

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CRECIMIENTO DE DOS LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN FUNCION
DE LAS HOJAS DISPONIBLES Y DE LA PRESION DE PASTOREO

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 Scientiae

por

Ernesto Ducca Durán

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Animal
Turrialba, Costa Rica
1986

A mi padre (r.i.p.)

A mi madre

A mis hermanos y
sus hijos

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rolain Borel, Consejero Principal, por su constante preocupación y valiosa guía en la realización de este trabajo.

A los Drs. Frank Romero, Carlos Cháves y Romeo Martínez, miembros del comité, por sus valiosos y oportunos consejos.

Al Gobierno de Holanda por la financiación, parcial, de mis estudios.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería por su apoyo brindado.

Al Sr. Franklin López por su invaluable concurso en las etapas experimental y de laboratorio.

Al Sr. Gustavo López por sus sugerencias y ayuda en el procesamiento y análisis de datos.

Al Lic. Juan Santiago Quirós, por la revisión filológica de este trabajo.

A la Srta. Carmen E. Ducca, por el trabajo de mecanografía.

BIOGRAFIA

El autor nació en San José, Costa Rica, cursando sus estudios primarios en la Escuela Claudio González Rucavado y los secundarios, en el Liceo de Costa Rica.

Graduándose de Agrónomo en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras en 1966, y de B.S. en Producción Animal en, Oregon State University en 1969. Trabajó como Profesor Asistente en el Departamento de Producción de la Escuela Agrícola Panamericana de 1969 a 1972.

En 1973 ingresó al Ministerio de Agricultura y Ganadería como Zootecnista Regional en la Zona Norte, y en 1982 al Departamento de Producción Animal del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CAITIE) y, la Universidad de Costa Rica (UCR) obteniendo el grado de Magister Scientiae en diciembre de 1986.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de

Magister Scientiae



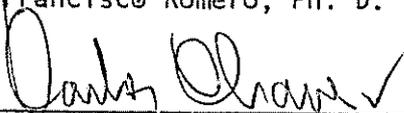
Rolain Borel, Ph. D.

Profesor Consejero



Francisco Romero, Ph. D.

Miembro del Comité



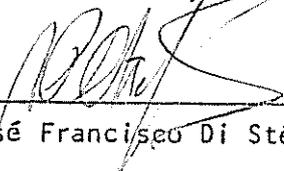
Carlos Chávez, Ph. D.

Miembro del Comité



Romeo Martínez, Ph. D.

Miembro del Comité



José Francisco Di Stéfano G., Ph.D.

Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales (UCR/CATIE)



Luis Estrada Navas, Ph. D.

Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.



Ernesto Ducca D.

Candidato.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Resumen.....	ix
Summary.....	xi
Lista de cuadros.....	xiii
Lista de figuras.....	xv
Lista de abreviaturas	xviii
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Adaptación.....	4
2.2 Persistencia.....	5
2.3 Fijación de nitrógeno.....	6
2.4 Producción.....	8
2.4.1 Biomasa total.....	8
2.4.2 Biomasa foliar.....	10
2.5 Consumo.....	11
2.6 Metodología.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	14
3.1 Generalidades.....	14
3.1.1 Localización.....	14
3.1.2 Clima.....	16
3.1.3 Uso anterior del suelo.....	16
3.2 Tratamiento y diseño.....	16
3.3 Establecimiento.....	17
3.4 Manejo del experimento.....	18
3.4.1 Manejo de las parcelas.....	18
3.4.2 Manejo de los animales.....	18
3.4.3 Control del pastoreo.....	20
3.5 Muestreo.....	21
3.5.1 Muestreo de las biomasa foliar.....	21
3.5.2 Muestreo de la biomasa total.....	23
3.6 Mediciones.....	23
3.6.1 Antes del primero, segundo y último pastoreos.....	23

	<u>Página</u>
3.6.2 Antes del primero, segundo y último, y después del segundo pastoreos.....	24
3.6.3 Antes del primero y segundo pastoreo.....	24
3.6.4 En todos los pastoreos	24
4. RESULTADOS	26
4.1 Comprobación metodológica	26
4.1.1 Relación entre el peso seco y el área de una hoja	26
4.1.2 Relación entre el peso seco de hojas y el peso estimado de las mismas.....	28
4.2 Producción	31
4.2.1 Crecimiento diario de hojas	31
4.2.2 Tiempo de rebrote	35
4.2.3 Producción total de hojas	40
4.2.4 Biomasa	44
4.2.4.1 Efecto del nivel disponible de hojas hojas en los componentes de la biomasa	46
4.2.4.2 Efecto del nivel disponible de hojas en la proporción de los componentes de la biomasa.....	48
4.2.4.3 Efecto del nivel residual de hojas en los componentes de la biomasa	
4.2.4.4 Efecto del nivel residual de hojas en la proporción de la biomasa	52
4.3 Último período de crecimiento	54
4.3.1 Contenido de N de la biomasa	54
4.3.2 Contenido de MO del suelo	55
4.3.3 Contenido de N del suelo	60
4.4 Utilización	60
4.4.1 Consumo de hojas	60
4.4.2 Carga animal	65
5. DISCUSION GENERAL	71
6. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	75
6.1 Conclusiones	75

	<u>Página</u>
6.2 Recomendaciones	75
7. Bibliografía	77
8. Apéndice	85

CRECIMIENTO DE DOS LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN FUNCION DE LAS HOJAS DISPONIBLES Y DE LA PRESION DE PASTOREO.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, bajo condiciones de bosque muy húmedo premontano tropical. El propósito del estudio fue medir el efecto de tres niveles de masa de hojas disponibles (800, 1200 y 1600 kg/ha) y tres niveles de masa de hojas residuales (200, 400 y 600 kg/ha) en el crecimiento diario de hojas, el tiempo de recuperación, la producción total de hojas, la proporción de los componentes de la biomasa, el aporte de MO y la utilización de N por el cultivo; así como el consumo y la carga animal de dos leguminosas tropicales. El diseño utilizado fue irrestrictamente al azar, en un arreglo factorial completo con dos repeticiones de campo de Pueraria phaseoloides (Roxb) Benth y duplicación del tratamiento central con Lablab purpureus Sweet, en dos repeticiones de campo.

Debido a problemas de sobrepastoreo durante el pastoreo de uniformización, cuando se calibraba el método de doble muestreo modificado, dos parcelas del nivel residual 200 y dos parcelas del nivel residual 400 fueron defoliadas hasta 50 kg MS hojas/ha. Esta defoliación tan intensa tuvo consecuencias duraderas sobre el comportamiento de esas parcelas a lo largo de todo el experimento.

El crecimiento diario de hojas varió, aunque no significativamente, entre 9 y 21 kg/ha. El tiempo de rebrote no lo hizo por efecto del nivel disponible ni del residual, sino en función de la diferencia de hojas, en un promedio de 79 días. La producción total de hojas varió entre 2200 y 5500 kg MS/ha, encontrándose diferencias significativas por efecto del nivel residual que resultaron en bajas producciones, debido a un IAF de 1,4 y a una mayor dificultad del cultivo para cubrir diferencias grandes de MS de hojas entre los niveles residual y disponible.

Hubo un aumento del orden de 60% en la biomasa entre los muestreos

inicial y final del experimento. Se encontró que la masa de tallos disminuyó en los niveles inferiores de residuo y disponibilidad; las malezas aumentaron en los niveles inferiores e intermedios de residuo y disponibilidad, mientras que la masa de material muerto mostró aumentos importantes solamente en el nivel inferior de disponibilidad. Este comportamiento observado en los componentes de la biomasa nos hacen pensar que los niveles inferiores de residuo y disponibilidad pueden afectar la persistencia del cultivo.

Los niveles de disponibilidad o de residuo no tuvieron efecto significativo en la MO del suelo. Sin embargo, ésta aumentó en forma paralela a los aumentos en la masa de material muerto, según el nivel de disponibilidad, y en forma paralela a los aumentos en la masa de malezas, según el nivel de residuo. El contenido de N del suelo tendió a ser mayor en los niveles superiores de disponibilidad y rechazo.

No se encontró diferencias significativas en el consumo de hojas que, sin embargo, fue mayor en el nivel inferior de disponibilidad. El valor promedio encontrado, 2,7 kg MS hojas/100 kg PV, es alto y podría ser una consecuencia de no haberse hecho mediciones directas del mismo.

El cultivo soportó una carga animal promedio de 555 kg PV/ha (1,4 UA/ha), la que guardó relación con la producción total de hojas.

Palabras claves: Biomasa, Disponibilidad, Residuo, Consumo, Persistencia.

GROWTH OF TWO TROPICAL FODDER LEGUMES ACCORDING TO LEAF AVAILABILITY AND STOCKING PRESSURE.

SUMMARY

An experiment was undertaken at the Tropical Research and training Center (CATIE), Turrialba, Costa Rica under conditions of a tropical pre-mountain forest. The objective was to determine the effect of three levels of available leaf dry matter (800, 1200 y 1600 kg/ha), and three levels of dry matter production, proportion of biomass components, organic matter contribution and nitrogen utilization of the plant, as well as intake and stocking rate of two tropical leguminous crops. The experimental design was a completely randomized, in complete factorial arrangement with two field replicates for Pueraria phaseoloides (Roxb) Benth duplication of the central treatment with Lablab purpureus Sweet, in two field replicates.

Due to excessive grazing during the uniformity period, when the comparative weight method was being calibrated, two 200 kg leaf dry matter parcels and two 400 kg leaf dry matter parcels were defoliated down to 50 kg leaf dry matter/ha. This intensive defoliation caused long lasting consequences on the behaviour of these parcels during the whole experiment. Leaf dry matter daily growth varied between 9 and 21 kg/ha. Regrowth time did not change by effect of available or residual level, but as a function of leaf dry matter difference between available and residual levels, and was, on average, 79 days; total leaf dry matter production varied between 2200 and 5000 kg of leaf dry matter per hectarea, and there were significant differences because of residual levels, which resulted in low productions, due to L.A.I. of 1,4 and to the difficulty of the crop for

covering big differences of leaf dry matter between residual and available levels.

There was an overall increase in biomass of 60% throughout the experiment. Stem mass diminished at lower available and residual levels; weeds increased at low and intermediate available and residual levels, while dead matter had important increases only in the lowest level of availability, this behaviour of the biomass components shows that the lowest available and residual levels probably affect the legume persistence.

Neither available nor residual levels had effect on the organic matter content of the soil. However, the soil's organic matter increased the same way dead matter increased according to available levels, and the same way weeds increased, according to residual levels. Soil nitrogen content was higher on the superior available and residual levels.

There were not significant differences on leaf intake, but it was higher at the lowest available level. Mean leaf intake was 2,7 kg/100 kg LW, a high value which could be a consequence of having measured agronomic disappearance of leaf and not intake, as such.

The experiment allowed a carrying capacity of 555 kg LW/ha, and it was closely related to total leaf production.

Keywords: Availability, Residual, Biomass, Intake, Persistency

LISTA DE CUADROS

En el texto

<u>Cuadro N^o.</u>	<u>Página</u>
1 Germinación y dosis de siembra de <u>P. phaseoloides</u> y <u>L. purpureus</u>	17
2 Cronograma de evaluaciones	19
3 Caracterización de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> , según tamaño	22
4 Promedio, desviación estandard, coeficiente de va- riación e intérvalo de confianza de los niveles me- didos de materia seca de hojas	30
5 Efecto del nivel disponible y residual de hojas en el crecimiento diario de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg MS/ha	32
6 Efecto del nivel disponible y residual de MS de ho- jas en el tiempo de rebrote de <u>Pueraria phaseoloi-</u> <u>des</u> , días	37
7 Efecto del nivel residual y disponible de MS de ho- jas en la producción total de hojas de <u>Pueraria</u> <u>phaseoloides</u> durante el período experimental, kg/ha	43
8 Efecto del nivel residual o disponible de MS de ho- jas en la biomasa de <u>Pueraria phaseoloides</u> al ini- cio del experimento	45
9 Efecto del nivel disponible y residual de MS de ho- jas en el contenido de N de la biomasa en un culti- vo de <u>Pueraria phaseoloides</u> antes del pastoreo final	55

En el apéndice

Cuadro N°.

