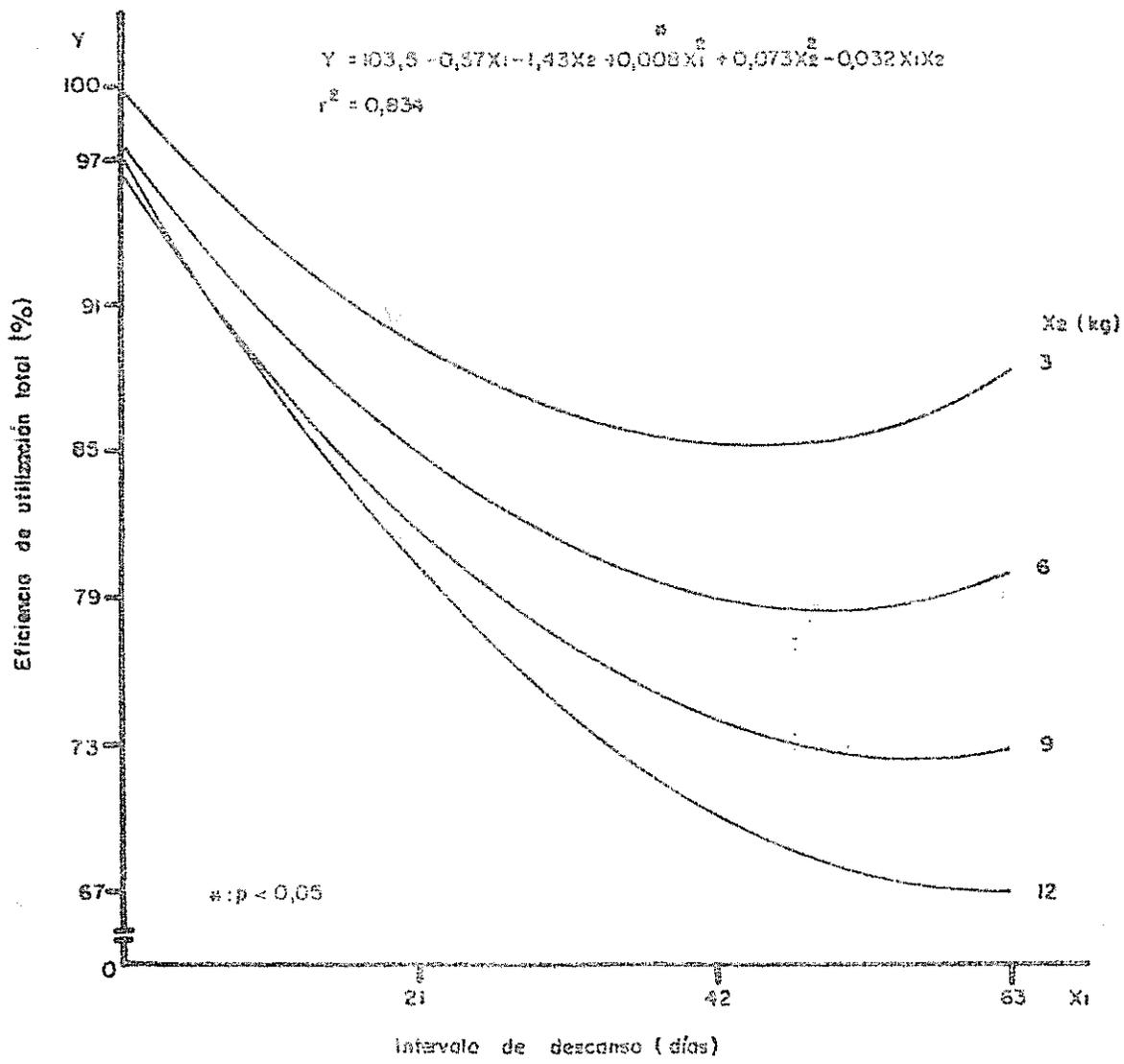


Fig. 7 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización total

en los trópicos se puede obtener tasas similares a las zonas templadas, en lo que se refiere a la eficiencia de utilización del forraje producido.

4.1.3.3 Materia seca consumida por hectárea

A) Efecto del intervalo de descanso

El intervalo de descanso tuvo un efecto lineal positivo ($p < 0.01$) sobre la materia seca consumida por hectárea tal como se aprecia en la Figura 8. Es de esperar, dentro de ciertos límites que cuando la pastura tiene un mayor intervalo de descanso, hay mayor posibilidad de recuperación y por ende habrá una mayor cantidad de forraje disponible para ser consumido por el animal. Por otro lado, se ha observado una correlación positiva alta ($r = 0.875$) entre la materia seca ofrecida por pastoreo y la materia seca consumida por hectárea (Cuadro 25), lo que explicaría la tendencia observada en el presente estudio, con relación al efecto del intervalo de descanso.

B) Efecto de la presión de pastoreo

Esta variable tuvo efecto significativo ($p < 0.10$) sobre la materia seca consumida por hectárea, con coeficientes lineal positivo y cuadrático negativo (Fig. 8). Parece lógico esperar que el consumo de materia seca por hectárea aumente a medida que se incrementa la disponibilidad de forraje por animal, sin embargo, hay que considerar que a altas disponibilidades hay un mayor rechazo de forraje y la consiguiente acumulación de material viejo, lo que determina una disminución en el consumo. En el caso del presente ensayo el mayor consumo correspondió a una disponibilidad de 8 kilos de materia seca por 100 kg de peso vivo. Los valores encontrados con esos parámetros fueron más bajos que los valores

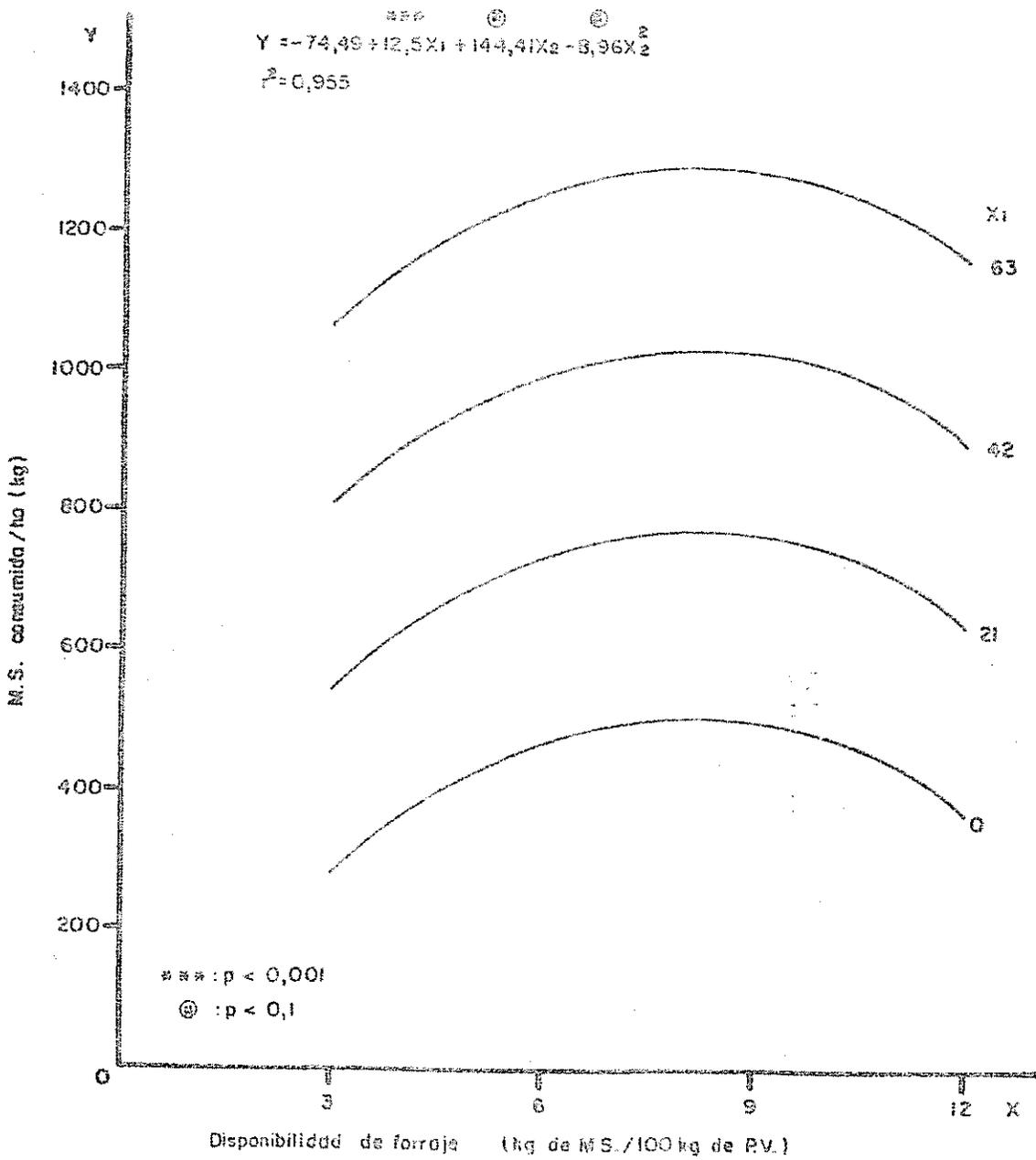


Fig. 8 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca consumida por hectárea

obtenidos con pasto estrella (63) y similares a los valores encontrados con la misma asociación, en período experimental más corto (77).

4.1.3.4 Materia seca consumida por 100 kg de peso vivo

Tanto los efectos lineal y cuadrático de la presión de pastoreo como el de la interacción de esta variable con el intervalo de descanso fueron significativos sobre la materia seca consumida por 100 kg de peso vivo (Fig. 9). A medida que aumentó la disponibilidad de forraje por animal, éste incrementó su consumo en cualquiera de los intervalos de descanso estudiados. Este hecho está de acuerdo a lo esperado, ya que a mayores disponibilidades de forraje el animal busca a satisfacer sus requerimientos alimenticios hasta llenar sus necesidades. A partir de este punto, el consumo debe tender a estabilizarse, o disminuir ligeramente, por la selectividad de alimentos de mejor calidad, aunque aumente la disponibilidad de forraje.

El efecto significativo de la interacción de la presión de pastoreo con el intervalo de descanso se observa claramente en la Figura 9, la cual muestra que a bajas disponibilidades de forraje por animal (3 kg de MS/100 kg de peso vivo) el intervalo de descanso no tiene gran influencia. En cambio, a medida que la disponibilidad de forraje por animal va aumentando, el efecto del intervalo de descanso se hace más evidente. Esta evidencia se destaca a partir de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, mostrando mayores incrementos en el consumo por animal a medida que aumentan tanto el intervalo de descanso como la disponibilidad de forraje por animal. Este hecho no está de acuerdo a lo esperado pues el animal tiene una capacidad de consumo limitada, la cual tiende a estabilizarse después de llenadas sus necesidades. Una posible