Página

1A	Análisis del suelo en el área experimental	86
2A	Lista de tratamientos y asignación a las parcelas	88
3A	Desaparición de la biomasa foliar en las primeras parcelas en completar el pastoreo de uniformización, g MS/kg PV/hora	89
4A	Consumo de biomasa durante el pastoreo inicial	89
5A	Efecto del nivel disponible de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u>	90
6A	Efecto del nivel disponible de hojas en la proporción de los componentes de la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u>	91
7A	Efecto del nivel residual de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u>	92
8A	Efecto del nivel residual de MS de hojas en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u>	93
9A	Análisis de varianza de las variables estudiadas	94
10A	Datos de campo	95

LISTA DE FIGURAS

En el texto

<u>Figura N°.</u>		<u>Página</u>
1	Diagrama climático de Turrialba, Costa Rica durante el período experimental. Adaptado de Walter y Lieth (84)	15
2	Relación materia seca de hojas (x) - área foliar (y) en <u>Pueraria phaseoloides</u>	27
3	Relación entre el peso de hojas y el peso estimado de las mismas, kg MS/ha	29
4	Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el crecimiento diario de <u>Pueraria phaseoloides</u> : kg/ha	33
5	Efecto del nivel residual de MS de hojas en el crecimiento diario de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg/ha	34
6	Relación entre la diferencia entre el nivel residual y disponible de MS de hojas (kh/ha) y el tiempo de rebrote (días)	36
7	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en el tiempo de rebrote de <u>Pueraria phaseoloides</u> : días	38
8	Efecto del nivel residual de MS de hojas (kg/ha) en el tiempo de rebrote de <u>Pueraria phaseoloides</u> , días	39
9	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en la producción total de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg/ha	41

10	Efecto del nivel residual de hojas (kg/ha) en la producción total de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg/ha.	42
11	Efecto del nivel disponible de hojas (kg/ha) en los componentes de la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg MS/ha.	47
12	Efecto del nivel disponible de hojas (kg MS/ha) en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , %.	49
13	Efecto del nivel residual de hojas (kg/ha) en los componentes de la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg MS/ha.	51
14	Efecto del nivel residual de hojas (kg/ha) en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , %.	53
15	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en el contenido de materia orgánica del <u>sue</u> lo, %.	57
16	Efecto del nivel residual de MS de hojas (kg/ha) en el contenido de materia orgánica del <u>sue</u> lo, %.	58
17	Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas (kg/ha) en el contenido de materia orgáni <u>ca</u> del suelo, %.	59
18	Efecto del nivel residual de MS de hojas (kg/ha) en el contenido de N del suelo, %.	61

Figura N°.Página

19	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en el contenido de N del suelo, %.	62
20	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en el consumo de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> , kg MS hojas/100 kg peso vivo/día.	63
21	Efecto del nivel residual de MS de hojas (kg/ha) en el consumo de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> kg MS hojas/100 kg peso vivo/día.	64
22	Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas (kg/ha) en el consumo de hojas de <u>Pueraria phaseoloides</u> kg MS hojas/100 kg peso vivo/día.	66
23	Efecto del nivel disponible de MS de hojas (kg/ha) en la carga animal en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , UA 100 kg/ha.	67
24	Efecto del nivel residual de MS de hojas (kg/ha) en la carga animal en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , UA 100 kg/ha.	68
25	Efecto del nivel residual y disponible de MS de hojas en la carga animal en un cultivo de <u>Pueraria phaseoloides</u> , UA 100 kg/ha.	70

Apéndice

1A	Plano de campo	87
----	----------------	----

ABREVIATURAS

C _{fr.}	Cífrese
cm	centímetro
Fig.	figura
g	gramo
ha	hectárea
IAF	Índice de Area Foliar
kg	kilogramo
m	metro
mm	milímetro
MO	materia orgánica
MS	materia seca
PV	peso vivo
UA	unidad animal

1. INTRODUCCION

El uso de leguminosas asociadas con gramíneas ha sido estudiado por varios investigadores (10); sin embargo, la aplicación práctica ha tenido poco uso. Se ha demostrado la dificultad en el manejo de las mezclas y su poca persistencia. Las diferencias en productividad entre las leguminosas y gramíneas asociadas, así como la variabilidad de la selección de los bovinos en diferentes épocas del año, aumentan la sensibilidad de las mezclas a la presión de pastoreo y al período de descanso (22).

Las leguminosas en monocultivo pueden ser una alternativa, ya que se reduce la selectividad por las especies y la competencia entre ellas. Además, el acceso restringido a las parcelas en monocultivo puede permitir regular más adecuadamente su utilización.

Antes de poner a prueba sistemas de pastoreo que incluyan parcelas de leguminosas y áreas de pastoreo de gramíneas, es necesario determinar la persistencia de diferentes leguminosas en monocultivo, su producción de masa comestible bajo diferentes intensidades de pastoreo y su tiempo de recuperación.

Entre las leguminosas tropicales más estudiadas se destacan Pueraria phaseoloides y Lablab purpureus, tanto por su producción como por su utilización (18, 36, 41). Se cita además la capacidad fijadora de N de P. phaseoloides, en asociación con Pennisetum purpureum (10).

La intensidad de pastoreo ha sido descrita usualmente en términos de disponibilidad de tierra o forraje por animal, pero también puede ser expre

sada en términos de hojas residuales (o rechazo) después del pastoreo. Esta expresión tiene la ventaja de ser independiente del tipo de animales que pastorean, de no estar sujeta a variación del consumo individual y, además, de ser similar a la apreciación del productor cuando decide mover sus animales de un aparto a otro. Diferentes períodos de descanso pueden ser tratados en forma similar, variando la cantidad prefijada de hojas disponibles al inicio del pastoreo. Mientras mayor sea la cantidad de hojas disponibles, mayor también el período de descanso. La ventaja de este procedimiento sobre el sistema de intervalos fijos, estriba en permitir que todos los tratamientos (incluso los más intensivos) vuelvan a una condición predeterminada antes de iniciar un nuevo ciclo de pastoreo. También permite adaptar el manejo de las pasturas al efecto de las temporadas en el curso del año.

Las hipótesis planteadas para la presente investigación son: la tasa de crecimiento de hojas es menor en los niveles bajos de hojas residuales y el tiempo de recuperación está negativamente relacionado con la cantidad de hojas residuales. Se espera, asimismo, que la producción de materia seca de las leguminosas disminuya a niveles inferiores y superiores de hojas disponibles y residuales, mientras que la proporción de tallos en el forraje disponible disminuiría a bajos niveles de hojas disponibles.

Por otra parte, se espera que el aporte de MO y la utilización de N por el cultivo sean mayores en los niveles superiores de hojas disponibles y residuales. El nivel superior de hojas disponibles debería asegurar, además, la persistencia del cultivo cuando se utiliza el nivel residual inferior de hojas.

Los objetivos de la investigación fueron determinar el efecto de los niveles de disponibilidad y rechazo de hojas en el crecimiento diario y el tiempo de rebrote de las leguminosas, así como, en la producción total de hojas, la proporción de los componentes de la biomasa, el aporte de MO y la utilización de N por el cultivo. Además se pretendió estimar el efecto de los factores en estudio sobre la persistencia del cultivo.

2. REVISION DE LITERATURA

En la siguiente revisión, se analizan los efectos del manejo y del ambiente sobre la adaptación, productividad, capacidad fijadora de N, utilización y persistencia de algunas leguminosas herbáceas tropicales.

2.1 Adaptación

La adaptación de las leguminosas tropicales puede enfocarse bajo cuatro aspectos principales (41): fisiográficos, edáficos, climáticos y biológicos, incluyendo manejo, que se discutirá bajo persistencia.

Los factores fisiográficos de mayor importancia son el drenaje y la inundación. Macroptilium lathyroides es una de las pocas leguminosas forrajeras tropicales adaptadas a condiciones de inundación por largo tiempo (41), aunque McIvor (54) encontró que varios cultivares de Stylosanthes guianensis se adaptan a condiciones de inundación temporal. El kudzú tropical crece mejor y, por ende, fija más N en un suelo bien drenado que en uno que lo está pobremente; aunque la aplicación de fósforo puede reducir la acción del mal drenaje (50).

La acidez y fertilidad, así como la toxicidad, son los componentes edáficos de mayor relevancia que se deben considerar para la persistencia de las leguminosas tropicales (41). El grado de acidez del suelo, en el rango de 4,0 a 8,0 no parece ser importante para la producción de biomasa de P. phaseoloides y Lablab purpureus, aunque los rendimientos son mayores en pH cercano a 5,0 (50). Estas leguminosas responden al encalado (31) y P. phaseoloides a la fertilización con cobre y zinc en los suelos graníti-

cos de Australia (84).

Se ha encontrado que P. phaseoloides disminuye su producción de biomasa cuando algunos minerales con el Mn (17) se aproximan a niveles tóxicos; un efecto similar encontró Fisher, citado por Humphreys (41), con niveles tóxicos de cloro en M. atropurpureum.

Los factores climáticos más importantes son temperatura y sequía (41). P. phaseoloides pertenecen al grupo de leguminosas tropicales que no son afectadas por las altas temperaturas (83). Por otra parte, Hutton y Williams (44) encontraron diferencias significativas en la tolerancia al frío de 13 genotipos de M. atropurpureum. La producción total de P. phaseoloides (63, 64) y L. purpureus (30) tendió a disminuir durante la época seca, aunque Barrault (6) reportó que L. purpureus fue la única especie capaz de suministrar alimento verde de alto valor nutritivo en una estación seca de siete meses.

Tanto P. phaseoloides como L. purpureus han sido descritas como especies tolerantes a plagas y enfermedades (11, 25, 27, 41, 65), aunque Bourke (11) reportó la susceptibilidad de P. phaseoloides al ataque de Rhizoctonia solani.

2.2 Persistencia

La persistencia de las leguminosas tropicales bajo pastoreo depende de su adaptación a la defoliación (41), medida en términos de palatabilidad y tasa de crecimiento del rebrote. Algunos autores señalan que P. phaseoloides es muy o medianamente palatable (29, 100), siendo por lo tanto

to sobrepastoreada y eliminada primero que otras leguminosas bajo pastoreo continuo (34, 91). Debido a que el ganado consume fácilmente sus flores, hojas y tallos tiernos, se produce una remoción del material fotosintético y de los meristemas terminales (89, 95). Esto disminuye su recuperación y persistencia si no se le da el descanso adecuado (89, 92), o si no se le permite, ocasionalmente, florear y diseminar semillas (41). El mismo efecto se ha notado con otras leguminosas tropicales como M. atropurpureum (47, 95) y Desmodium uncinatum (95).

La persistencia de P. phaseoloïdes se ve afectada por su susceptibilidad a la defoliación (68, 89) y a la compactación del suelo por los animales (41), particularmente en aquéllos con mal drenaje (41, 50).

En mezclas con gramíneas, la compatibilidad entre especies puede afectar la persistencia de las leguminosas bajo pastoreo (41). Muchas leguminosas forrajeras tropicales ven consistentemente reducido su crecimiento cuando están asociadas con Brachiaria decumbens, una gramínea generalmente robusta y agresiva (54).

La persistencia de P. phaseoloïdes bajo pastoreo puede asegurarse permitiendo períodos de descanso adecuados (42, 66, 89, 92) o dejando un remanente fotosintético (66, 68). En general, la persistencia de L. purpureus es baja debido a la deficiente recuperación después del pastoreo (92).

2.3 Fijación de nitrógeno

Se considera a menudo que las leguminosas tropicales son fijadoras ineficientes de N, ya sea por falta de una cepa apropiada de Rhizobium (62,

77, 100), por deficiencia de minerales como molibdeno (62) o fósforo (31) que resulta en un sistema radicular anormalmente grande con pequeños nódulos pequeños (50), o porque son cultivares no seleccionados como las leguminosas de clima templado, las que han sido escogidas por su habilidad para dar altos rendimientos de N con defoliaciones frecuentes (38).

El encalamiento permite un aumento en la fijación de N por P. phaseoloides (17, 31) al favorecer la producción de materia seca y proporcionar una mayor cantidad de calcio disponible, o al aumentar la cantidad y actividad de bacterias fijadoras (31). El encalamiento, al precipitar el MN de la solución del suelo, también reduce la toxicidad de este elemento (17).

La fijación de N medida en términos de mg N fijado/día por g MS de nódulos, parece ser más eficiente en plantas menores de 30 días, pero la cantidad total fijada diariamente aumenta conforme lo hace el peso seco de los nódulos (62) y el del follaje total de la planta (96).

El número de defoliaciones también puede afectar la fijación de N. Es así como la fijación de N por P. phaseoloides aumenta de 411 a 550 kg N/ha/año cuando se pasa de uno a dos cortes por año, pero disminuye a 287 kg N/ha/año cuando se hacen seis en el mismo período (66). El pastoreo provoca una mayor reducción que el corte en el peso de las plantas, en el peso total de los nódulos y en el rendimiento de las leguminosas D. uncinatum y M. atropurpureum, debido al pastoreo selectivo, al efecto del pisoteo y al desgarre de los tallos rateros (96).

Existen diferencias en la fijación de N entre especies de leguminosas

(98). Oke (62) reporta una fijación diaria de 3,8 y 9,3 mg N por planta para Calopogonium mucunoides y P. phaseolooides, respectivamente.

La asociación de gramíneas con leguminosas puede reducir el nivel de N fijado por la disminución en el rendimiento de éstas; así Centrosema pubescens fija 272 kg N/ha/año en monocultivo y 125 kg N/ha/año en asociación con Pennisetum purpureum o Digitaria decumbens (99).

2.4 Producción

2.4.1 Biomasa total

La producción total de materia seca de las leguminosas forrajeras tropicales varía según la especie (59, 64, 80, 97) y las condiciones climáticas y edafológicas del sitio donde se realice su siembra (59). Existe mucha variación en el rendimiento de materia seca entre especies, desde 3500 kg/ha/año para Desmodium canum a 21000 kg/ha/año para Desmodium intortum (99). La producción de P. phaseolooides varía de 4600 kg MS/ha/año en asociación con Melinis minutiflora (88) a 10400 kg/ha/año en monocultivo (63). La producción de materia seca de L. purpureus puede variar de 1800 kg MS/ha en un corte (30) a 5200 a 11700 kg MS/ha, en dos cortes anuales (60).

Los cortes frecuentes disminuyen la cantidad de carbohidratos de reserva en la raíz (66) y en el rastrojo remanente después de la defoliación (8, 87). Las reservas también disminuyen durante el rebrote debido a su uso como sustrato respiratorio para el crecimiento de los puntos de rebrote (14, 68, 87). No solamente los intervalos de corte (56, 64) o de pastoreo (89) afectan la producción total de materia seca de las legumino

sas tropicales, sino también la altura de corte (61, 87). Los cortes altos generan una mayor producción, posiblemente por la mayor capacidad de la planta para almacenar carbohidratos de reserva en la raíz (88) y en los tallos inferiores (87), y/o por un mayor desarrollo radicular (88) que permita a la planta obtener el fósforo necesario para su crecimiento. El grado de defoliación a que se someta la planta afecta también su crecimiento posterior (68, 88); así, Reyes y Santhirasegaram (68) reportan que la no defoliación después de cortar las plantas a 5 y 15 cm favoreció el mayor rendimiento de P. phaseoloides, C. pubescens S. guyanensis en 35,1 por ciento en promedio, en relación con el tratamiento de defoliación completa después de los cortes. La ventaja observada por la presencia de hojas residuales puede deberse a su ayuda en la fotosíntesis (68) o a la permanencia de una mayor cantidad de tejido meristemático terminal (95), contribuyendo ambos a un rebrote más rápido.

El pastoreo intensivo que causa la casi completa defoliación, provoca una alta tasa de crecimiento de hojas (59), mientras que el crecimiento en los cortes altos es menor (87), hasta el momento en que el área foliar existente es suficiente para interceptar prácticamente toda la luz solar, lo que sucede en el L. purpureus a aproximadamente 90 días de rebrote (59) y en S. capitata a los 16 días (87).

Se ha encontrado que la deficiencia de fósforo afecta significativamente la producción total de P. phaseoloides, la que se duplica de 5400 kg/ha/año a 10400 kg/ha/año, con la adición de 250 kg P_2O_5 por ha. Efectos similares han sido publicados por Dias-Filho y Serrao (27), Franca y Carvalho (31) y Dirven y Ehrencron (28). Existen discrepancias en cuanto a la fuente de fósforo que se utilice para corregir la deficiencia de ese

mineral (3, 48). Pinzón (67) encontró respuesta a la aplicación de hasta tres toneladas de cal agrícola/ha con P. phaseoloides y D. ovalifolium, en suelos ácidos de Panamá. La productividad de P. phaseoloides se ha visto afectada experimentalmente, además, por deficiencia de magnesio, sodio, potasio y nitrógeno (27).

2.4.2 Biomasa foliar

La producción de hojas en la biomasa de las leguminosas herbáceas tropicales varía según la época de crecimiento. El porcentaje de hojas de P. phaseoloides fue de 36 por ciento en la época húmeda y de 19 por ciento en la época seca, mientras que las proporciones de hojas de S. capitata fueron de 27 y 9 por ciento, respectivamente (18). Por otra parte, Ruiz et al no encontraron diferencias entre épocas con Glycine wightii (71).

La proporción de hojas también puede variar según la especie y el manejo que se emplee; así, mientras las hojas constituyen el 80 por ciento de la biomasa de L. purpureus o Stizolobium deeringianum (59), no representan más del 36 por ciento de la biomasa de P. phaseoloides o del 27 por ciento en S. capitata (18). Samur (74) reporta que el porcentaje de hojas en el componente leguminosa de una asociación con maíz (Zea mays L.) fue de 45 por ciento en P. phaseoloides y 36 por ciento en L. purpureus.

La temperatura también puede afectar el porcentaje de hojas y, conforme disminuya la temperatura, aumenta la proporción de hojas (52), pasando de 64 a 82 por ciento en M. atropurpureum y de 72 a 84 por ciento en D. intortum, cuando se pasa de un régimen 26/15°C (temperatura diurna/nocturna) a uno 20/6°C.

2.5 Consumo

El kudzú (P. phaseoloides) ha sido utilizado, tanto para la producción de leche como de carne (7, 92). Es palatable para el ganado y consumido, tanto en cultivo puro (92, 100) como en mezcla con gramíneas (7, 69, 89). Las partes más apetecidas de esta leguminosa son las hojas, tallos tiernos y flores (92). Existe rechazo al consumo de las partes más lignificadas (92); posiblemente por el esfuerzo que demanda cosechar tallos maduros (36, 49), por el mayor tiempo de retención de la materia seca de estos tallos en el retículo-rumen (37, 49) o porque la presencia de residuos no digeridos en el tracto digestivo puede ser suficiente para limitar físicamente el consumo.

La palatabilidad, que afecta el consumo, puede disminuirse por el exceso de precipitación pluvial (75), la concentración de taninos -aunque baja en el kudzú (100)- y el porcentaje de Na en la materia seca (94). La digestibilidad de las diferentes fracciones de la planta también puede afectar el nivel de consumo (94).

Avendaño (4) encontró que el consumo en pastoreo está determinado por características de estructura de la pradera, antes que por la disponibilidad en sí (36). Chacón y Stobbs (24) reportan que la hoja es el componente más importante de la pradera y que el rendimiento de hojas, porcentaje de hojas y densidad del volumen (hojas y tallos), son los principales factores de la pradera que afectan el consumo de los animales en pastoreo.

El período de descanso también puede afectar el consumo: los períodos de descanso largos causan un menor consumo, ya que disminuyen la propor-

ción y densidad de hojas, su valor nutritivo (51, 53, 82) y su digestibilidad (94).

2.6 Metodología

El objetivo principal del manejo de praderas es asegurar la productividad animal a largo plazo, manteniendo la estabilidad de la misma (13, 85); sin embargo, la investigación se ha preocupado, frecuentemente, sólo por la producción a corto plazo (27, 38, 59, 63).

Entre los factores que inciden en la productividad como en la estabilidad de la pastura, están la interacción entre la intensidad de defoliación del pasto por los animales que afecta el área foliar remanente después del pastoreo (8, 55) y el período de descanso de la pradera entre pastoreos (16).

Para estudiar el efecto de la defoliación sobre las pasturas, se han utilizado cargas fijas (29, 69, 94), alturas de corte (8, 47, 68, 88) o presiones de pastoreo a nivel constante (4, 22, 32, 89); mientras que para permitir el rebrote del cultivo, se han utilizado períodos de descanso fijos (8, 71, 89, 93) o fechas fijas de corte (66). Independientemente del método utilizado para hacer las mediciones, las combinaciones de carga alta y descanso corto (4, 22, 89) y carga baja con descanso largo (42) no son sostenibles por la pérdida de estabilidad (13) o la baja producción (42).

Recientemente se ha introducido el uso de la materia seca residual que queda en el potrero al final del pastoreo, como medida de intensidad

de defoliación (57). De la misma manera, se puede utilizar, como período de descanso, el nivel de materia seca ofrecida al momento de entrar los animales a la pastura, lo que asegura la recuperación del cultivo y determina una oferta relativamente constante en diferentes períodos del año (20).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Generalidades

3.1.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica; que se encuentra a $83^{\circ} 49' 40''$ longitud oeste y $9^{\circ} 55' 21''$ de latitud norte, y a una altitud de 600 m (32).

3.1.2 Clima

El Valle de Turrialba se encuentra en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano tropical (39), con una temperatura promedio anual de $22,5^{\circ}\text{C}$. Durante el período experimental, la temperatura máxima absoluta fue 32°C , en el mes de noviembre, y la mínima absoluta $13,5^{\circ}\text{C}$, en los meses de diciembre de 1983 y febrero de 1984. La precipitación anual promedio es de 2640 mm, siendo diciembre el mes más lluvioso y marzo, más seco. La humedad relativa promedio es de 87 por ciento (4).

Las condiciones climáticas prevalecientes durante el período experimental (junio 1983 a octubre 1984), aparecen en la figura 1. No hubo variaciones mayores en las temperaturas máxima o mínima. Hubo disminución de la radiación y de la precipitación en los meses de noviembre y diciembre; y aumento considerable de la radiación, con disminución notoria de la precipitación en marzo y abril de 1984, produciéndose entonces un déficit hídrico en esos dos meses.

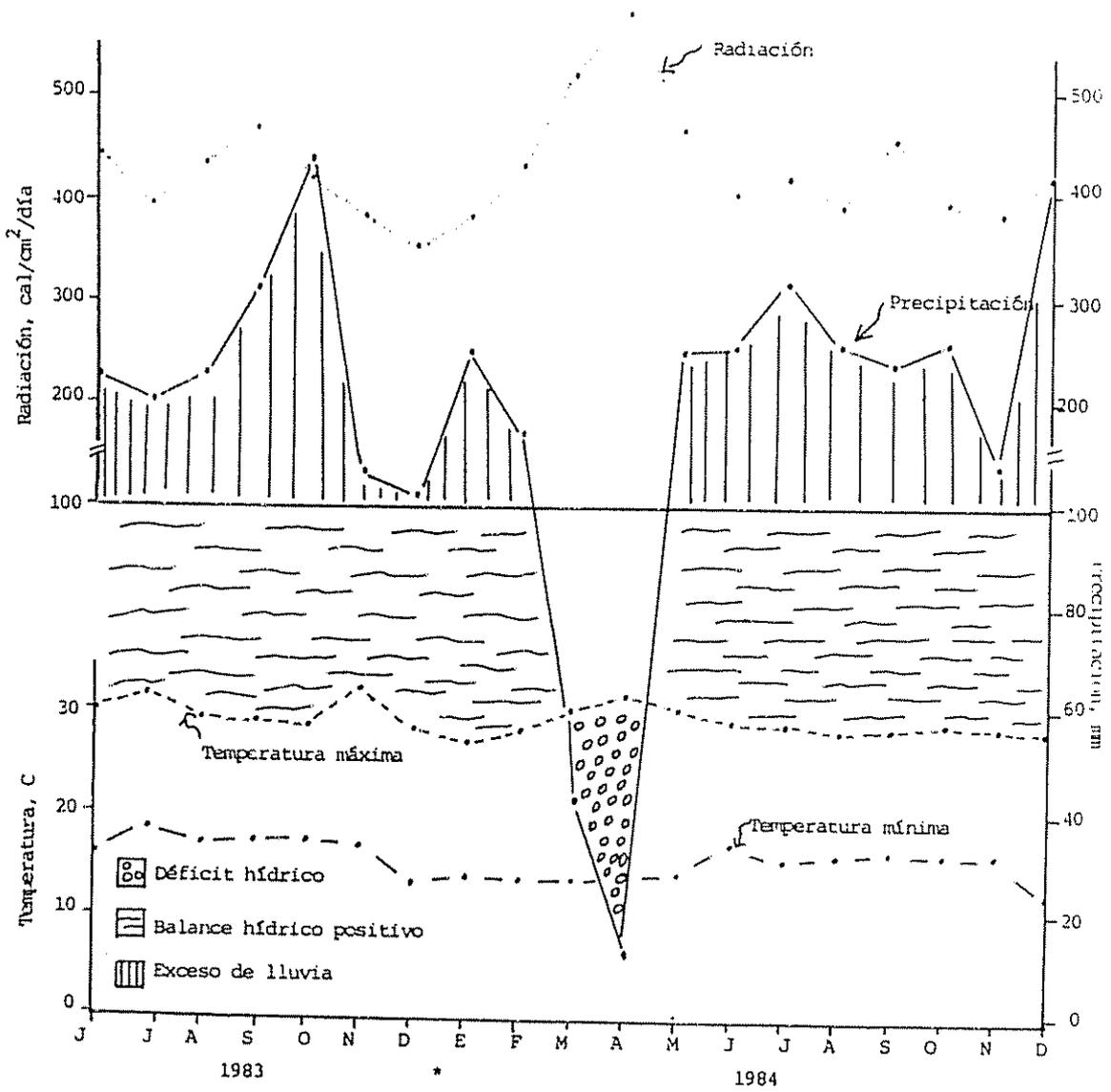


Fig. 1 Diagrama climático de Turrialba, Costa Rica durante el período experimental. Adaptado de Walter y Lieth (90)

3.1.3 Suelo

El suelo del área experimental fue clasificado por Aguirre (1) como Typic Dystropept de la serie Reventazón. Son suelos situados en terrenos de topografía plana con pequeñas ondulaciones o depresiones. Posee un drenaje deficiente que se manifiesta por indicaciones de ocurrencia de una capa freática alta y fluctuante (70 a 90 cm). En la superficie, es común observar un porcentaje variable de cantos rodados y piedras de diferentes diámetros. El pH es de 5,7 hasta los 15 cm y de 6,2 de 16 a 40 cm de profundidad. Este suelo es pobre en fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (cuadro 1A).