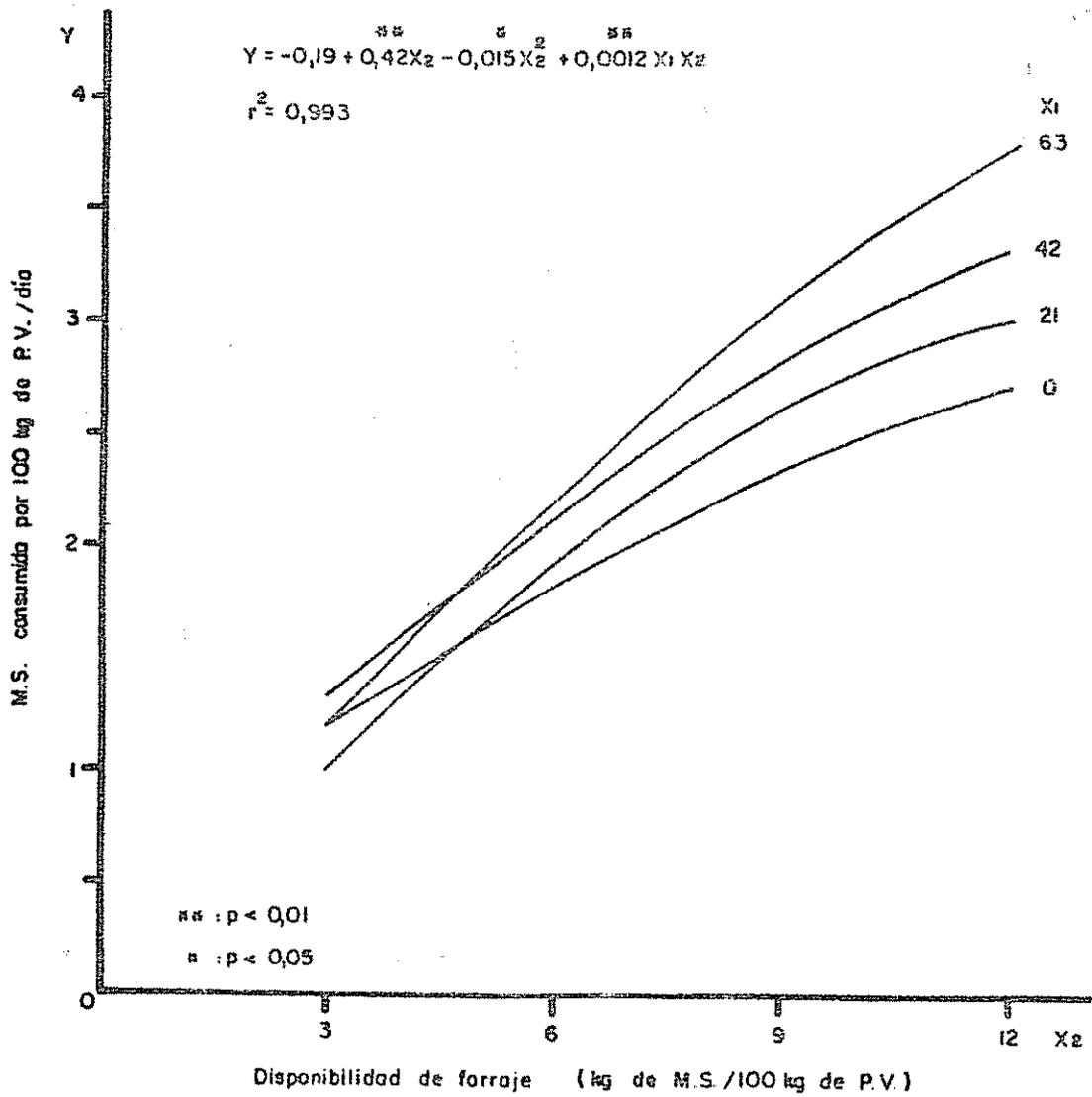


Fig. 9 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la materia seca consumida por 100 kg de peso vivo

explicación para lo ocurrido puede ser la gran diferencia entre edad y peso de los animales usados en el experimento. Para animales con poca variación entre edad y peso no se justificaría un resultado de esa naturaleza. Otra posible explicación es que los diferentes rangos de las dos variables en estudio no fueron suficientes (en tiempo y disponibilidad de forraje) para detectar la estabilización del consumo por animal.

Los valores obtenidos para este parámetro fueron similares a los valores obtenidos con la misma asociación en un período experimental más corto (77), igualmente similares a valores obtenidos con gramíneas (63) y están de acuerdo a las recomendaciones del NRC para materia seca, cuando se trata de ganado de carne y cuando se consideran las disponibilidades de forraje superiores a 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo.

4.1.4 Carga animal

A) Efecto del intervalo de descanso

La carga animal aumentó significativamente ($p < 0.01$) a medida que también aumentó el intervalo de descanso (Fig. 10). Si se considera que los animales fueron asignados a los tratamientos en función de la materia seca ofrecida en cada pastoreo, y que éste aumentó con el intervalo de descanso, es explicable entonces la tendencia encontrada para la carga animal.

B) Efecto de la presión de pastoreo

La presión de pastoreo tuvo efecto significativo sobre la carga animal, la cual tendió a disminuir, en cualquiera de los intervalos de descanso estudiados a medida que aumentó la disponibilidad de forraje

por animal y se calcula la carga animal en función del forraje disponible, esa carga siempre aumenta, aunque en detrimento de la pradera. Esto puede ser comprobado cuando se observan las Figuras 2, 3, 4, y 5, las cuales muestran que a bajas disponibilidades de forraje por animal (o altas cargas animales) el kudzú casi desapareció de la asociación, las malezas dominaron la pradera, la tasa de crecimiento fue menor y la materia seca ofrecida por pastoreo fue más baja.

C) Efecto de interacción entre el intervalo de descanso y la presión de pastoreo

La interacción de las dos variables bajo estudio tuvo efecto altamente significativo ($p < 0.01$) sobre la carga animal. En la Figura 10 se observa que el efecto del intervalo de descanso se vuelve menos evidente a medida que aumenta la disponibilidad de forraje por animal, de manera que, a una disponibilidad de 12 kg de MS/100 kg de peso, el efecto del intervalo de descanso casi no se nota. Esto puede deberse a la no significancia del efecto del intervalo de descanso sobre la materia seca ofrecida, lo que resultó en aumentos casi constantes entre los intervalos estudiados (Fig. 5). Al asignar mayores disponibilidades de forraje por animal, la carga animal tiene que bajar, haciendo cada vez más débil el efecto del intervalo de descanso, lo que explica la tendencia encontrada en este trabajo.

En los resultados obtenidos se observa que las mayores cargas se obtuvieron con menores disponibilidades de forraje por animal y con intervalos de descanso más largos. Bajo tales condiciones el comportamiento de la asociación no fue satisfactorio. Mejores condiciones de manejo fueron logradas con cargas animales más bajas.

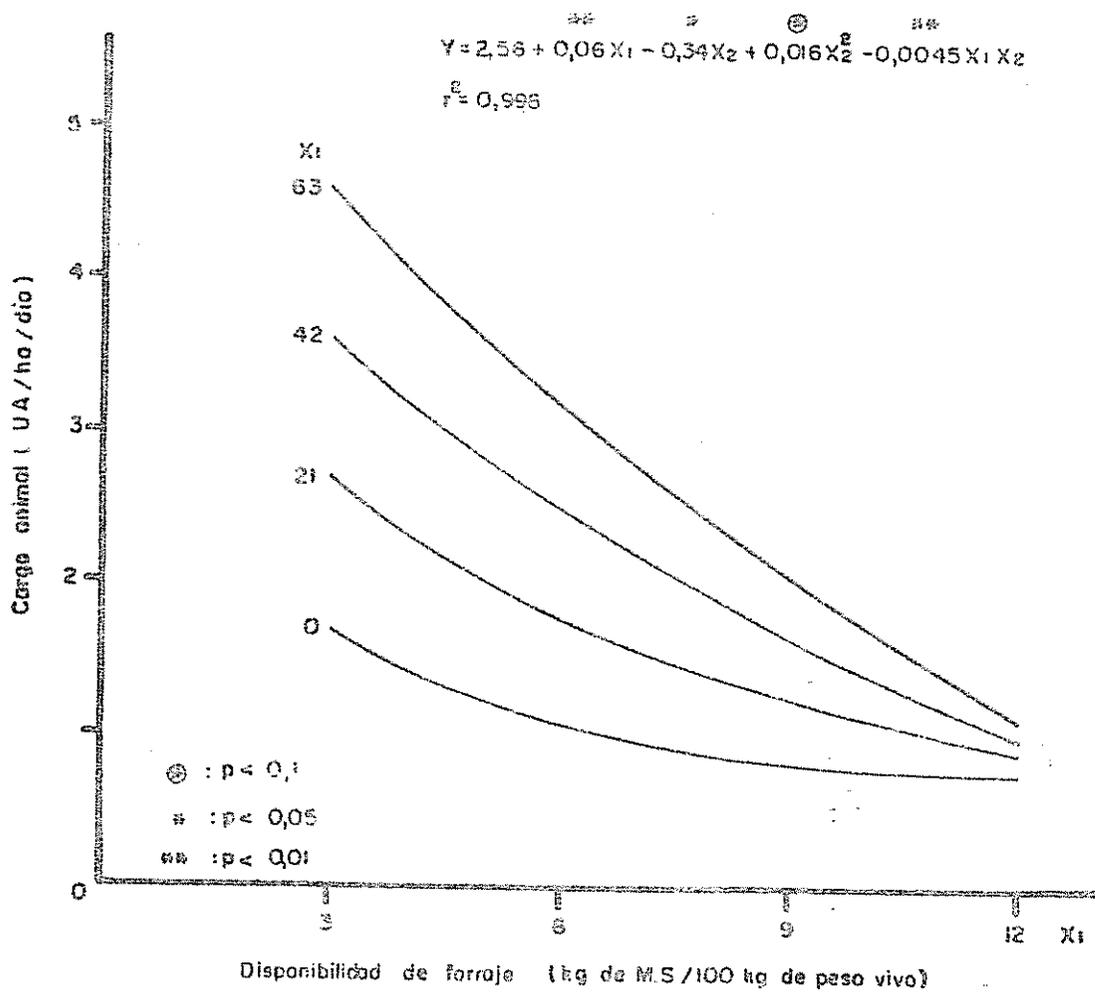


Fig. 10 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la carga animal

Los valores encontrados para la carga animal son menores que aquéllos reportados en trabajos con gramíneas fertilizadas (48, 83), pero están dentro de los rangos citados en la literatura consultada para asociaciones de gramíneas y leguminosas (4, 12, 28, 29, 57).

4.1.5 Calidad de la materia seca ofrecida

4.1.5.1 Contenido de proteína cruda

En la Figura 11 se muestra la tendencia presentada por la proteína cruda en función de la presión de pastoreo y el intervalo de descanso. Puede observarse que a bajas disponibilidades de forraje, el contenido de proteína cruda disminuye a medida que el intervalo de descanso es mayor, mientras que a disponibilidades mayores a 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, las diferencias debidas al intervalo de descanso prácticamente desaparecen.

La tendencia observada en función de la presión de pastoreo puede ser debida a que con bajas disponibilidades de forraje por animal la severa defoliación posibilita mayor reciclaje de nutrientes y el rebrote, con el consiguiente mayor contenido de proteína. Ahora bien, se esperaba que a medida que se incrementaba la disponibilidad el contenido de proteína disminuía por acumulación de material viejo; sin embargo, el contenido proteico muestra un ligero incremento, el cual puede ser debido al aumento de la proporción de kudzú en la asociación.

Los valores de proteína cruda encontrados son bajos, para una asociación de gramíneas y leguminosas, lo que puede ser explicado por el bajo porcentaje del kudzú en la asociación (Cuadro 1). Sin embargo, esos valores son superiores a los encontrados para el pasto ruzi asociado

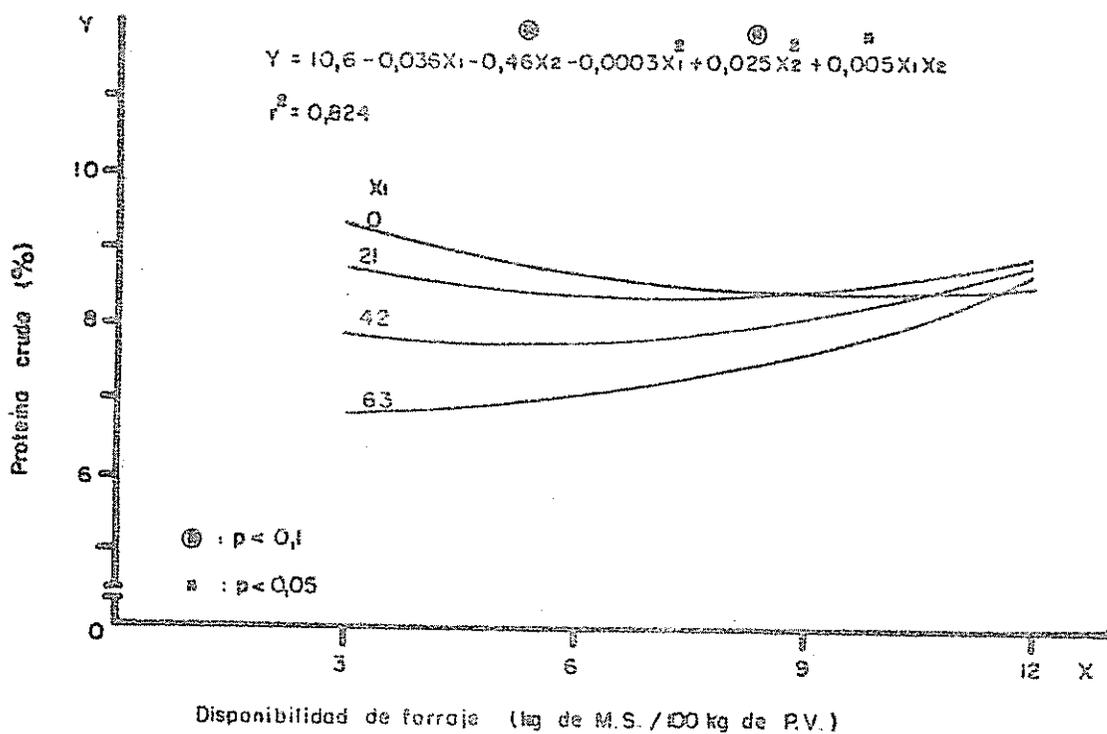


Fig. II Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda del forraje ofrecido

a cuatro leguminosas tropicales en la misma localidad de este experimento (76) y no se alejan mucho de otros valores citados por la literatura para asociaciones con kudzú, los cuales varían de 9.5% a 10.9%.