3.1.4 Uso anterior del suelo

Los terrenos en los que se llevó a cabo el presente experimento fueron utilizados durante 1983, en un ensayo para determinar el efecto de la asociación de maíz (Zea mays L.) con leguminosas forrajeras (P. phaseoloides (Roxb) Benth, Centrosema plumieri Benth, Centrosema pubescens Benth y Lablab purpureus Sweet) sobre el rendimiento de maíz y la producción de forraje (74). Dicho experimento fue fertilizado con 120, 60 y 20 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

3.2 Tratamiento y diseño

Los factores estudiados fueron masa de hojas disponibles con niveles de 800, 1200 y 1600 kg MS/ha y masa de hojas residuales con niveles de 200, 400 y 600 kg MS/ha. El diseño utilizado fue, irrestrictamente al a-

zar en un arreglo factorial completo (21), con dos repeticiones de campo con Pueraria phaseoloides (Roxb) Benth. Se duplicó el tratamiento central (1200 kg MS/ha de hojas disponibles y 400 kg MS/ha de hojas residuales) con Lablab purpureus Sweet en dos repeticiones de campo. Los tratamientos probados y su asignación a las parcelas se presenta en el Cuadro 2A, y el plano de campo aparece en la Figura 1A.

3.3 Establecimiento

La siembra se llevó a cabo en los días 16 y 17 de junio, y se resembraron las parcelas 1, 5 y 6 el 16 de agosto de 1983. La semilla de P. phaseoloides fue escarificada durante tres minutos, en agua caliente a 100°C y se determinó su porcentaje de germinación. Las dosis de siembra calculadas para asegurar 120.000 plantas viables por ha para P. phaseoloides y 70.000 para L. purpureus aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Germinación y dosis de siembra de P. phaseoloides y L. purpureus

	Germinación (%)	Dosis de siembra (kg/ha)
<u>P. phaseoloides</u>	50	12
<u>L. purpureus</u>	95	32

Se hizo una aplicación de fertilizante 10-30-10 en banda, a razón de 180 kg/ha, y se practicó control manual de las malezas desde la siembra hasta los 90 días para asegurar su establecimiento.

3.4 Manejo del experimento

3.4.1 Manejo de las parcelas

Aproximadamente, 125 días después de la siembra, se pastorearon las parcelas para llevar la masa de las hojas residuales al nivel preestablecido. Una vez que se alcanzaron tales niveles, se retiraron los animales de las parcelas y se dió el descanso necesario a las parcelas para que alcanzaran los niveles de masa de hojas disponibles asignados. Se hicieron mediciones periódicas del crecimiento de hojas durante el primer rebrote. Se determinaron los pesos promedios de las hojas según su categoría: grande, mediana o pequeña. Asimismo, se estimó la tasa de desaparición de las mismas durante el pastoreo. El ciclo de pastoreo duró hasta alcanzar los niveles residuales preestablecidos, y el de descanso hasta lograr los niveles de masa de hojas disponibles asignados. El mismo sistema se repitió ininterrumpidamente durante todo el período experimental, el que se extendió por un año (Cuadro 2).

3.4.2 Manejo de los animales

Para realizar los pastoreos, se utilizaron 12 novillas con diferentes grados de encaste Jersey y Criollo centroamericano, con un peso promedio inicial de 120 kg provenientes del hato lechero de la Estación Experimental de Producción Animal del CATIE.

Los animales fueron desparasitados antes de entrar al experimento y cada tres meses, contra parásitos internos y cada 21 días, contra parásitos externos. Tenían a su disposición permanente agua y una mezcla de harina de hueso y sal en partes iguales.

Cuando las novillas no se utilizaban en el área experimental, pastoreaban en una pradera mixta de Pennisetum purpureum, Panicum maximum, Cynodon nlemfuensis, Paspalum fasciculatum y Paspalum spp.

3.4.3 Control del pastoreo

Durante el pastoreo de uniformización de las parcelas, se encontró que la masa de las hojas desaparecía a una razón aproximada de dos gramos por kilogramo de peso vivo y por hora de permanencia de los animales en la parcela (Cuadro 3A). Se utilizó, entonces, la siguiente fórmula para calcular las horas que debían permanecer los animales en la parcela y llevar la masa de hojas al nivel deseado:

$$TP = \frac{HD \times A}{PV (0,002)}; \quad \text{donde:}$$

TP = tiempo de pastoreo que deben permanecer los animales en la parcela, horas.

HD = materia seca de hojas que deben consumir los animales para bajar al nivel residual de MS de hojas que el tratamiento impone, kg/ha.

A = Area de la parcela, ha.

PV = peso vivo de los animales, kg.

0,002 = desaparición estimada de hojas, kg MS/kg PV/hora.

Se hacía un recorrido por la parcela para estimar visualmente el grado de defoliación y, si se consideraba que se había llegado al nivel deseado, se retiraban los animales y se procedía a la estimación de materia seca de hojas existente, mediante el método de doble muestreo modificado

(C_{fr.} sección 3.5). Cuando el clima estaba seco, se dejaba 24 horas para hacer la medición definitiva de hojas residuales y, cuando estaba lluvioso, se dejaban transcurrir 72 horas para la misma medición, con el propósito de permitir que las hojas dañadas pero aún adheridas a la planta murieran o cayeran. Si el nivel de materia seca de hojas residuales no había llegado a lo establecido, se ajustaba la carga animal y se hacía un nuevo pastoreo, repitiendo posteriormente las estimaciones visual y definitiva, hasta llegar al nivel de materia seca de hojas residuales preestablecido.

3.5 Muestreo

3.5.1 Muestreo de la biomasa foliar

El método utilizado fue una modificación del método de doble muestreo (22), calificando los cuadrantes con base en la cantidad aparente de materia seca de hojas solamente. Los cuadrantes o marcos medían 0,50 por 0,50 m y se utilizaron 10 marcos reales y 60 marcos distribuidos al azar en la parcela para las observaciones visuales. Se utilizó una escala 0-10 (0 para la ausencia de hojas y 10 para la mayor cantidad de hojas presente) para la calificación de los 10 marcos reales y las 60 observaciones visuales. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

- a. Se seleccionaba el sitio dentro de la parcela que tuviera la máxima cantidad aparente de materia seca de hojas; se marcaba con un cuadrante y se calificaba con un 10.
- b. Con base en la cantidad aparente de hojas que había en el cuadrante con calificación 10, se distribuían cinco cuadrantes con calificaciones relativas e intermedias en la escala 0-10 que sirvieran de refe-

rencia para la calificación de las estimaciones visuales.

- c. Se lanzaba un marco 60 veces al azar con toda la parcela, y se les calificaba visualmente con la escala 0-10 (calificaciones visuales).
- d. Se hacía un gráfico de frecuencia de calificaciones visuales para sacar las calificaciones de los 10 marcos reales que sería necesario estimar. Se seleccionaban las calificaciones proporcionalmente a su frecuencia.
- e. Se contaba la cantidad de hojas, según categoría de tamaño: grande, mediana y pequeña, que había en cada uno de los 10 marcos reales y en el de calificación 10. Se cosechaban las hojas del marco con calificación 10, se dividían por categoría de tamaño y se secaban en un horno con aire forzado a 65°C durante 24 horas para obtener pesos promedios. La caracterización de las hojas estudiadas aparece en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Caracterización de hojas de P. phaseoloides, según tamaño

Tamaño	Ancho foliolo central (mm)	Peso seco (g)
Grande	107,2 ± 7,65	1,042 ± 0,165
Mediana	72,3 ± 17,22	0,398 ± 0,077
Pequeña	43,5 ± 9,20	0,119 ± 0,013

Con base en los pesos promedios obtenidos durante el primer rebrote (Cuadro 3), se estimaron las siguientes constantes: 1,00; 0,40 y 0,10 g, como peso promedio de las hojas grandes, medianas y pequeñas, respectivamente, para las evaluaciones que se hicieron a partir del segundo rebrote.

f. La cantidad de masa de hojas existente en cada muestreo se obtenía utilizando la siguiente fórmula (9):

$Y = Y_r + b (X_e - X_r)$, donde:

$$Y_r = \frac{\sum PS_r}{nr}; \quad b = \frac{\sum PS_r}{Cr}; \quad X_e = \frac{\sum Cv}{nv}; \quad X_r = \frac{\sum Cr}{nr}; \quad y:$$

PS_r = peso seco de muestra real

Cr = calificación de muestra real

Cv = calificación de muestra visual

nr = número de muestras reales

nv = número de muestras visuales

Y = peso real estimado

3.5.2 Muestreo de la biomasa total

Una vez contadas y cortadas las hojas de los 10 marcos reales, se cortaba a ras del suelo toda la biomasa existente y se recogía. Se separaba manualmente en las categorías de tallos, malezas y material muerto. Se pesaba, en verde y se metía en un horno con circulación de aire forzado a 65°C durante 48 horas. Se pesaba nuevamente para obtener su peso seco y se tomaba una submuestra de aproximadamente 10 g, que era pasada por un tamiz 1 mm en un molino Willey, y se almacenaba en un cuarto con ambiente controlado para los análisis de nitrógeno posteriores.

3.6 Mediciones

3.6.1 Antes del primero, segundo y último pastoreos

- a. Biomasa (secada a 65°C en horno con ventilación forzada, hasta peso constante) de las fracciones hojas y tallos de

P. phaseoloides, malezas y material muerto, según técnica descrita en 3.5.2

3.6.2 Antes del primero, segundo y último, y después del segundo pastoreos

- a. Nitrógeno de las fracciones hojas y tallos de P. phaseoloides, malezas y material muerto en submuestras recogidas según la técnica descrita en 3.5.2, y según los análisis de N de Müller (58).

3.6.3 Antes del primero y segundo pastoreos

- a. Densidad del cultivo, mediante el conteo de plantas individuales que habían en cada uno de los 10 marcos reales.

3.6.4 En todos los pastoreos

- a. Biomasa de la fracción hojas de P. phaseoloides antes y después de cada pastoreo, según técnica descrita en 3.5.1.
- b. Tiempo de pastoreo, definido como la cantidad de kg-hora de ganado necesarios para reducir la biomasa seca de las parcelas a los niveles que el tratamiento asignaba (C_{fr} . Cuadro 2A).
- c. Número de hojas grandes, medianas y pequeñas que había antes y después de cada pastoreo en los 10 marcos reales de cada parcela.
- d. Tiempo de rebrote, definido como los días que tardó cada parcela para llegar al nivel de materia seca de hojas disponibles asignado, y partiendo del momento en que se hizo la medición de nivel de hojas residuales precedente.

- e. Tasa de crecimiento de hojas. Para esta determinación, se utilizó la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{D_{(i)} - R_{(i-1)}}{I} \quad (2)$$

donde:

TC = tasa de crecimiento de hojas, kg MS/ha/día

$D_{(i)}$ = masa de hojas disponible en el iésimo pastoreo, kg MS/ha

$R_{(i-1)}$ = masa de hojas residual, luego del pastoreo anterior, kg MS/ha

I = intervalo entre muestreos, días

- f. Carga animal. Este parámetro se expresó en términos de 100 kg de peso vivo por hectárea por día y fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$CA = \frac{100 \text{ kg-horas}}{(F_{up} - F_{pp}) \times 24 \times A}$$

donde:

CA = carga animal, 100 kg PV/ha

100 kg-horas = sumatoria de las 100 kg-horas de pastoreo durante todo el período experimental

$(F_{up} - F_{pp})$ = tiempo transcurrido entre la entrada al último pastoreo (F_{up}) y la salida del primer pastoreo (F_{pp}), días

24 = factor de conversión horas a días

A = área de la parcela, ha

4. RESULTADOS

Los resultados se presentan divididos en cuatro secciones: la comprobación metodológica que se realizó durante el primer rebrote; la producción, cuyas mediciones se efectuaron entre el primero y el último pastoreos, donde se incluye el crecimiento diario de hojas, tiempo de rebrote, la biomasa y la proporción de los componentes en la misma. En la tercera sección, se presenta la acumulación de N en la biomasa y en el suelo, así como el efecto de los tratamientos en la MO del suelo. En la última sección, se considera la utilización de la leguminosa: consumo de hojas y carga animal, durante todo el período experimental.