4.1.5.2 Digestibilidad *in vitro*

A) Efecto del intervalo de descanso

Esta variable presentó un efecto significativo sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, la cual muestra una clara tendencia de aumentar con el intervalo de descanso, aunque la magnitud del aumento sea pequeña (Fig. 12). Se esperaba una tendencia diferente a la encontrada, ya que se ha comprobado que la digestibilidad del forraje tiende a disminuir con la edad de la planta. Una posible explicación para este hecho se encuentra en la composición botánica de la pradera, pues las malezas predominaron en pastoreo continuo y su infestación fue disminuyendo a medida que el intervalo de descanso se hizo más largo. Se observa que, no obstante esa alta infestación, la diferencia entre la digestibilidad obtenida con pastoreo continuo y con 21 días de descanso es del orden de 2.3 por ciento, lo que indica que la gran predominancia de malezas en el pastoreo continuo es compensada por la existencia de pasto más tierno. En este caso, lo que posibilita la ventaja para el pastoreo de 21 días es el hecho de que las especies consideradas como malezas son de calidad bastante inferior a las especies mejoradas. A través de este razonamiento se puede aceptar la tendencia encontrada en función de la variable en estudio. Los valores encontrados son similares a aquéllos encontrados con la misma asociación y con período experimental más corto (77).

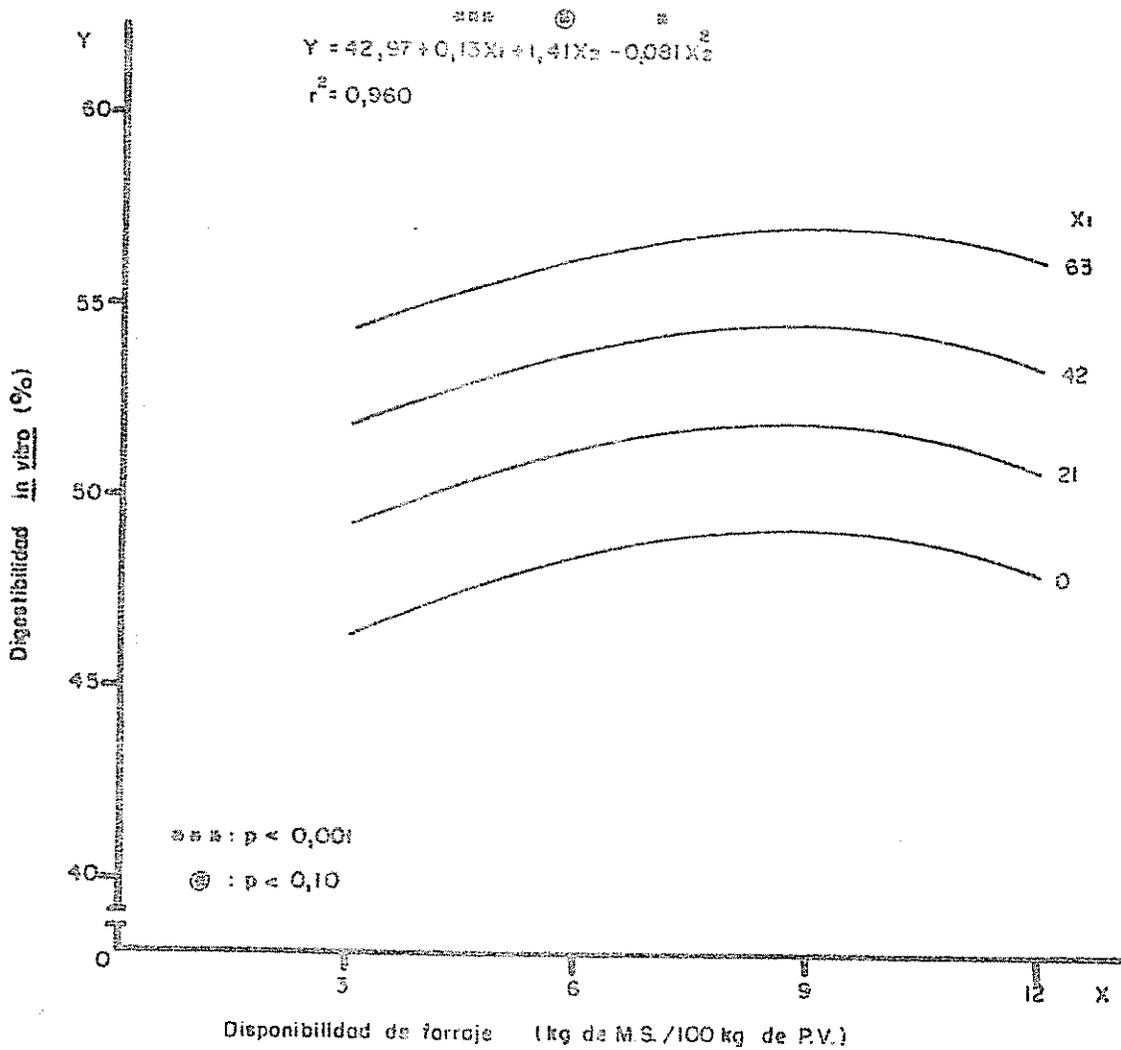


Fig. 12 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la digestibilidad in vitro de la materia seca ofrecida

B) Efecto de la presión de pastoreo

La digestibilidad de la materia seca tendió a incrementar con la disponibilidad de forraje, hasta alcanzar un valor máximo cuando la disponibilidad fue de 8.7 kg de MS/100 kg de peso vivo. Esta tendencia puede ser explicada en parte con base en la composición botánica de la asociación, ya que se obtuvieron valores de correlación de 0.63, 0.73 y -0.72 con pasto ruzi, kudzú y malezas, respectivamente (Cuadro 25).

A bajas disponibilidades de forraje por animal la proliferación de malezas debida a la fuerte defoliación hace que los valores de la digestibilidad sean más bajos. Estos valores siguen en ligero aumento cuando aumenta la proporción de kudzú en la asociación para luego bajar cuando hay altas disponibilidades de forraje por animal probablemente debido a la acumulación de material viejo como consecuencia del subpastoreo.

Los valores encontrados son superiores a aquéllos obtenidos con gramíneas fertilizadas con 125 kg de N/ha/año y similares cuando la fertilización fue de 500 kg/ha/año (48) en la misma localidad de este experimento.

4.1.6 Peso seco de los nódulos y raíces del kudzú

En la Figura 13 se observa que el peso de nódulos mostró una tendencia cuadrática en función del intervalo de descanso, alcanzando el valor máximo al nivel de 28 días. La tendencia observada es la esperada, pues cuando la leguminosa es sometida a defoliación frecuente, hay mayor mortalidad de raíces, y por ende menor nodulación (28). Por otro lado, a medida que la leguminosa envejece disminuye su eficiencia de nodulación (62), lo que puede implicar una disminución en la cantidad de nódulos en las raíces.

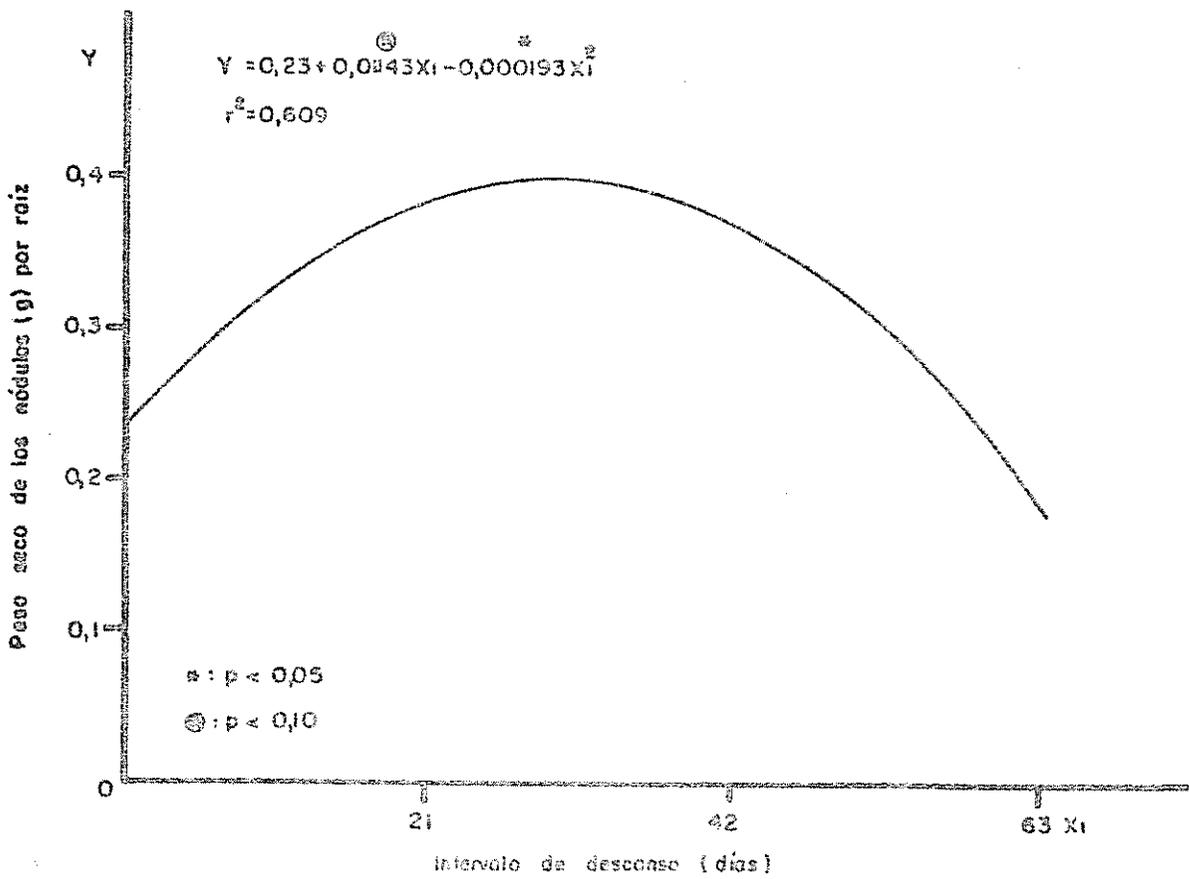


Fig. 13 Efecto del intervalo de descanso sobre la nodulación del kudzú

No se observó influencia significativa de la presión de pastoreo sobre la nodulación y tampoco de la interacción de la presión de pastoreo e intervalo de descanso sobre el peso seco de las raíces. La gran variabilidad de los datos no permitió sacar resultados concluyentes sobre el comportamiento del peso seco de las raíces en la asociación (Cuadro 11 A).

Los resultados encontrados para peso seco de los nódulos fueron superiores a aquéllos encontrados en experimentos con *Stylosanthes gracilis* y *Leucaena glauca* en invernadero (25).

4.2 Efectos sobre el suelo

4.2.1 Resistencia a la penetración

La tendencia presentada por la resistencia a la penetración del suelo en la profundidad de 0 a 5 cm fue afectada por los coeficientes lineal y cuadrático de la presión de pastoreo y por la interacción de esta variable con el intervalo de descanso (Fig. 14). Se observa que a la disponibilidad de 12 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo el intervalo de descanso no presentó efectos sobre la resistencia a la penetración del suelo. Sin embargo, a medida que disminuye la disponibilidad de forraje por animal, el suelo se vuelve más resistente a la penetración, cuando disminuye el intervalo de descanso. Esta es una respuesta lógica en función del intervalo de descanso hasta niveles de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, ya que a la medida que aumenta la frecuencia de pastoreo el pisoteo de los animales ejerce mayor efecto sobre la resistencia a la penetración del suelo (15, 32, 47, 51).

El comportamiento encontrado para la resistencia a la penetración en función de la presión de pastoreo no está de acuerdo con lo esperado. El efecto lineal tiende a mostrar la tendencia esperada, la cual

es luego distorsionada por los efectos cuadráticos y de interacción.

La tendencia normal esperada sería que la resistencia del suelo a la penetración disminuyera a medida que aumentara la disponibilidad de forraje por animal, obteniéndose así, la misma tendencia presentada por la carga animal en función de la presión de pastoreo. Al observar la Figura 14 se nota que la tendencia presentada por la resistencia a la penetración del suelo en el pastoreo continuo es la que más se asemeja a la esperada. Una posible explicación para este hecho puede estar relacionada con el número de muestras realizadas, las cuales fueron sacadas en mayor cantidad para pastoreo continuo, disminuyendo, así, la variabilidad de los datos. Se podría, tal vez, explicar el efecto cuadrático y de interacción a través del estado de desarrollo radicular de las forrajeras, principalmente las gramíneas. Se sabe que el sistema radicular de las gramíneas tiende a compactar el suelo a medida que aumenta su desarrollo en el tiempo. Considerando ese aspecto, además de que a mayores disponibilidades de forraje por animal hay mayor posibilidad de desarrollo del sistema radicular de las plantas de la pradera, debido al subpastoreo, se asume que ese hecho haya posibilitado presentarse la tendencia esperada.

Los altos valores en bares encontrados constituyen otro aspecto que se debe observar (Fig. 14). La diferencia entre la resistencia a la penetración del suelo y la humedad en el inicio y al final del experimento es muy amplia (Cuadro 12), lo que conlleva a que realmente hubo efecto de tratamiento sobre el suelo durante el período experimental. Sin embargo, ese efecto no parece estar relacionado únicamente con los tratamientos, pues la época de muestreo para los datos finales coincidió

con la época de sequía en la cual el suelo se presentaba muy seco y con ranuras en el terreno, lo que resultó en altos valores de resistencia a la penetración y baja humedad. En relación a estos datos encontrados, se podrían citar estudios los cuales reportan que la resistencia a la penetración del suelo reduce su porosidad y aeración (32, 47), y es un factor limitante para el crecimiento de las plantas. Forsythe, citado por Lemus (48), ha manifestado que valores mayores de 25 bares inhiben el crecimiento radical. Sin embargo, según Bazán citado por el mismo autor (48), la resistencia a la penetración por sí sola no indica el grado de obstrucción del suelo para el desarrollo de las raíces. Se debe tener en cuenta, además, otros factores como: compactación, capacidad de campo y resistencia del corte tangencial. De acuerdo con las consideraciones de Forsythe, los resultados encontrados podrían ubicar el suelo bajo estudio en la categoría de no aceptable para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, se necesitarían estudios más amplios sobre los otros factores, considerados por Bazán, para obtener una mejor idea del efecto de ese parámetro sobre el desarrollo de las plantas, visto que éstas no sintieron los efectos que se esperarían con los altos valores en bares encontrados para resistencia a la penetración del suelo.

No hubo efecto de tratamiento sobre los otros niveles de profundidad estudiados, tal vez por el hecho de que la duración del experimento no fue suficientemente larga para detectar efectos en mayores profundidades de suelo.

Resultados similares, en cuanto a tendencia, fueron encontrados en pasto estrella fertilizado con 375 y 500 kg de N/ha/año, en profundidad de 0 - 10 cm, de mayo a diciembre (época en que todavía no se hace

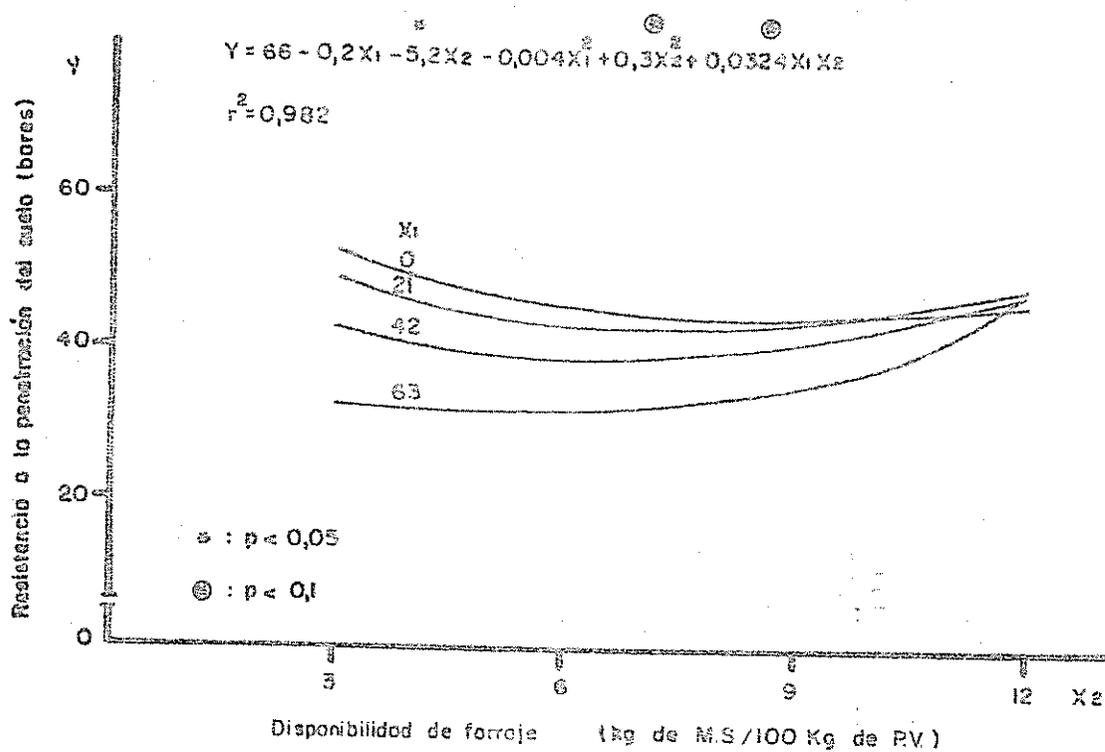


Fig. 14 Efecto del intervalo de descanso y de la presión de pastoreo sobre la resistencia a la penetración del suelo de 0-5 cm de profundidad

sentir el efecto de la sequía) y en la misma estación experimental del presente trabajo (48). Este hecho corrobora la tendencia encontrada con la asociación, aunque los resultados hayan sido afectados por el clima.

4.2.2 Composición química

El análisis estadístico de la composición química del suelo detectó diferencias significativas entre tratamientos para los elementos: magnesio (Mg) y fósforo (P) ($p < 0.1$) y para la relación calcio/magnesio (Ca/Mg) ($p < 0.05$) (Cuadros 14, 15, 17). Sin embargo, no se registraron efectos significativos de los coeficientes de regresión sobre esos elementos (Cuadro 19), lo que no permite la presentación de datos concluyentes de efectos de tratamiento sobre esos elementos, ni su interpretación.

Los demás componentes de la composición química del suelo (pH, Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cu, C, N, M.O., Mg/K y C/N) no presentaron diferencias significativas atribuibles a efectos de tratamiento (Cuadros 14, 15, 16 y 17). Como los efectos sobre el suelo son detectables a largo plazo, se supone que el período experimental, aunque de duración mayor que un año, no fue suficiente para detectar tales efectos. Por lo tanto, se puede esperar que en análisis posteriores en la misma pradera se manifieste influencia significativa de los tratamientos sobre la composición química del suelo.

Los resultados encontrados demuestran que el magnesio y el potasio se encuentran en niveles críticos para cualquier cultivo, el fósforo se presenta en cantidades deficientes, el manganeso está con niveles altos y los otros elementos se presentan en cantidades suficientes.

En cuanto a las relaciones estudiadas (Ca/Mg, Mg/K y C/N), éstas presentan valores adecuados para el desarrollo normal de las plantas.

4.3 Discusión general

En este capítulo se discuten los efectos de tratamientos sobre la asociación pasto ruzi-kudzú, con base en los datos obtenidos durante el período experimental.

Al analizar todos los parámetros estudiados en conjunto, en función del objetivo del experimento, se observa que la tasa de crecimiento de la asociación fue mayor en pastoreo continuo (45 kg de MS/ha/día) y bajó con el aumento del intervalo de descanso hasta 20 kg de MS/ha/día, alcanzando una disminución de 56% a los 63 días de descanso. Por otro lado, la tasa de crecimiento presentó valores más altos con la disponibilidad de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo, en lo que se refiere a presión de pastoreo; abajo o arriba de esa disponibilidad de forraje por animal hay una disminución en el crecimiento de la asociación.

La eficiencia de utilización de forraje producido siguió una tendencia similar a la tasa de crecimiento, alcanzando valores de 98% en pastoreo continuo y 80% a los 63 días de descanso (Cuadro 11). Esto indica que en el pastoreo continuo fue consumido casi todo el forraje producido, mientras que en el pastoreo con 63 días de descanso sólo fue consumido 80% de ese forraje. Esto se debe a la materia seca residual del pastoreo rotacional, que hace disminuir la eficiencia de utilización del forraje producido.

A una disponibilidad de forraje de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo se produjo la mayor cantidad de materia seca ofrecida por pastoreo.

(3 011 kg/ha), lo cual coincide con la mayor tasa de crecimiento de la asociación (33 kg de MS/ha/día) en lo que se refiere a presión de pastoreo (Cuadros 4 y 7). Para disponibilidad de forraje superiores o inferiores a 9 kg de MS/100 kg de peso vivo la cantidad de materia seca ofrecida por pastoreo disminuyó. Al considerar el intervalo de descanso, se observa que la materia seca ofrecida por pastoreo aumentó en forma casi lineal, de 1 913 kg/ha en pastoreo continuo hasta 3 169 kg/ha en pastoreo con 63 días de descanso (Cuadro 4).

Tanto para el intervalo de descanso como para la presión de pastoreo, la eficiencia de utilización por pastoreo parece presentar un rango óptimo que se encuentra entre 21 a 42 días de descanso y entre 6 a 9 kg de MS/100 kg de peso vivo (Cuadro 7). En esos rangos se puede obtener tasas de utilización del orden de 32 a 35% en valores promediados (Fig. 6), sin detrimento de la pradera.

Al considerar aspectos de manejo de cualquier pradera, la carga animal juega un importante papel en las decisiones a tomar. En el presente trabajo se encontró que la carga animal aumentó a medida que el intervalo de descanso se hizo más largo, lo que es lógico que ocurra, ya que la materia seca ofrecida también aumentó. Este comportamiento ocurrió en cualquiera de las presiones de pastoreo estudiadas (Fig. 12). Sin embargo, este comportamiento por sí solo no dice mucho; hay que encontrar una carga animal adecuada que esté de acuerdo con los resultados, también adecuados, de la tasa de crecimiento, producción de materia seca, eficiencia de utilización del forraje y persistencia de la leguminosa en la asociación. Al analizar las Figuras 2, 4, 5, 6 y 12, se observa que con intervalos de descanso de 38 a 41 días y con presión de pastoreo de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo se debe determinar la carga

animal con el fin de mantener un manejo adecuado de la asociación. En estos términos, la carga animal estimada sería de 1.7 UA/ha/día. Las mayores cargas ocurrieron con la presión de pastoreo de 3 kg de MS/100 kg de peso vivo (3.7 UA/ha, Cuadro 7) pero en esas condiciones la pradera fue deteriorada por el animal y hubo gran invasión de maleza conforme se observa en las Figuras 2 y 3.

La persistencia del kudzú en la asociación fue representada por una mayor participación de esa leguminosa en la asociación, con un intervalo de descanso de 41 días y con una presión de pastoreo de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo. Al observar el Cuadro 11, se nota que los pesos secos de los nódulos presentaron sus valores máximos con 42 días de descanso y con 9 y 12 kg de MS/100 kg de peso vivo. Esto indica que la nodulación del kudzú siguió una tendencia similar a la participación de esa leguminosa en la pradera.

Al hacer un análisis global de todos los parámetros estudiados, se observa que los valores extremos de las dos variables analizadas parecen no haber resultado satisfactorios para una metodología racional de explotación de praderas asociadas. De los valores intermedios, los resultados parecen ser más favorables para un período de descanso alrededor de 42 días y para 9 kg de MS/100 kg de peso vivo. De manera que, para las condiciones bajo las cuales se desarrolló el experimento, las mayores proporciones de *Brachiaria ruziziensis* y *Pueraria phaseoloides* se registraron a los 38 y 41 días de descanso, respectivamente, y con la presión de pastoreo de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo. Para esas condiciones, en datos aproximados, la tasa de crecimiento fue de 25 kg de MS/ha/día; la materia seca ofrecida por pastoreo, 3 000 kg/ha; la

eficiencia de utilización por pastoreo, 34%; la eficiencia de utilización total, 74%; la materia seca consumida por hectárea, 1 000 kg; la materia seca consumida por 100 kg de peso vivo, 2.7 kg; el contenido de proteína cruda, 8.5; la digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida, 55%; la carga animal, 1.7 UA/ha y el peso seco de los nódulos, 0.375 gr por raíz.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El kudzú tropical no persistió en proporciones adecuadas en las praderas sometidas tanto a altas como a bajas presiones de pastoreo (3 y 12 kg de MS/100 kg de peso vivo) y no sólo a largos como a cortos períodos de descanso (63 y 0 días). El pasto ruzi presentó el mismo comportamiento con iguales períodos de descanso y no fue afectado por la presión de pastoreo.
2. La producción, calidad y utilización del forraje así como la carga animal y la resistencia a la penetración del suelo, permitieron un manejo adecuado de la asociación con la presión de pastoreo de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo y con el intervalo de descanso de 38 a 41 días.
3. El intervalo de descanso y la presión de pastoreo no influyeron significativamente sobre el peso seco de las raíces del kudzú y sobre la composición química del suelo en períodos de experimentación cortos.