4.1 Comprobación metodológica

4.1.1 Relación entre el peso seco y el área de una hoja

La relación entre el peso seco y el área de una hojas es importante para obtener un estimado del Índice de Area Foliar, que permita relacionar la biomasa de hojas con valores de índices de área foliar de trabajos similares reportados en la literatura. Se encontró una relación estrecha y significativa entre el área de una hoja de *P. phaseoloides* y su peso seco (Fig. 2). El coeficiente de determinación (R^2) es menor al reportado por Tejos (87) para *S. capitata*. La diferencia puede deberse al tamaño de la muestra seleccionada ($n= 95$ vs. $n= 266$) y a diferencias entre especies (90).

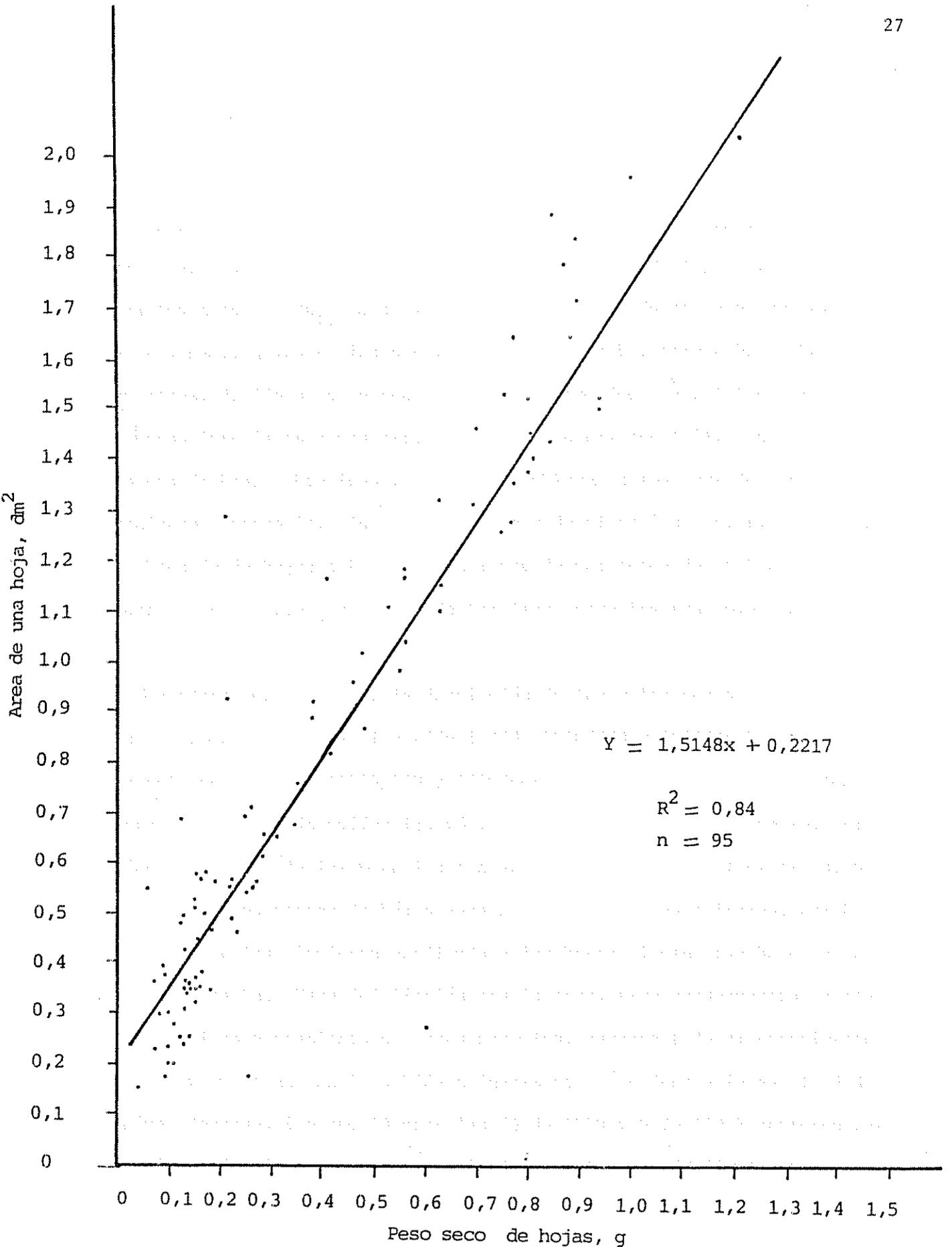


Fig.2 Relación materia seca de hojas (x)-área foliar (y) en P. phaseoloides

4.1.2 Relación entre el peso seco de hojas y el peso estimado de las mismas

Existe una correlación positiva ($r = 0,906$) y significativa ($P < 0,01$) entre el peso estimado de hojas (C_{fr} , sección 3.5.1) y el peso real de hojas en las muestras (C_{fr} , sección 3.5.2) (Fig. 3). Es posible que haya un poco de subestimación en los niveles bajos y de sobreestimación en los niveles altos, debido a la tendencia de los observadores a calificar más bajo los puntos inferiores y más alto los puntos superiores (35). En promedio, los pesos de hojas obtenidos fueron muy similares a los deseados en cada tratamiento (Cuadro 4). Incluso, durante todo el período experimental, el peso obtenido de hojas tuvo un coeficiente de variación de 15,3 por ciento o menos. Sin embargo, hubo algo de traslape entre los tratamientos.

Una parte importante de la desviación de los valores deseados se debe a que dos parcelas del nivel residual 200 (1200/200 y 1600/200) y otras dos del nivel residual 400 (1200/400 y 1600/400), fueron severamente defoliadas durante el pastoreo de uniformización. En efecto, a pesar de que los animales fueron sacados de las parcelas cuando éstas alcanzaron el nivel establecido, la caída posterior de hojas verdes dañadas por los animales, causó que estas parcelas siguieran perdiendo hojas hasta niveles tan bajos como 50 kg MS hojas/ha. Esta defoliación tan intensa, tuvo consecuencias duraderas sobre el comportamiento de estas parcelas, durante todo el experimento. Otro factor que contribuyó también a incrementar las desviaciones alrededor del nivel deseado, fue que 10 parcelas (5 de 1200 y 5 de 1600) tuvieron por limitaciones de tiempo, que ser utilizadas en el pastoreo final antes de que se alcanzara los niveles deseados de disponibilidad.

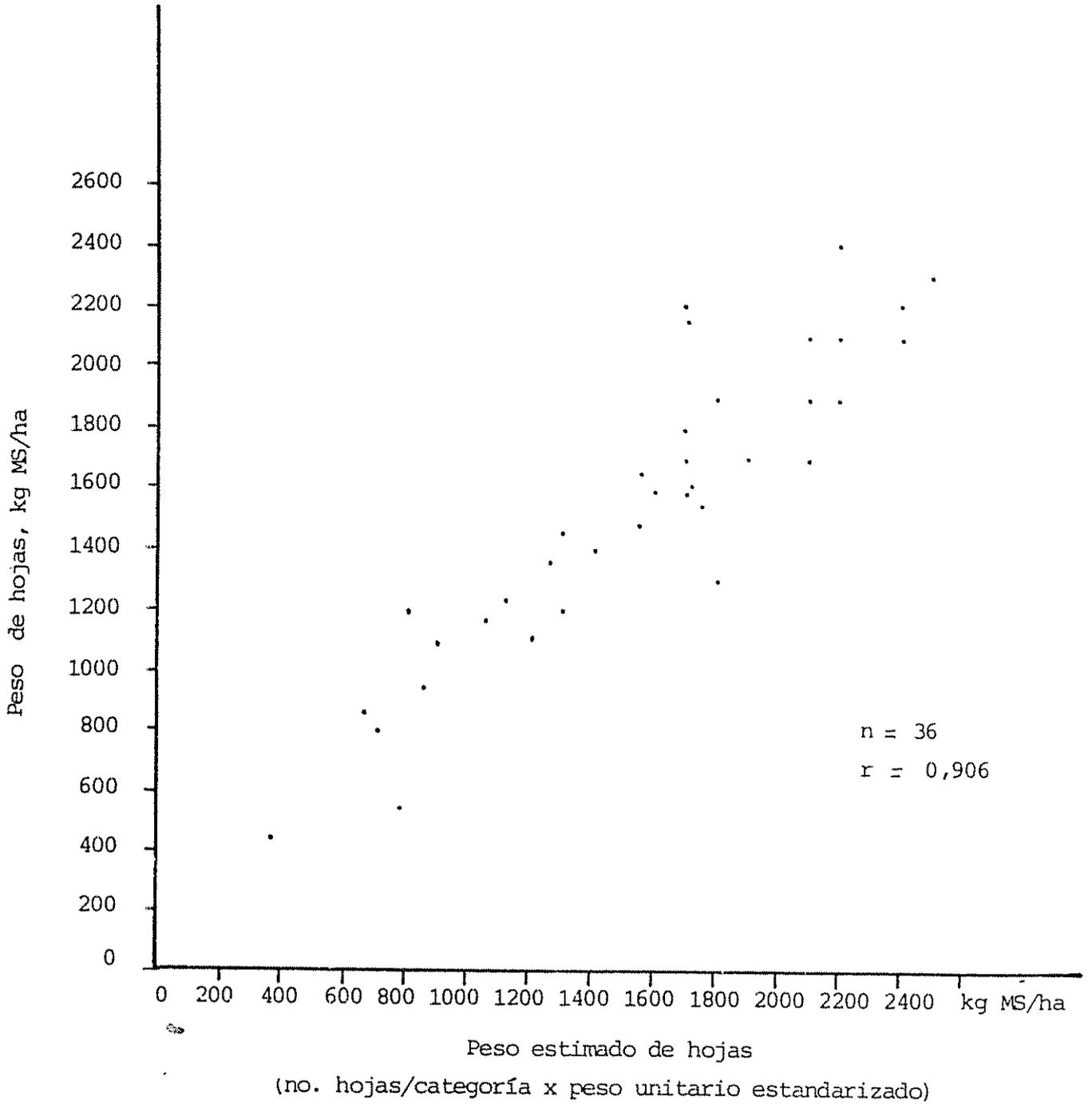


Fig.3 Relación entre el peso de hojas y el peso estimado de las mismas

Cuadro 4 Promedio, desviación estandar, coeficiente de variación e intervalo de confianza de los niveles medidos de materia seca de hojas.

Nivel preestablecido de MS de hojas kg/ha	número observaciones	Nivel promedio de MS de hojas medido kg MS/ha	Desviación estándar kg MS/ha	Coeficiente variación %	Intervalo de confianza inferior superior Kg MS/ha
200	21	236,8	36,1	15,3	189 298
400	34	394,3	58,5	14,8	264 493
600	33	555,6	54,4	9,8	462 659
800	30	814,3	68,4	8,4	690 986
1200	23	1225,7	107,6	8,8	1124 1476
1600	19	1614,0	70,9	4,4	1466 1799

Otra consecuencia del sobrepastoreo inicial fue que una de las parcelas del tratamiento con L. purpureus bajó a un nivel de 50 kg hojas/ha, nivel del que no se recuperó. La otra parcela, aunque no alcanzó un nivel tan bajo y tuvo un rebrote adecuado, no se recuperó después del segundo pastoreo, posiblemente por su carácter estacional o anual de crecimiento (36, 59).