Las Conclusiones Mencionadas Permiten Recomendar:

1. Con base en las condiciones en que se desarrolló el experimento y en las tendencias presentadas por los parámetros estudiados, utilizar períodos de descanso de 38 a 41 días y presiones de pastoreo con una disponibilidad de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, para mantener una asociación de pasto ruzi y kudzú tropical en condiciones de manejo adecuadas.
2. Investigar la respuesta animal con los intervalos de descanso y la presión de pastoreo seleccionados.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Finca Experimental Ganadera del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. El experimento se realizó de noviembre de 1977 hasta marzo de 1979 y tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la asociación de pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*, Germain y Evrard) y kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth) bajo diferentes presiones de pastoreo e intervalos de descanso y sus efectos sobre la resistencia a la penetración y sobre la composición química del suelo. Para cumplir con el objetivo del trabajo se midieron los siguientes parámetros: a) Cambio botánico de pasto ruzi, kudzú y otras especies; b) Tasa de crecimiento; c) Materia seca ofrecida por pastoreo; d) Eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida por pastoreo; e) Eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida total; f) Materia seca consumida por hectárea; g) Materia seca consumida por 100 kg de peso vivo; h) Materia seca rechazada; i) Contenido de proteína cruda del forraje; j) Digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida; k) Carga animal; l) Nodulación del kudzú; m) Resistencia a la penetración del suelo, pH, contenido de Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cu, C, N, H₂O, P, Mg y las relaciones Ca/Mg, Mg/K, y C/N.

Se estudiaron cuatro niveles de intervalo de descanso: 0, 21, 42 y 63 días de descanso, con un período de pastoreo fijo de siete días y cuatro niveles de presión de pastoreo: 3, 6, 9, y 12 kg de MS/100 kg de peso vivo. Se utilizó un arreglo factorial incompleto, en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones.

Se encontró que el kudzú tropical no persistió en proporciones adecuadas en las praderas sometidas tanto a altas como a bajas presiones de pastoreo (3 y 12 kg de MS/100 kg de peso vivo) y no sólo a largos como a cortos períodos de descanso (63 y 0 días). El pasto ruzi presentó el mismo comportamiento con iguales períodos de descanso y no fue afectado por la presión de pastoreo. La producción, calidad y utilización del forraje así como la carga animal y la resistencia a la penetración del suelo, permitieron un manejo adecuado de la asociación con la presión de pastoreo de 9 Kg de MS/100 kg de peso vivo y con el intervalo de descanso de 38 a 41 días. El intervalo de descanso y la presión de pastoreo no influyeron significativamente sobre el peso seco de las raíces del kudzú y sobre la composición química del suelo en períodos de experimentación cortos.

Se recomienda utilizar períodos de descanso de 38 a 41 días y presiones de pastoreo con una disponibilidad de forraje de 9 kg de materia seca por 100 kg de peso vivo, para mantener una asociación de pasto ruzi y kudzú tropical en condiciones de manejo adecuadas. Investigar la respuesta animal con los intervalos de descanso y presión de pastoreo seleccionados.

6a. SUMMARY

The research was carried out at the Experimental Station of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. The experiment was carried out from November 1977 to March 1979 and evaluated the pasture behaviour of the association of ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*, Germain & Evrard) and tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.), Benth) under different grazing pressures and resting intervals, as well as its effects on the compaction and chemical composition of the soil. The following parameters were measured: a) Botanical composition of ruzi, kudzu and other species; b) Growth rate; c) Dry matter production; d) Efficiency of utilization of DM production by grazing animals; e) Efficiency of utilization of total DM production; f) DM consumption per hectare; g) DM consumption per 100 kg liveweight; h) DM rejected; i) Crude protein content of the forage; j) *In vitro* digestibility of DM production; k) Stocking rate; l) Nodulation of kudzu; m) Soil characteristics: compaction; pH; Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cu, C, N, M.O., P, Mg contents and Ca/Mg, Mg/K and C/N relations.

Resting intervals of 0, 21, 42, and 63 days rest, using a fixed 7-day grazing period, combined with grazing pressures of 3, 6, 9 and 12 kg of DM/100 kg liveweight were studied in an incomplete factorial arrangement, utilizing a randomized block design with two replications.

The results indicated that the kudzu did not persist adequately under either high or low grazing pressures (3 and 12 kg of DM/100 kg liveweight) or with longer or zero resting periods (63 and 0 days).

The same tendency was found for ruzi grass with respect to resting periods but it was not affected by grazing pressure. The production, quality and utilization of forage, the stocking rate and the compaction of the soil indicated an efficient management of the association to be at a grazing pressure of 9 kg of DM/100 kg liveweight and resting interval of 38 to 41 days. Dry weight of the kudzu roots and chemical composition of the soil were unaffected by resting intervals and grazing pressure during the short duration of the experiment.

The utilization of resting periods of 38 to 41 days and grazing pressures of 9 kg of DM/100 kg liveweight is recommended as the most adequate management of the association ruzi - tropical kudzu. Further investigations on the animal response to selected resting intervals and grazing pressures should be carried out.

7. LITERATURA CITADA

1. ARROYO-AGUILÓ, J. A. *et al.* Valor nutritivo y consumo voluntario de las gramíneas pangola (*Digitaria decumbens*), congo (*Brachiaria ruziziensis*) y estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Memoria de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal 8:91-106. 1973.
2. _____ y COWARD-LORD, J. Mineral composition of ten tropical forage grasses in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 58(4):426-436. 1974.
3. BARROW, N. J. Some aspects of the effects of grazing on the nutrition of the pastures. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 33(4):254-262. 1967.
4. BEWG, W. P., KYNEUR, G. W. y HART, I. B. Beef production from tropical legume-grass pastures in the coastal ranges of South-eastern Queensland. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 8:433-438. 1970.
5. BLASER, R. E. Efecto del animal sobre la pastura. In Paladines, O. ed. Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Montevideo, IICA, Zona Sur, 1966. pp. 1-20.
6. BROTMANN, J. B. *Stylosanthes*. In Conference on Livestock and Poultry in Latin America, 11a, Gainesville, Fla. 1977. p. irr.
7. BROUGHAM, R. W. The effects of frequency and intensity of grazing on the productivity of a pasture of short-rotation ryegrass and red and white clover. New Zealand Journal of Agricultural Research 2(4):1232-1248. 1959.
8. BROWN, R. H. y BLASER, R. E. Leaf Area Index in pasture growth. Compendiado en Herbage Abstracts 38(1):1-8. 1968.
9. BRUCE, R. C. Effect of *Centrosema pubescens*, Benth. on soil fertility in the humid tropics. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences 22(1):221-226.
10. BRUMBY, P. J. La mejora de praderas tropicales y la producción de ganado. Revista Mundial de Zootecnia (FAO) 9:14-15. 1974.
11. BRYAN, W. W. Grazing trials on the Wallum of South-eastern Queensland. 2. Complex mixtures under common grazing. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 8(35):683-690. 1968.
12. _____ y EVANS, T. R. A comparison of beef production from nitrogen fertilized pangola grass and from a pangola grass-legume pasture. Tropical Grasslands 5(2):89-98. 1971.

13. CAMPBELL, A. G. Grazed pasture parameters. 3. Relationship of pasture and animal parameters and general discussion of a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *Journal of Agricultural Sciences* 67:217. 1966.
14. CAMPBELL, H. A. y ARNOLD, G. W. The visual assessment of pasture yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 13(62):263-267. 1973.
15. CILLIERS, J. W. *et al.* The effect of nitrogen fertilization on the amino-acid composition of (*Eragrostis curvula*). *Agro Animalia* 7(4):269. 1975.
16. COCHRAN, W. G. Sampling techniques. 2a. ed. New York, Wiley, 1963. pp. 334-338.
17. _____ y COX, G. M. Diseños experimentales. México, D. F. Trillas, 1965. 661 p.
18. COLMAN, R. L. y HOLDER, J. M. Effects of stocking rate on butterfat production of dairy cows grazing grass fertilized with nitrogen. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 7:129-132. 1968.
19. COOPER, M. Mc G. El uso del pasto para la producción de leche y carne. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3(2):97-104. 1969.
20. 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, 9º, São Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. São Paulo, Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1613-1625.*
21. _____ y BENACCHIO, S.S. Pastores comparativo con novillos criollos en pangola y guinea y con novillos en pangola, guinea y estrella. *In International Grassland Congress, 9º, São Paulo, Brasil, 1965. Proceedings. São Paulo, Departamento da Produção Animal da Secretaria da Agricultura, 1965. v. 2, pp. 1671-1674.*
22. DAVIES, J. G. Mejoramiento de los pastos en los trópicos. *Revista de Agricultura (Cuba)* 3:48-54. 1967.
23. DELGADO, A. Algunos factores que afectan el uso eficiente de los pastos para la producción de carne. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 11(3):227-250. 1977.
24. DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15:52-58. 1963.

25. ESQUIVEL, C. A. Algunos factores que afectan la nodulación y crecimiento de la leguminosa en los trópicos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963. 141 p.
26. FEBLES, G. y PADILLA, C. Efecto del pastoreo en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 6(3):405-410. 1972.
27. _____. Efecto del pastoreo y corte en la composición botánica y los rendimientos de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 7(2):125-143. 1973.
28. _____ y FUNES, F. Desarrollo de las leguminosas en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 12(2):105-118. 1978.
29. FORDYCE, W. Royston Park. Tropical Grasslands 11(1):106. 1977.
30. FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. Fitotecnia Latinoamericana 4:165-176. 1975.
31. FRAME, J. y HUNT, I. V. The effects of cutting and grazing systems on herbage production from grass swards. Journal of the British Grassland Society 26(3):163-171. 1971.
32. GARDNER, A. L. Estudio sobre métodos agronómicos para la evaluación de las pasturas. Montevideo, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 84 p.
33. GARTNER, J. A. A visual appraisal method for the estimation of botanical composition in a dense sward. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences 24(2):135-140. 1967.
34. _____ *et al.* Evaluation of perennial grass/legume swards on the Atherton tableland in North Queensland. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences 31(1):1-17. 1974.
35. GROF, B. y HARDING, W. A. Dry matter yields and animal production of guinea grass (*Panicum maximum*) on the humid tropical coast of North Queensland. Tropical Grasslands 4(1):85-95. 1970.
36. HAYDOCK, K. P. y SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15(76):663-670. 1975.
37. HENZELL, E. F. Nitrogen fixation and transfer by some tropical and temperate pasture legumes in sand culture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 2:231. 1962.

38. HODGKINSON, K. C. y BECKING, H. G. Baas. Effect of defoliation on root growth of some arid zone perennial plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 29(1):31-42. 1978.
39. HUMPREYS, L. R. y JONES, R. J. The value of ecological studies in establishment and management of sown tropical pastures. *Tropical Grasslands* 9(2):127-128. 1975.
40. HUNT, O. J. An evaluation of the visual weight estimation method of determining botanical composition of forage plots. *Agronomy Journal* 56(1):73. 1964.
41. HUTTON, E. M. Australia's pasture legumes. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 34(4):203-218. 1968.
42. _____. Tropical pastures. *Advances in Agronomy* 22:21. 1970.
43. JONES, R. J., GRIFFITH DAVIES, J. y WAITE, R. B. The contribution of some tropical legumes to pasture yield of dry matter and nitrogen at Samford, South-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7(24):57-65. 1967.
44. _____. The effects of some grazed tropical grass-legume mixtures and nitrogen fertilized grass on total soil nitrogen, organic carbon and subsequent yield of *Sorghum vulgare*. *Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry* 7(24):66-71. 1976.
45. JONES, R. M. Effect of soil fertility, weed competition, defoliation and legume seeding rate on establishment of tropical pasture species in South-east Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15(72):54-63. 1975.
46. KRETSCHMER Jr., A. E. Persistencia de leguminosas tropicales en pastizales permanentes. In Conferencia sobre Ganadería y Avicultura en América Latina. 8a. Gainesville, Fla. 1974. p. irr.
47. LANGLANDS, J. P. y BENNET, I. L. Stocking intensity and pastoral production. 1. Changes in the soil and vegetation of a sown pasture grazed by sheep at different stocking rates. *Journal of Agricultural Science* 81:193-204. 1973.
48. LEMUS, A. A. P. Producción de carne bovina en praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*, Vanderyst var *nlemfuensis*) bajo diferentes presiones de pastoreo y niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1977. 104 p.
49. LOCH, D. S. *Brachiaria decumbens* (signal grass) - a review with particular reference to Australia. *Tropical Grasslands* 11(2):148. 1977.

50. LUDLOW, M. M. y WILSON, G. L. Growth of some tropical grasses and legumes at two temperatures. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Sciences* 36(1):43-45. 1970.
51. LULL, H. W. Soil compaction on forest and rangelands. U.S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication No. 768. 1958.
52. MONTEATH, M. A., JOHNSTONE, P. D. y BOSWELL, C. C. Effects of animals on pasture production. 1. Pasture productivity from beef cattle and sheep farmlets. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 20(1):23-30. 1977.
53. MOORE, A. W. The influence of a legume on soil fertility under a grazed tropical pasture. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 30(119):239-248. 1962.
54. MORLEY, F. H. The biology of grazing management. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 6:127-136. 1966.
55. MOTT, G. O. Grazing management of tropical legume-grass association. *In National Conference on Livestock and Poultry in Latin America*, 11a, Gainesville, Fla. 1977. p. irr.
56. OKORIE, I. I., HILL, D. H. y McILROY, 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* 38(2):108. 1972.
57. OYENUGA, V. A. y OLUBAYO, F. O. Productivity and nutritive value of tropical pastures at Ibadan. *In International Grasslands Congress*, 10th, Helsinki, 1966. *Proceedings*. Helsinki, University of Helsinki, 1966, pp. 962-969.
58. _____ y _____. Pasture productivity in Nigeria. Dry matter production and chemical composition of herbage. *Journal of Agricultural Science* 85(11):1-10. 1975.
59. PARRA, R., COMBELLAS, J. y GONZALEZ, J. E. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. 2. Fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agronomía Tropical (Venezuela) (Serie Zootécnica No. 1)* 22(3):219-230. 1972.
60. PEREZ INFANTE, F. Posibilidades de los pastos tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 11(2):119-136. 1977.
61. RAMIREZ, A. Efecto del ciclo de uso, la presión de pastoreo y la fertilización nitrogenada en la producción de pasto estrella. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1974. 118 p.

62. ROCHA, G. L. *et al.* As leguminosas e as pastagens tropicais. *In* Seminario sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa com Leguminosas Tropicais. Anais. As leguminosas na agricultura tropical. Instituto de Pesquisa Agropecuaria do Centro-Sul, 1970. s.n.t. pp. 1-28.
63. ROCHA, W. G. Evaluación del componente alimenticio y de la rentabilidad económica del módulo lechero del CATIE. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1978. 99 p.
64. SANTHIRASEGARAM, K. Praderas tropicales mejoradas a base de leguminosas forrajeras. *In* Seminario sobre el Potencial para Producción de Ganado de Carne de América Tropical, Cali, 1974. pp. 45-58.
65. SERPA, A. *et al.* Influência da adubação nitrogenada e de leguminosas sobre a produção de leite no período seco em pastagens de capim pangola. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia 2(2): 227-244. 1973.
66. SNOOK, L. C. Symposium sobre la producción de carne en los trópicos. 2. El uso de leguminosas en los pastos tropicales para aumentar la producción de carne. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 3(2):131-140. 1969.
67. SOUTO, S. M., LIMA, C. R. y LUCAS, E. D. Palatabilidade de leguminosas forrageiras tropicais. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Série Zootecnia) 10(4):7-11. 1975.
68. STOOBS, T. H. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. 3. Rotational and continuous. Tropical Agriculture 46(4):293-301. 1969.
69. _____. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. 4. Selective grazing. Tropical Agriculture 46(4): 303-309. 1969.
70. _____. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. Tropical Grasslands 9(2):143-145. 1975.
71. TERGAS, L. E. Establecimiento y manejo de praderas compuestas de asociaciones de gramíneas y leguminosas. *In* Seminario Regional sobre Leguminosas Forrajeras Tropicales, Lima, 1975. IICA, Serie Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones N. 64. 1975. p. irr.
72. _____. Factores que afectan la persistencia de las leguminosas en asociaciones de leguminosas y gramíneas tropicales. *In* Conferencia sobre Ganadería y Avicultura en América Latina, 9a, Gainesville, Fla., 1975. p. irr.

73. THOMAS, D. y ADDY, B. L. Tropical pasture legumes and animal productivity in Malawi. *World Animal Review of Animal Production* 13(3):47-52. 1977.
74. TOSI, H. *et al.* Avaliação de leguminosas forrageiras de origem tropical como plantas para ensilagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (Série Zootecnia)* 10(4):19-22. 1975.
75. TOW, P. G. Sowing rate, survival and productivity of green panic-glycine mixtures. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Sciences* 24(2):141-148. 1967.
76. VALLE, L. C. S. Evaluación agronómica de algunas asociaciones gramínea-leguminosa para el trópico húmedo. Tesis Mg. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 59 p.
77. VILLALOBOS, J. L. M. Efecto del intervalo de descanso y la presión de pastoreo sobre el comportamiento de la asociación de kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.) y pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*, Germain y Evrard). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 103 p.
78. VILLELA, H., OLIVEIRA, S. y NASCIMENTO, C. H. F. Efeito de pastagens de gramínea e de gramínea e leguminosas sobre el ganho em peso de novillos (I) época da "seca". *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 5(2):236-247. 1976.
79. VOISIN, A. Grazing management in Northern France. *Journal of the British Grassland Society* 12:150-154. 1957.
80. WHITEMAN, P. C. The effects of closing grazing and cutting on the yield, persistence and nitrogen content of four tropical legumes with Rhodes grass at Samford, South-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 9(38):287-294. 1969.
81. WILLIAMS, W. A. The role of the leguminosae in pasture and soil improvement in the neotropics. *Tropical Agriculture* 44(2): 103-115. 1967.
82. WINTER, W. H. *et al.* Effects of fertilizer and stocking rate on pasture and beef production from sown pastures in Northern Cape York Peninsula. 1. Botanical and chemical composition of the pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 17(84):66-74.
83. ZAÑARTU, R. Presión de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de carne en praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*, Vanderyst var nlemfuensis). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1975. 99 p.

9. APENDICE

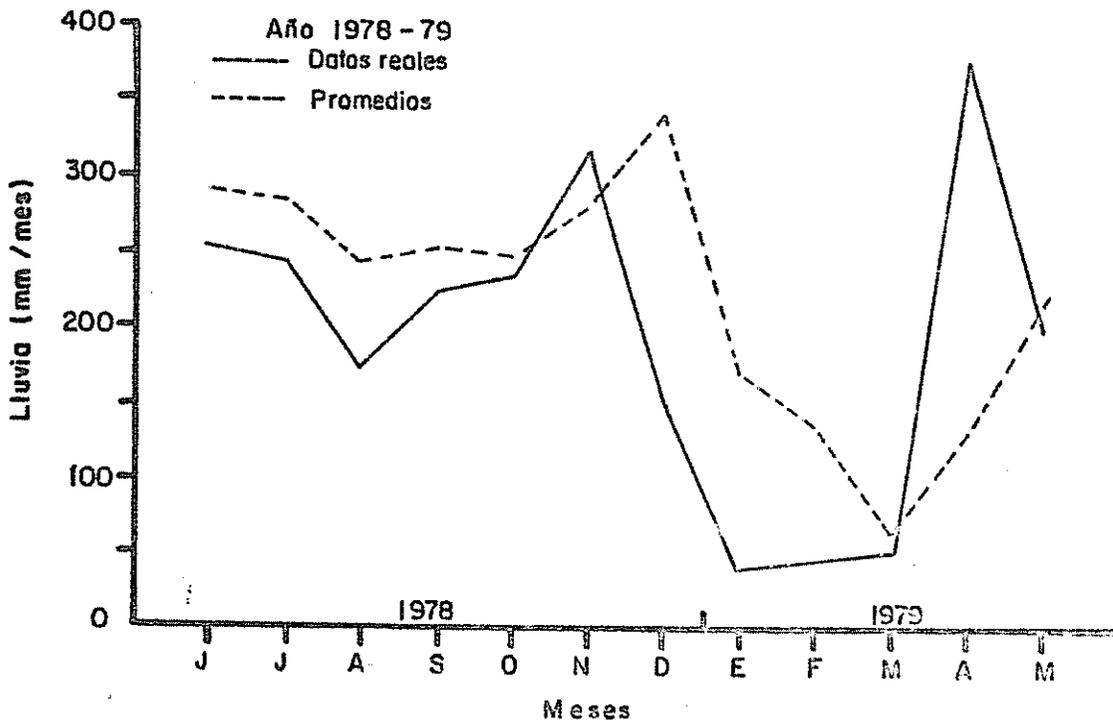
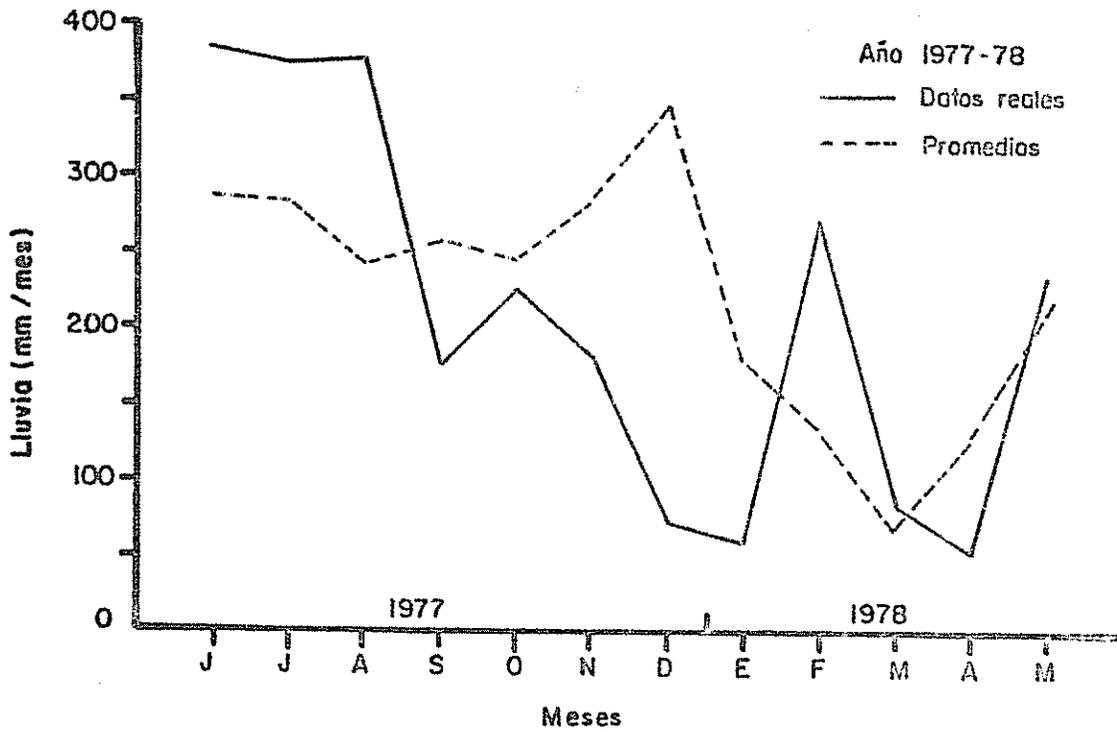


Fig. 1A. Variación de las lluvias a través de los años agrícolas 1977-78 y 1978-79. Datos reales y promedios de 34 años

Cuadro 1. Composición botánica inicial y final y cambio botánico.

Tratamientos		Componentes	Inicial %	Final %	Cambio botánico (%)
ID	PP				
0	6	Brachiaria	42.67	14.54	-65.92
		Kudzú	18.51	0.77	-95.84
		Otros	38.88	84.69	+117.82
0	12	Brachiaria	42.67	19.47	-54.37
		Kudzú	18.51	1.85	-90.01
		Otros	38.88	78.69	+102.39
21	3	Brachiaria	42.67	25.68	-39.82
		Kudzú	18.51	2.91	-84.28
		Otros	38.88	71.42	+83.69
21	9	Brachiaria	42.67	27.25	-36.14
		Kudzú	18.51	25.41	+37.28
		Otros	38.88	47.34	+21.76
42	6	Brachiaria	42.67	32.78	-23.18
		Kudzú	18.51	28.64	+54.73
		Otros	38.88	38.58	- 0.77
42	12	Brachiaria	42.67	29.24	-31.47
		Kudzú	18.51	27.42	+48.14
		Otros	38.88	43.35	+11.50
63	3	Brachiaria	42.67	16.81	-60.60
		Kudzú	18.51	3.79	-79.52
		Otros	38.88	79.40	+104.22
63	9	Brachiaria	42.67	30.33	-28.92
		Kudzú	18.51	24.23	+30.90
		Otros	38.88	45.45	+16.90

Cuadro 2. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el cambio botánico del pasto ruzi (B), del kudzú (K) y de otras forrajeras o malezas (O).