4.2 Producción

4.2.1 Crecimiento diario de hojas

El crecimiento diario de hojas varió ($P < 0,58$) entre 9 y 21 kg MS/ha por efecto de los tratamientos (Cuadro 5). Si bien el nivel disponible de hojas en sí no causó diferencias ($P > 0,81$) en el crecimiento, se observa una menor tasa de crecimiento en el nivel 1200 (Fig. 4), que puede ser consecuencia del sobrepastoreo de uniformización (C_{fr} , sección 4.1.2). El nivel residual inferior tendió a mostrar un crecimiento menor que los niveles residuales superiores (Fig. 5). Esto puede ser debido, a que entre más intensa sea la defoliación, menor es la tasa de rebrote y mayor el tiempo requerido para obtener la tasa máxima de crecimiento (12); y a que este nivel corresponde a un Índice de Área Foliar de 0,5 (Fig. 2) que puede ser limitante para la intercepción de la luz solar necesaria para permitir el rebrote después del pastoreo (68) o a que dicho nivel no permite reponer las reservas almacenadas en la raíz (88) y en los tallos inferiores (87) que facilitan un mayor crecimiento de los puntos de rebrote (68, 87). Además, dicho nivel inferior también corresponde a un pastoreo intensivo que podría implicar la remoción de parte de los tallos inferiores (89, 95).

Cuadro 5 Efecto del nivel disponible y residual de hojas en el crecimiento diario de P. phaseoloides, kg MS/ha

Nivel de disponibilidad/residual de hojas, kg MS/ha	Tasa de crecimiento de hojas kg MS/ha/día
1600/600	13,6 a
1600/400	20,6 a
1600/200	10,3 a
x 1600	14,8
1200/600	16,7 a
1200/400	12,8 a
1200/200	9,5 a
x 1200	13,0
800/600	12,6 a
800/400	17,7 a
800/200	11,0 a
x 800	13,8
x 600	14,3
x 400	17,0
x 200	10,3

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan

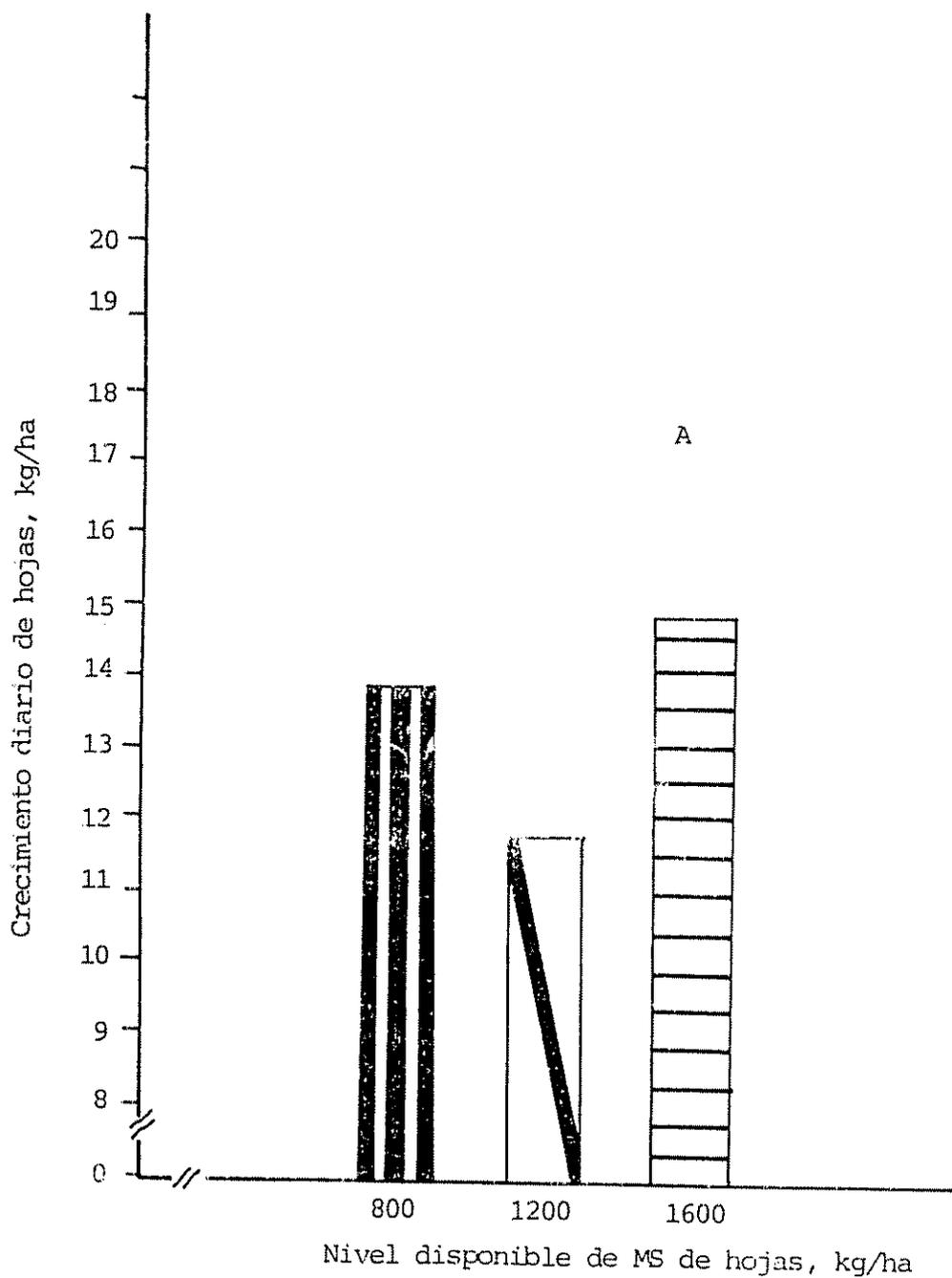


Fig. 4 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el crecimiento diario de P. phaseoloides, kg/ha

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

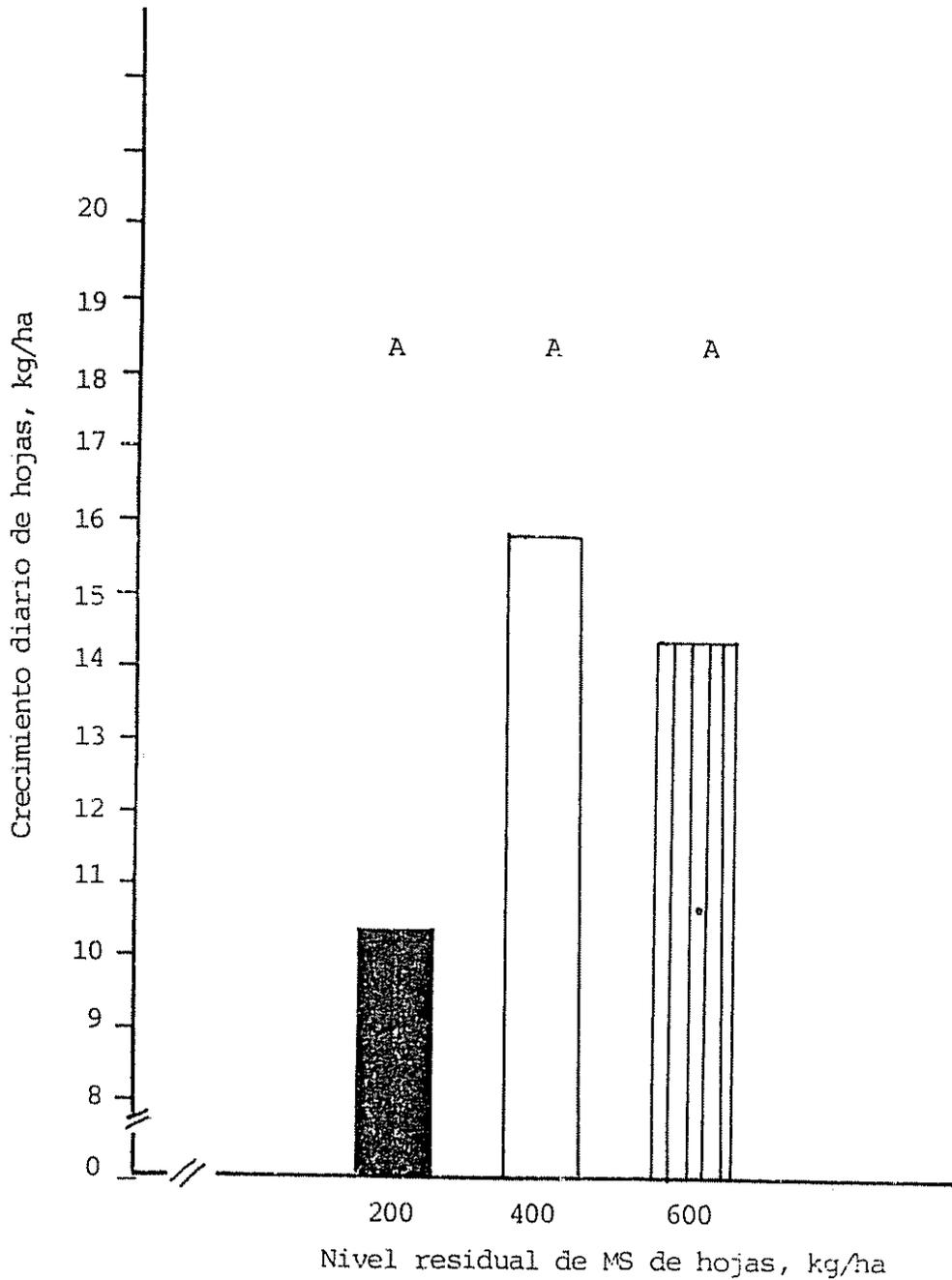


Fig. 5 Efecto del nivel residual de MS de hojas en el crecimiento diario de *P. phaseoloides*, kg/ha

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

4.2.2 Tiempo de rebrote

Ni el nivel disponible ($P < 0,06$) ni el nivel residual ($P < 0,36$) tuvieron efectos en el tiempo de rebrote de P. phaseoloides y las diferencias que se observan en el tiempo de rebrote se explican principalmente por la diferencia promedio entre los niveles residuales y disponibles (Fig. 6). La interacción entre el nivel disponible y el residual tampoco tuvo efecto ($P < 0,66$) en el tiempo de rebrote (Cuadro 6). Se puede observar una tendencia relacionable con la diferencia en MS de hojas entre los niveles residual y disponible; entre mayor sea dicha diferencia mayor es el tiempo de rebrote (12). Esto significa que en un ambiente constante y un número indefinido de ciclos de crecimiento, todas las parcelas alcanzarían la misma producción, sin que importe el tratamiento defoliatario a que fueron sometidas (26) siempre que no se altere la densidad del cultivo. Sin embargo dos tratamientos (1200/400 y 1600/400) se apartaron de dicha tendencia (Cuadro 6). El primero de éstos tuvo un tiempo de rebrote mayor que el esperado debido a los problemas durante el pastoreo de uniformización (C_{fr} , sección 4.1.2), mientras que el tiempo de rebrote del tratamiento 1600/400 fue menor que el que la tendencia sugeriría, debido, posiblemente, a condiciones desuniformes del sitio, no detectadas durante el establecimiento del experimento. El tiempo de rebrote promedio del experimento fue de 79 días. Este valor es igual al intervalo de 80 días entre cortes usado por Pierre y Bertram (66), aunque estos autores trabajaron con fechas fijas de corte, pero es mayor a los intervalos promedios de descanso de 39, 42 y 42 días, utilizados como tratamientos fijos por Tejos, Borel y Coimbra en cultivos de S. capitata, D. intortum y P. phaseoloides en mezcla con Brachia-
ria ruzizensis, respectivamente (8, 22, 87). Esta diferencia sugiere que los intervalos impuestos en trabajos anteriores tal vez eran demasiado "optimistas" y que P. phaseoloides realmente necesita descansos largos para una producción sostenida.