Variables	Niveles	Cambio Botánico (%)		
		B	K	O
1) Intervalo de descanso (días)	0	60.15	92.94	-109.78
	21	37.99	23.50	- 52.54
	42	27.31	-51.42	- 5.19
	63	44.76	24.31	- 60.31
2) Presión de pastoreo (Kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	50.22	81.90	- 93.65
	6	44.54	20.56	- 58.28
	9	32.53	-34.09	- 19.14
	12	42.92	20.96	- 56.69

	Coeficientes de Regresión			Error Estandar		
	B <u>1</u>	K <u>2</u>	O <u>2</u>	B	K	O
b 0	-60.97	-331.86	261.29			
b 1	1.68*	6.81****	5.14**	0.59	0.44	0.59
b 2	0.022 $\text{\textcircled{Q}}$	58.69**	-37.01*	0.009	4.97	6.7
b 3		0.082**	0.064**		0.007	0.009
b 4		3.23**	2.03*		0.33	0.44

$$\underline{1} \quad Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2$$

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

Donde: X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

$\text{\textcircled{Q}}$ = (p < 0.10)

* = (p < 0.05)

** = (p < 0.01)

*** = (p < 0.001) Prueba de t

Cuadro 3. Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para materia seca ofrecida (M.S.O.), materia seca rechazada (M.S.R.), materia seca consumida por hectárea (M.S.C₁) y materia seca consumida por 100 kg de peso vivo (M.S.C₂)

Tratamiento		No. de	M.S.O.	M.S.R.	M.S.C ₁	M.S.C ₂	
ID	PP	Observ.	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/100kg P.V.)	
0	-	6	61	1 523.57	1 152.41	371.16	1.79
0	-	12	61	2 303.24	1 907.95	395.29	2.62
21	-	3	17	1 626.78	1 003.70	623.08	1.13
21	-	9	17	2 413.71	1 660.96	752.75	2.70
42	-	6	9	2 981.78	1 894.59	1 087.19	2.09
42	-	12	9	3 006.39	2 143.37	863.02	3.36
63	-	3	7	2 727.98	1 743.22	984.76	1.09
63	-	9	7	3 609.02	2 308.51	1 300.51	3.04

Cuadro 4. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la materia seca ofrecida (MSO) y la materia seca rechazada (MSR) por pastoreo

VARIABLES	Niveles	MSO (kg/ha)	MSR (kg/ha)
1. Intervalo de descanso (días)	0	1 913.4	1 530.18
	21	2 020.24	1 332.33
	42	2 994.08	2 018.98
	63	3 168.51	2 025.87
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	2 177.39	1 373.46
	6	2 252.67	1 523.50
	9	3 011.36	1 984.73
	12	2 654.81	2 025.65

	Coeficiente de Regresión <u>1</u>		Error Estandar	
	MSO	MSR	MSO	MSR
b 0	-203.5	-40.307	-	-
b 1	39.0	20.124	24.51	18.2
b 2	339.1	244.299	218.31	162.16
b 3	-0.055	0.031	0.26	0.19
b 4	-16.6	-7.189	12.58	9.34
b 5	-1.3	-1.188	1.61	1.19

$$\underline{1} \ y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

⊙ = (p < 0.10) Prueba de t

Cuadro 5. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la materia seca consumida por hectárea (MSC₁) y materia seca consumida por 100 kg de peso vivo (MSC₂)

Variables	Niveles	MSC ₁	MSC ₂
		(kg/ha)	(kg/100 kg de PV)
1. Intervalo de descanso (días)	0	383.22	2.20
	21	687.91	1.91
	42	975.10	2.73
	63	1 142.64	2.06
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	803.93	1.11
	6	729.17	1.94
	9	1 026.63	2.87
	12	629.16	2.99

	Coeficiente de Regresión		Error Estandar	
	MSC ₁ <u>1</u>	MSC ₂ <u>2</u>	MSC ₁	MSC ₂
b 0	-74.49	-0.19	-	-
b 1	12.5 ***	0.42 **	1.41	0.06
b 2	144.41 ⁰	-0.015 *	54.83	0.004
b 3	-8.96 ⁰	0.0012**	3.6	0.0002

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_2^2$$

$$\underline{2} \quad y = b_0 + b_1X_2 + b_2X_2^2 + b_3X_1X_2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

⁰ = (p < 0.10)

* = (p < 0.05)

** = (p < 0.01)

*** = (p < 0.001) Prueba de T

Cuadro 6. Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para tasa de crecimiento (T.C.), eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida (E.U.) y carga animal (C.A.).

Tratamientos	No. de	T.C.	E. U.	C. A.
ID - PP	Observ.	(kg de MS/ha/día)	(%)	(UA/ha/día)
0 - 6	61	43.56	21.37	0.99
0 - 12	61	47.35	16.98	0.80
21 - 3	17	27.22	35.86	2.77
21 - 9	17	40.72	29.84	1.37
42 - 6	9	19.91	36.53	2.53
42 - 12	9	19.42	28.14	1.05
63 - 3	7	13.15	35.99	4.64
63 - 9	7	26.11	36.23	2.10

Cuadro 7. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento vegetal (TC), eficiencia de utilización por pastoreo (EU) y carga animal (CA).

Variablen	Niveles	T C (kg de M S por ha/día)	E U %	C A (UA/ha/día)
1. Intervalo de descanso (días)	0	45.45	19.18	0.90
	21	33.97	32.85	2.07
	42	19.67	32.33	1.79
	63	19.63	36.11	3.37
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	20.18	35.11	3.71
	6	31.73	28.95	1.76
	9	33.42	33.03	1.74
	12	33.38	22.56	0.93

	Coeficiente de Regresión			Error Estandar		
	T C <u>1</u>	E U <u>1</u>	C A <u>2</u>	T C	E U	C A
b 0	20.93	25.3	2.56	-	-	-
b 1	-0.71 @	0.51 *	0.06 **	0.34	0.17	0.005
b 2	6.43 @	0.18	-0.34 *	3.04	1.53	0.086
b 3	0.006	-0.005*	0.016 @	0.004	0.002	0.005
b 4	-0.36 @	-0.081	-0.0045**	0.18	0.09	0.0006
b 5	-0.01	0.004		0.02	0.01	-

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

$$\underline{2} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_x + b_3X_1^2 + b_4X_2^2$$

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

@ = (p < 0.10) Prueba de t

* = (p < 0.05)

** = (p < 0.01)

Cuadro 8. Resultados promedios por pastoreo y por tratamiento para proteína cruda (P.C.) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida (DIVMS).

Tratamiento			No. de Observ.	P.C. (%)	DIVMS (%)
ID	-	PP			
0	-	6	61	8.93	47.67
0	-	12	61	8.51	47.86
21	-	3	17	8.61	49.73
21	-	9	17	8.29	53.02
42	-	6	9	8.01	53.67
42	-	12	9	9.18	53.53
63	-	3	7	6.94	54.15
63	-	9	7	7.42	56.77

Cuadro 9. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda (PC), y la digestibilidad *in vitro* (DIVMS) de la materia seca ofrecida.

Variables	Niveles	PC (%)	DIVMS (%)
1. Intervalo de descanso (días)	0	8.72	47.76
	21	8.45	51.37
	42	8.59	53.60
	63	7.18	55.09
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	7.77	51.94
	6	8.47	50.67
	9	7.85	54.89
	12	8.84	50.69

	Coeficiente de Regresión		Error Estandar	
	P C <u>1</u>	DIVMS <u>2</u>	PC	DIVMS
b 0	10.6	42.97	-	-
b 1	-0.036	0.13 ***	0.02	0.01
b 2	-0.46 @	1.41 @	0.21	0.52
b 3	-0.0003	-0.081@	0.0003	0.03
b 4	0.025@		0.01	-
b 5	0.005*		0.002	-

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

$$\underline{2} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_2^2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

@ = (p < 0.10)

* = (p < 0.05) Prueba de t

*** = (p < 0.001)

Cuadro 10. Resultados obtenidos por tratamiento para eficiencia de utilización de la materia seca ofrecida total (E.U.t), peso seco de raíces (P.R.) y peso seco de nódulos (P.N.) por planta de kudzú.

Tratamiento			E.U.t	P.R.	P.N.
ID	-	PP	(%)	(gr)	(gr)
0	-	6	98.63	2.25	0.14
0	-	12	97.91	9.78	0.34
21	-	3	88.16	3.95	0.28
21	-	9	76.38	9.10	0.43
42	-	6	84.53	7.60	0.42
42	-	12	71.31	10.50	0.38
63	-	3	87.43	5.08	0.14
63	-	9	71.92	10.30	0.21

Cuadro 11. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la eficiencia de utilización total (EU_t) peso seco de las raíces (PR) y nódulos (PN) del kudzú

Variables	Niveles	EU _t (%)	PR (gr)	PN (gr)
1. Intervalo de descanso (días)	0	98.27	6.01	0.24
	21	82.27	6.53	0.35
	42	77.92	9.05	0.40
	63	79.67	7.69	0.17
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	87.80	4.51	0.21
	6	91.58	4.93	0.28
	9	74.15	9.7	0.32
	12	84.61	10.14	0.36

	Cóeficiente de Regresión			Error Estandar		
	EU _t <u>1</u>	PR <u>1</u>	PN <u>2</u>	EU _t	PR	PN
b 0	103.5	-4.99	0.23	-	-	-
b 1	-0.57	0.234	0.01143 \emptyset	0.33	0.128	0.0046
b 2	-1.43	1.55	-0.000193 *	2.91	1.137	0.00007
b 3	0.008*	-0.002	-	0.003	0.001	-
b 4	0.073	-0.031	-	0.17	0.066	-
b 5	0.032	-0.009	-	0.02	0.008	-

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

$$\underline{2} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_1^2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

\emptyset = (p < 0.10)

* = (p < 0.05)

Cuadro 12. Resultados obtenidos para la resistencia a la penetración del suelo y humedad respectiva hasta 5 cm de profundidad.

Tratamientos		Resist. Penet.		Humedad		Aj. final
ID	PP	I	F	I	F	por humedad (Bares) <u>1</u>
0	- 6	11.5	48.45	30.82	19.03	45.79
0	- 12	13.49	52.3	32.93	18.59	45.66
21	- 3	11.5	54.45	34.31	18.23	48.93
21	- 9	12.41	45.2	30.71	19.31	44.90
42	- 6	11.99	33.64	31.14	21.29	37.66
42	- 12	11.99	51.7	34.05	18.97	48.50
63	- 3	9.43	37.75	34.76	18.54	33.19
63	- 9	6.14	34.77	34.0	19.92	34.50

1 El análisis de covarianza entre los valores finales e iniciales no fue significativo.

I = Inicial

F = Final

Cuadro 13. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre la resistencia a la penetración del suelo a las profundidades de 0 - 5 cm y 5 - 10 cm.

Variables	Niveles	0 - 5 cm (Bares)	5 - 10 cm (Bares)
1. Intervalo de descanso (días)	0	45.73	45.18
	21	46.92	44.02
	42	43.08	45.02
	63	33.85	34.32
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de pesc vivo)	3	41.06	38.76
	6	41.73	42.14
	9	39.70	39.58
	12	47.08	48.06

	Coeficiente de Regresión <u>1</u>		Error Estandar	
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm
b 0	66.0	36.073	-	-
b 1	-0.2	0.46	0.14	0.6
b 2	-5.2 *	0.296	1.21	4.48
b 3	-0.004	-0.007	0.001	0.005
b 4	0.3 @	0.068	0.07	0.26
b 5	0.0324@	-0.021	0.009	0.03

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

@ = (p < 0.10)

* = (p < 0.05)

Cuadro 14. Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre pH, contenido de calcio, magnesio y potasio del suelo.

F. V.	G.L.	pH	Ca	Mg	K
Repeticiones	1	0.0005	2.53 **	0.05 @	0.035 @
Tratamientos	7	0.009 n.s.	0.240 n.s.	0.312 @	0.007 n.s.
Profundidad	1	0.057 *	0.005	0.009	0.056
Trat. x Prof.	7	0.004	0.104	0.006	0.005
Error	15	0.007	0.185	0.012	0.008
TOTAL	31	-	-	-	-

Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre fósforo, hierro, manganeso y zinc del suelo.

F. V.	G.L.	P	Fe	Mn	Zn
Repeticiones	1	0.26	1 589	2 414 **	0.11
Tratamientos	7	1.34 @	682 n.s.	251 n.s.	18.97 n.s.
Profundidad	1	0.25	48	1 263 *	2.13
Trat. x Prof.	7	0.53	946	189	4.54
Error	15	0.54	643	168	13.11
TOTAL	31	-	-	-	-

n.s. = no significativo

@ = significativo (p < 0.1)

* = significativo (p < 0.05)

Cuadro 16. Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre cobre, materia orgánica, carbono y nitrógeno del suelo.