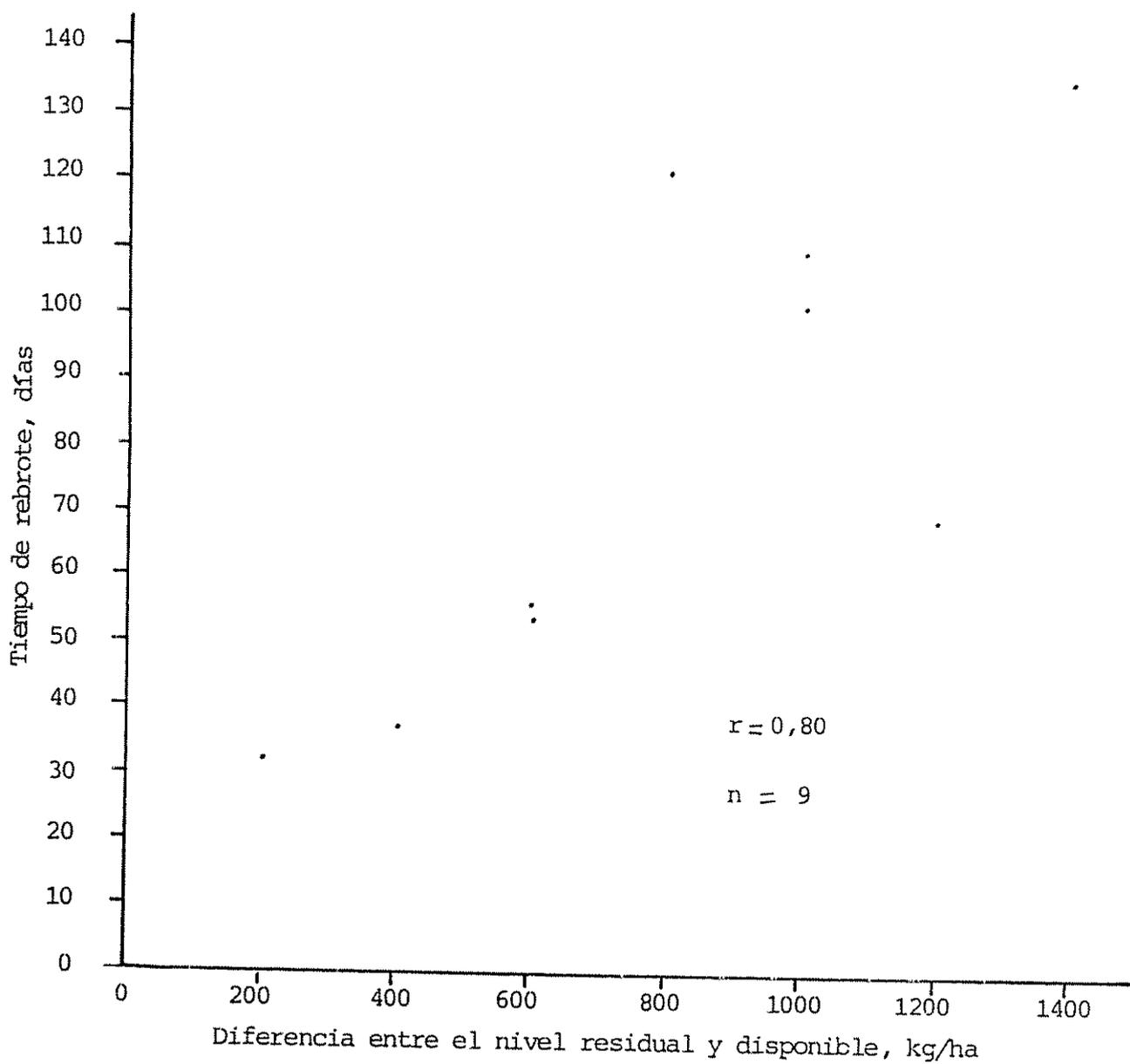


Fig.6 Relación entre la diferencia entre el nivel residual y disponible de MS de hojas (kg/ha) y el tiempo de rebrote (días)

Cuadro 6 Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas en el tiempo de rebrote de P. phaseoloides, días

Nivel de disponibilidad/residual de hojas, kg MS/ha	Tiempo de rebrote, días
1600/200	136 a
1600/400	68 ab
1600/600	119 ab
\bar{x} 1600	108
1200/200	100 ab
1200/400	121 a
1200/600	54 ab
\bar{x} 1200	92
800/200	55 ab
800/400	37 b
800/600	32 b
\bar{x} 800	41
\bar{x} 600	68
\bar{x} 400	75
\bar{x} 200	97

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan

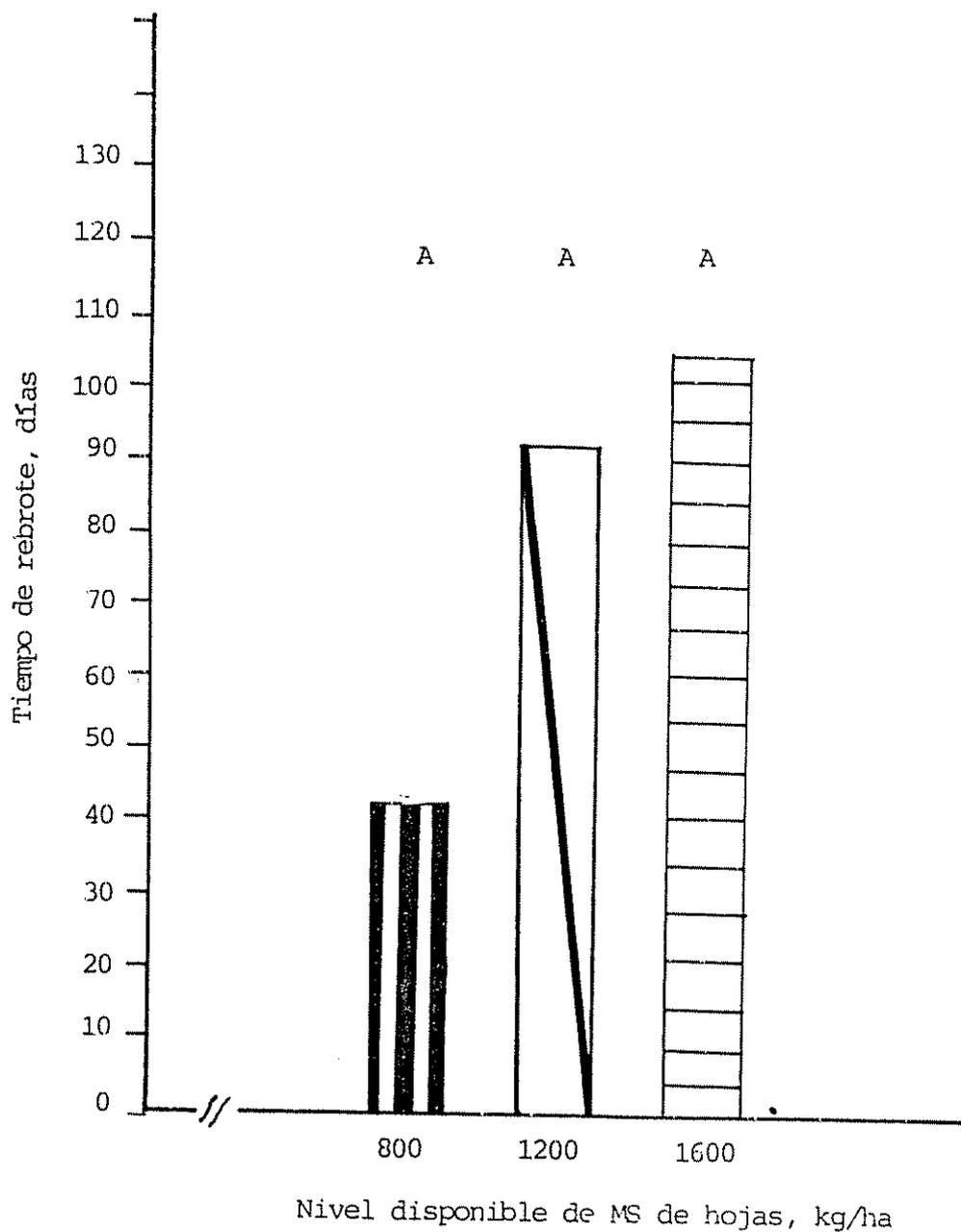


Fig. 7 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el tiempo de rebrote de P. phaseoloides, días

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

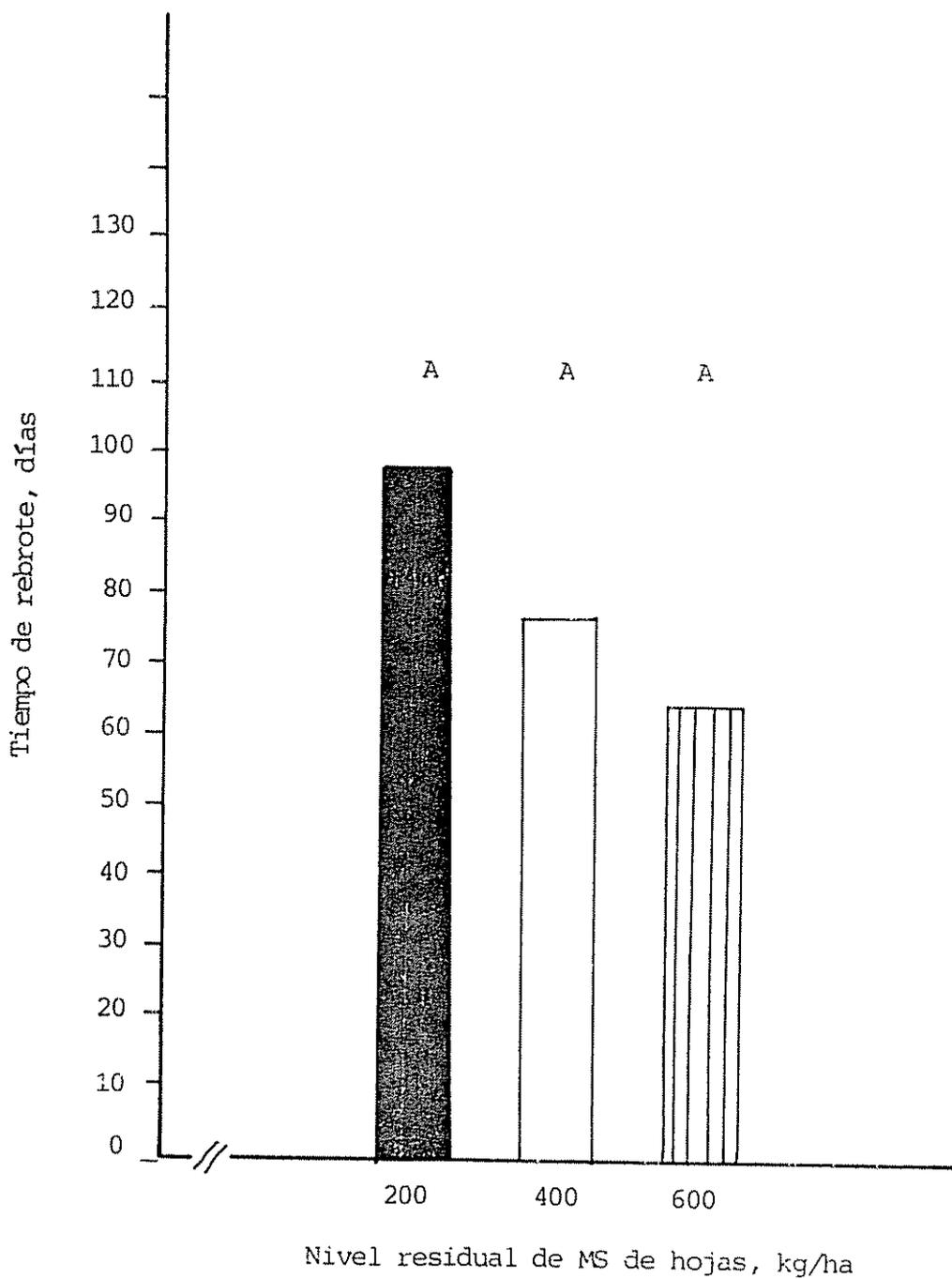


Fig. 8 Efecto del nivel residual de MS de hojas en el tiempo de rebrote de P. phaseoloides, días

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

4.2.3 Producción total de hojas

La producción total de hojas fue menor ($P<0,43$) en el nivel disponible inferior de MS de hojas, debido posiblemente, a que no se estaba permitiendo la adecuada recuperación al cultivo (8, 66). Dicho nivel (800 kg MS hojas/ha) equivalía a un IAF aproximado de 1,4 (Fig. 2), que es inferior al valor cuatro o cinco, señalado como óptimo para leguminosas de clima templado (12, 25, 64), e inferior al reportado por Tejos (87) de 2,0 para S. capitata.

El nivel intermedio mostró una producción inferior (Fig. 9) a la que la tendencia sugiere por las parcelas que fueron sobrepastoreadas en el pastoreo de uniformización (C_{fr} , sección 4.1.2).

La producción total de hojas fue menor ($P<0,55$) en el nivel residual inferior (Fig. 10). La menor producción obtenida en el nivel residual inferior es una consecuencia del menor crecimiento diario (Fig. 5) y el mayor tiempo de rebrote (Fig. 8) observados en ese tratamiento. Además, un nivel residual de 200 kg de MS de hojas podría equipararse con una altura de corte baja que ha sido causante de una menor producción en otras especies (61, 87), mientras que en el nivel de 600 kg de MS de hojas, las hojas remanentes después del pastoreo podrían estar constituyendo una carga respiratoria, debido a sombreado previo (15) o, a que por su distribución espacial, alcanzaron una mayor edad (78, 86).