F.V.	G.L.	Cu	M.O.	C	N
Repeticiones	1	13.76	0.06	0.04	0.003
Tratamientos	7	8.43 n.s.	0.05 n.s.	0.03 n.s.	0.005 n.s.
Profundidad	1	0.02	0.06	0.03	0.016
Trat. x Prof.	7	10.27	0.03	0.02	0.003
Error	15	7.97	0.03	0.02	0.005
TOTAL	31	-	-	-	-

Cuadro 17. Análisis de varianza del efecto de tratamiento sobre las relaciones calcio/magnesio, magnesio/potasio y carbono/nitrógeno.

F.V.	G.L.	Ca/Mg	Mg/K	C/N
Repeticiones	1	1.10 **	14.85	0.04
Tratamientos	7	0.23 *	6.79 n.s.	0.14 n.s.
Profundidad	1	0.01	40.95 *	0.001
Trat. x Prof.	7	0.04	2.62	0.17
Error	15	0.06	5.94	0.23
TOTAL	31	-	-	-

n.s. = no significativo

* = significativo (p < 0.05)

** = significativo (p < 0.01)

Cuadro 18. Resultados obtenidos de magnesio, fósforo y relación calcio/magnesio que presentaron diferencias significativas entre tratamientos (1)

Tratamientos			Mg	P	Ca/Mg
ID	-	PP	(meq/180 ml)	(mg/ml)	
0	-	6	1.89	2.97	3.21
0	-	12	1.84	3.29	3.58
21	-	3	1.89	3.80	3.34
21	-	9	1.82	3.37	3.40
42	-	6	1.84	2.19	3.02
42	-	12	2.01	2.88	2.91
63	-	3	2.06	3.90	2.93
63	-	9	1.85	3.19	3.30

(1) Valores finales ajustados por covarianza tomando como covariables los valores iniciales.

Cuadro 19. Efecto del intervalo de descanso y presión de pastoreo sobre el contenido de magnesio (Mg), fósforo (P) y la relación calcio/magnesio (Ca/Mg) en el suelo.

Variables	Niveles	Mg	P	Ca/Mg
1. Intervalo de descanso (días)	0	1.87	3.13	3.4
	21	1.86	3.79	3.37
	42	1.93	2.54	2.97
	63	1.96	3.55	3.12
2. Presión de pastoreo (kg de MS/100 kg de peso vivo)	3	1.98	3.85	3.14
	6	1.87	2.58	3.12
	9	1.84	3.48	3.35
	12	1.93	3.09	3.25

	Coeficiente de Regresión <u>1</u>			Error Estandar		
	Mg	P	Ca/mg	Mg	P	Ca/Mg
b 0	2.212	4.568	3.095	-	-	-
b 1	-0.002	-0.007	-0.008	0.008	0.078	0.03
b 2	-0.101	-0.361	0.075	0.08	0.698	0.25
b 3	0.00003	0.0002	0.00008	0.00009	0.0008	0.0003
b 4	0.006	0.022	-0.0035	0.004	0.040	0.01
b 5	0.0002	-0.0006	-0.0003	0.0006	0.005	0.002

$$\underline{1} \quad y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

donde:

X_1 = Intervalo de descanso

X_2 = Presión de pastoreo

Cuadro 20. Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de calcio, magnesio y zinc en el suelo (1)

Tratamiento			Ca (2)		Mg (2)		(Zn) (3)	
ID	-	PP	I	F	I	F	I	F
0	-	6	6.6	6.0	2.1	2.0	5.0	5.2
0	-	12	6.2	6.5	1.7	1.9	4.9	6.8
21	-	3	5.9	6.3	1.5	1.9	5.7	6.2
21	-	9	5.9	6.1	1.6	1.8	4.9	7.3
42	-	6	6.7	5.9	1.4	1.8	4.5	7.4
42	-	12	5.7	5.8	1.5	2.0	3.7	9.6
63	-	3	5.3	5.9	1.4	2.0	3.1	12.1
63	-	9	5.2	6.0	1.3	1.8	3.8	4.9

ID = Intervalo de descanso

PP = Presión de pastoreo

I = Inicio del experimento

F = Final del experimento

- (1) Para efecto de análisis estadísticos los valores finales fueron ajustados por covarianza tomando como covariables los valores iniciales.
- (2) Datos en meq/100 ml de suelo
- (3) Datos en micrograma por mililitro de suelo

Cuadro 21. Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de potasio (K), fósforo (P) e hierro (Fe) en el suelo.

Tratamiento			K (1)		P (2)		Fe (2)	
ID	-	PP	I	F	I	F	I	F
0	-	6	0.4	0.3	5.5	2.8	530.5	145.7
0	-	12	0.2	0.3	5.3	3.0	568.0	168.8
21	-	3	0.4	0.3	8.5	4.4	344.0	161.0
21	-	9	0.4	0.3	6.3	3.8	395.0	145.7
42	-	6	0.3	0.3	7.5	2.5	393.0	128.0
42	-	12	0.4	0.3	4.0	2.3	380.3	145.2
63	-	3	0.3	0.2	6.3	3.9	329.3	143.6
63	-	9	0.4	0.3	7.5	3.5	448.3	139.4

(1) Datos en meq./100 ml de suelo

(2) Datos en microgramo por ml de suelo

No hubo diferencias significativas entre profundidades.

Cuadro 22. Resultados obtenidos por tratamiento sobre el contenido de cobre (Cu), relación carbono/nitrógeno (C/N) y calcio/magnesio (Ca/Mg) en el suelo.

Tratamiento			Cu (1)		C/N		Ca/Mg	
ID	-	PP	I	F	I	F	I	F
0	-	6	25.9	17.9	10.5	10.7	3.4	3.0
0	-	12	27.2	21.4	9.1	12.0	3.6	3.5
21	-	3	22.9	19.5	10.7	9.7	4.1	3.4
21	-	9	22.6	18.7	9.3	10.0	3.8	3.4
42	-	6	26.3	17.5	11.1	13.8	4.7	3.3
42	-	12	25.1	20.3	10.2	10.7	3.9	2.9
63	-	3	19.3	19.2	10.4	9.9	3.8	2.0
63	-	9	21.0	19.0	10.0	11.0	4.0	3.3

(1) Datos en microgramo por mililitro de suelo.

No hubo diferencias significativas entre profundidades.

Cuadro 23. Resultados obtenidos sobre la composición química del suelo para cada tratamiento (1)

Tratamiento			M. O.		C		N	
ID	-	PP	I	F	I	F	I	F
0	-	6	4.7	5.0	2.7	2.9	0.3	0.3
0	-	12	4.3	4.9	2.5	2.9	0.3	0.3
21	-	3	3.8	5.3	2.2	3.1	0.2	0.3
21	-	9	3.9	5.3	2.3	3.1	0.2	0.3
42	-	6	4.7	5.2	2.7	3.0	0.3	0.3
42	-	12	4.2	4.6	2.5	2.7	0.2	0.3
63	-	3	3.3	4.0	1.9	2.3	0.2	0.2
63	-	9	3.9	4.3	2.3	2.5	0.2	0.2

(1) Datos en porcentaje

No hubo diferencias significativas entre profundidades.

Cuadro 24. Resultados obtenidos por tratamiento sobre el pH, contenido de manganeso (Mn) y relación magnesio/potasio (Mg/K) en el suelo.

Tratamiento			Profundidades (cm)	pH		Mn (1)		Mg/K	
ID	-	PP		I	F	I	F	I	F
0	-	6	0 - 15	5.2	5.95	38.35	101.8	4.3	5.8
			15 - 25	5.2	5.95	36.4	83.6	8.0	8.55
0	-	12	0 - 15	5.1	5.9	38.4	117.5	8.1	4.93
			15 - 25	5.13	5.95	35.0	100.45	9.35	7.36
21	-	3	0 - 15	5.25	5.85	39.1	124.25	3.05	4.9
			15 - 25	5.33	6.0	37.75	102.85	4.75	7.99
21	-	9	0 - 15	5.23	5.9	37.55	109.15	4.05	3.9
			15 - 25	5.3	5.95	35.6	81.15	4.7	8.41
42	-	6	0 - 15	5.2	5.85	39.5	104.7	4.1	8.49
			15 - 25	5.3	6.05	38.95	107.6	5.65	7.38
42	-	12	0 - 15	5.25	5.95	38.85	120.6	4.3	7.36
			15 - 25	5.23	6.0	38.2	90.55	4.45	9.4
63	-	3	0 - 15	5.35	5.95	37.6	103.8	4.6	8.32
			15 - 25	5.3	6.1	35.75	88.1	7.3	10.85
63	-	9	0 - 15	5.33	6.05	39.45	143.3	3.05	4.43
			15 - 25	5.28	6.1	37.3	96.7	4.05	7.6

(1) Datos en microgramo en ml de suelo

Quadro #25.

Matriz de Correlacion * * *

	X1	X2	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16
X1	1.0000										
X2	-0.2000	1.0000									
Y8	-0.6074	0.3901	1.0000								
Y9	0.7961	-0.5700	-0.7959	1.0000							
Y10	0.6633	-0.7765	-0.7326	0.7434	1.0000						
Y11	-0.7087	0.4110	0.4641	-0.5880	-0.7785	1.0000					
Y12	0.9269	0.0179	-0.6956	0.7444	0.4257	-0.6116	1.0000				
Y13	-0.6725	-0.3018	0.4925	-0.5486	-0.0354	0.1491	-0.8483	1.0000			
Y14	0.2846	0.8161	-0.0283	-0.0432	-0.3512	-0.0357	0.4965	-0.6384	1.0000		
Y1	0.4302	0.2566	-0.3739	0.5433	-0.0752	-0.0631	0.6266	-0.7627	0.6089	1.0000	
Y2	0.4788	0.4051	-0.3427	0.4061	-0.1608	-0.0263	0.7291	-0.8432	0.6773	0.87	0.87
Y3	-0.4759	-0.3648	0.3638	-0.4665	0.1354	0.0167	-0.7147	0.8399	-0.673	-0.94	-0.94
Y4	-0.9852	1.0000	-0.5325	0.4355	0.1696	-0.5050	0.8003	-0.7321	0.7486	0.61	0.61
Y5	0.7979	0.3689	-0.2994	0.1011	-0.0878	-0.3198	0.6816	-0.6079	0.8718	0.48	0.48
Y6	0.7260	-0.7061	0.9302	1.0000	0.4884	-0.6526	0.9677	-0.7473	0.4191	0.65	0.65
Y7	0.5748	0.6393	-0.7403	0.8038	1.0000	0.2971	0.3189	-0.5877	0.3541	0.50	0.50
Y15	0.6455	-0.6093	0.8747	0.6485	-0.5862	1.0000	0.0951	-0.3649	0.6029	0.68	0.68
Y16	0.9353	-0.0827	0.1920	0.2758	-0.2812	0.2203	1.0000	1.0000	0.6029	0.50	0.50
Y1	0.6821	-0.6933	0.5737	0.7411	-0.7411	0.4203	0.3648	0.0951	0.6029	0.68	0.68
Y15	0.0550	0.9265	0.1920	0.2758	-0.2812	0.2203	1.0000	1.0000	0.6029	0.50	0.50
Y16	0.0716	-0.6322	0.5737	0.7411	-0.7411	0.4203	0.3648	0.0951	0.6029	0.68	0.68
Y1	-0.1511	0.4936	0.0898	0.0248	-0.0354	0.5001	1.0000	1.0000	0.6029	0.68	0.68
Y16	0.6406	-0.6736	0.2003	0.2758	-0.2812	0.2203	1.0000	1.0000	0.6029	0.68	0.68
Y1	-0.7468	0.3042	0.5026	-0.5420	-0.6566	0.9323	-0.6704	0.1846	-0.0827	-0.07	-0.07
Y16	-0.1754	0.1467	-0.6463	-0.4636	-0.7386	0.1452	0.3603	1.0000	1.0000	0.68	0.68

LISTA DE IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES Y DE
LOS PARAMETROS CONTENIDOS EN LA MATRIZ DE CORRELACION

- X₁ - Intervalo de descanso
- X₂ - Presión de pastoreo
- Y₁ - Cambio botánico del Brachiaria
- Y₂ - Cambio botánico del kudzú
- Y₃ - Cambio botánico de malezas
- Y₄ - Materia seca ofrecida por pastoreo
- Y₅ - Materia seca rechazada
- Y₆ - Materia seca consumida por hectárea
- Y₇ - Materia seca consumida por 100 kg de peso vivo
- Y₈ - Tasa de crecimiento
- Y₉ - Eficiencia de utilización por pastoreo
- Y₁₀ - Carga animal
- Y₁₁ - Contenido de proteína cruda
- Y₁₂ - Digestibilidad *in vitro*
- Y₁₃ - Eficiencia de utilización total
- Y₁₄ - Peso seco de raíces del kudzú
- Y₁₅ - Peso seco de los nódulos del kudzú
- Y₁₆ - Resistencia a la penetración del suelo