La interacción entre los niveles residual y disponible de hojas (Cuadro 7) tampoco tuvo efecto ($P<0,27$) en la producción total de hojas,

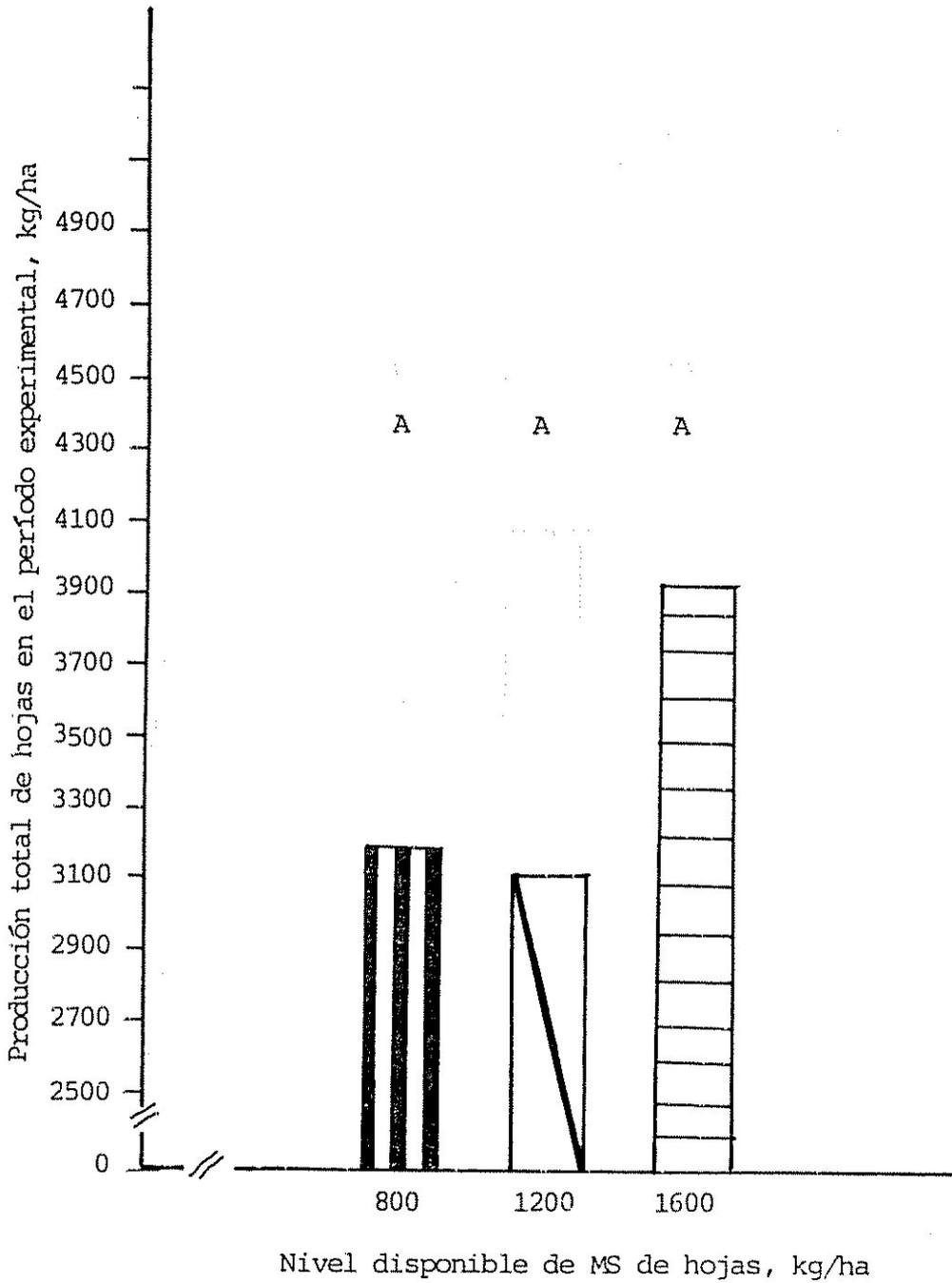


Fig. 9 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en la producción total de hojas de *P. phaseoloides*, kg/ha

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

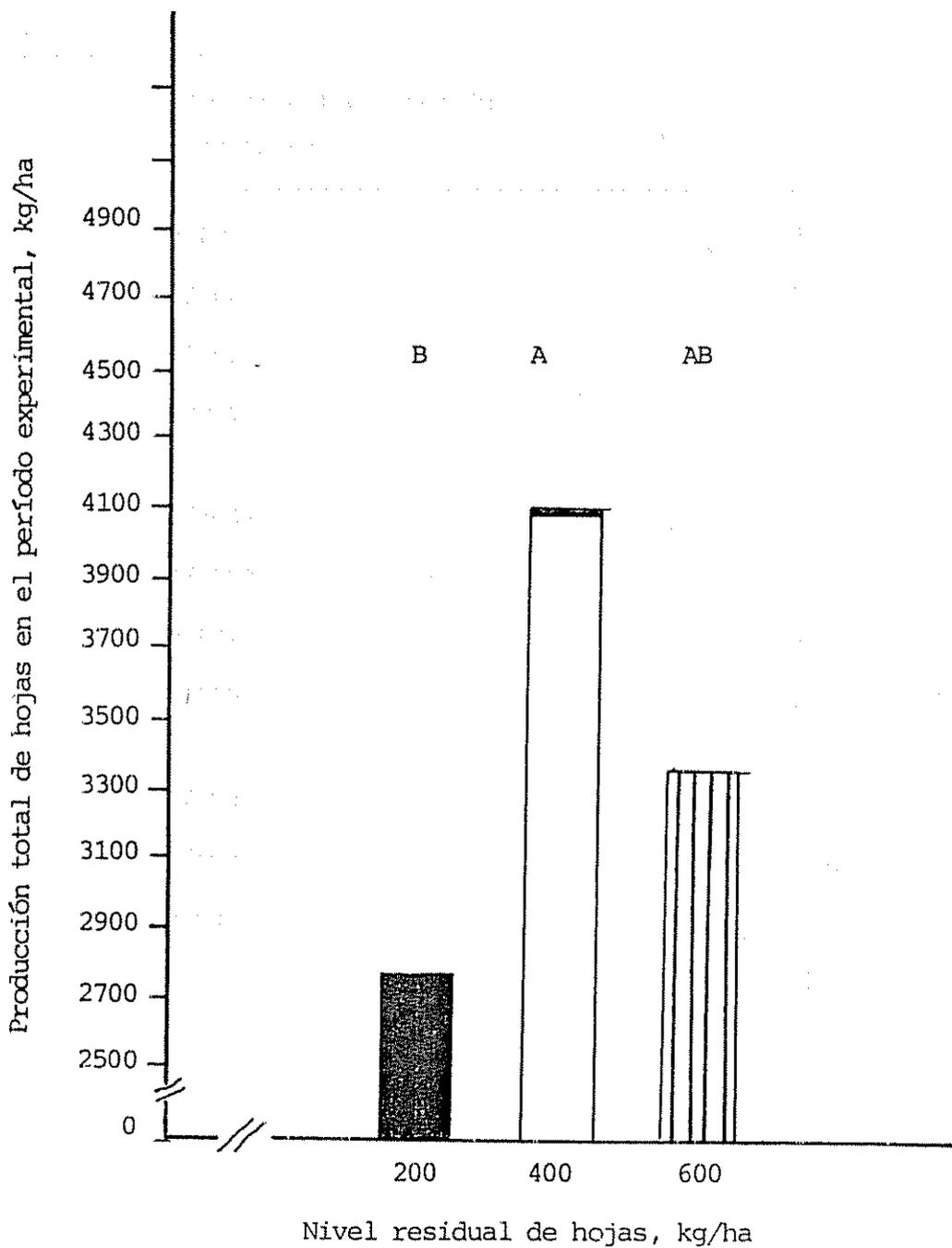


Fig.10 Efecto del nivel residual de hojas en la producción total de hojas de P. phaseoloides, kg/ha

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

Cuadro 7 Efecto del nivel residual y disponible de MS de hojas en la producción total de hojas de P. phaseoloides durante el período experimental, kg/ha.

Nivel de disponibilidad/residual de hojas, kg MS/ha	Producción total de hojas
1600/200*	2716 c
1600/400*	5565 a
1600/600	3458 bc
\bar{x} 1600	3913
1200/200*	2790 c
1200/400*	2558 c
1200/600	3993 b
\bar{x} 1200	3114
800/200	2822 c
800/400	4209 b
800/600	2592 c
\bar{x} 800	3208
\bar{x} 600	3348
\bar{x} 400	4111
\bar{x} 200	2776

* Parcelas sobrepastoreadas durante el pastoreo de uniformización.

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan

aunque dichas diferencias sean el resultado de las bajas producciones de las parcelas sobrepastoreadas y la alta producción de la parcela 1600/400. Si se desecha estas parcelas, marcadas con * en cuadro 7, se ve que dentro de los tratamientos con 800 kg de hojas disponibles resulta superior el tratamiento con 400 MS kg de hojas residuales. Por otra parte, al comparar los tratamientos con 600 kg de hojas residuales aparece como superior en producción de hojas el tratamiento con 1200 kg de MS de hojas disponibles.

4.2.4 Biomasa

En esta sección se analizará el efecto del nivel disponible y residual de hojas en los componentes de la biomasa (Tallos, malezas y material muerto*), tanto en términos absolutos como porcentuales.

Como puede observarse en el Cuadro 8, todos los tratamientos comenzaron en iguales condiciones.

* No se incluyen las hojas, ya que al ser éstas las variables en estudio, se mantenía fijos sus niveles. También se debe al hecho de que el pastoreo final, por limitaciones de tiempo, no se permitió que algunas parcelas alcanzaran los niveles deseados (C_{fr} , sección 4.1.2).

Cuadro 8 Efecto del nivel residual o disponible de MS de hojas en la biomasa de P. phaseoloides al inicio del experimento.

	Residual				Nivel MS de hojas				Disponible			
	200	400	600	kg/ha	200	400	600	800	1200	1600	1200	1600
					%	%	kg/ha	kg/ha	%	%		
Hojas	1978 _a	1983 _a	1794 _a	34 _a	34 _a	31 _a	1939 _a	1754 _a	2062 _a	32 _a	34 _a	32 _a
Tallos	2485 _a	2357 _a	2483 _a	39 _a	39 _a	42 _a	2454 _a	2199 _a	2721 _a	36 _a	41 _a	42 _a
Malezas	147 _a	322 _a	204 _a	2 _b	6 _a	3 _{ab}	288 _a	257 _a	127 _a	4 _a	5 _{ab}	2 _b
M. muerto	1599 _a	1349 _a	1655 _a	25 _a	21 _a	24 _a	1945 _a	1076 _a	1581 _a	28 _a	20 _a	24 _a
Total	6209 _a	6011 _a	6136 _a	100 _a	100 _a	100 _a	6626 _a	5286 _a	6491 _a	100 _a	100 _a	100 _a

Valores con la misma letra en la misma fila, dentro de nivel y dentro de valor absoluto o porcentual, no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan.

4.2.4.1 Efecto del nivel disponible de hojas en los componentes de la biomasa

La masa de tallos en el primer pastoreo fue mayor ($P < 0,02$) en el tratamiento con mayor masa de hojas (Fig. 11). La masa de tallos disminuyó en todos los niveles. Los niveles inferiores de disponibilidad de hojas presentaron una mayor disminución de la masa de tallos con el tiempo, que los niveles superiores, efecto similar al reportado por Stobbs e Imrie en algunos cultivares de *Desmodium* (82), pudiendo deberse a que se estaba pastoreando las parcelas a niveles de MS de hojas, a los cuales el cultivo aún no se había recuperado debidamente.

En el primer pastoreo, la masa de malezas fue mayor en el nivel intermedio ($P < 0,07$). Hubo un aumento, fuerte, en las malezas, en los niveles inferiores de disponibilidad entre el primero y final pastoreos, no así en el nivel superior de disponibilidad. Este aumento puede deberse a que estos tratamientos tuvieron parcelas seriamente dañadas por sobrepastoreo al inicio del experimento ($C_{fr.}$ 4.1.2). Estos tratamientos son comparables con tratamientos de intérvalos de corte muy frecuente que propician la invasión de malezas (71). Además, el IAF fue menor en esos niveles que en 1600 por lo que la cobertura fue menor y la penetración solar mayor.

La biomasa de material muerto fue mayor en el nivel mayor de disponibilidad, y también mucho mayor en el pastoreo final ($P < 0,01$), (Fig. 11). Esto puede explicarse porque la alta disponibilidad de hojas se relaciona con períodos de descanso largos, en los que la aparición de hojas nuevas, se acompaña de muerte de hojas inferiores o viejas (43, 73) y en la acumulación de material muerto.

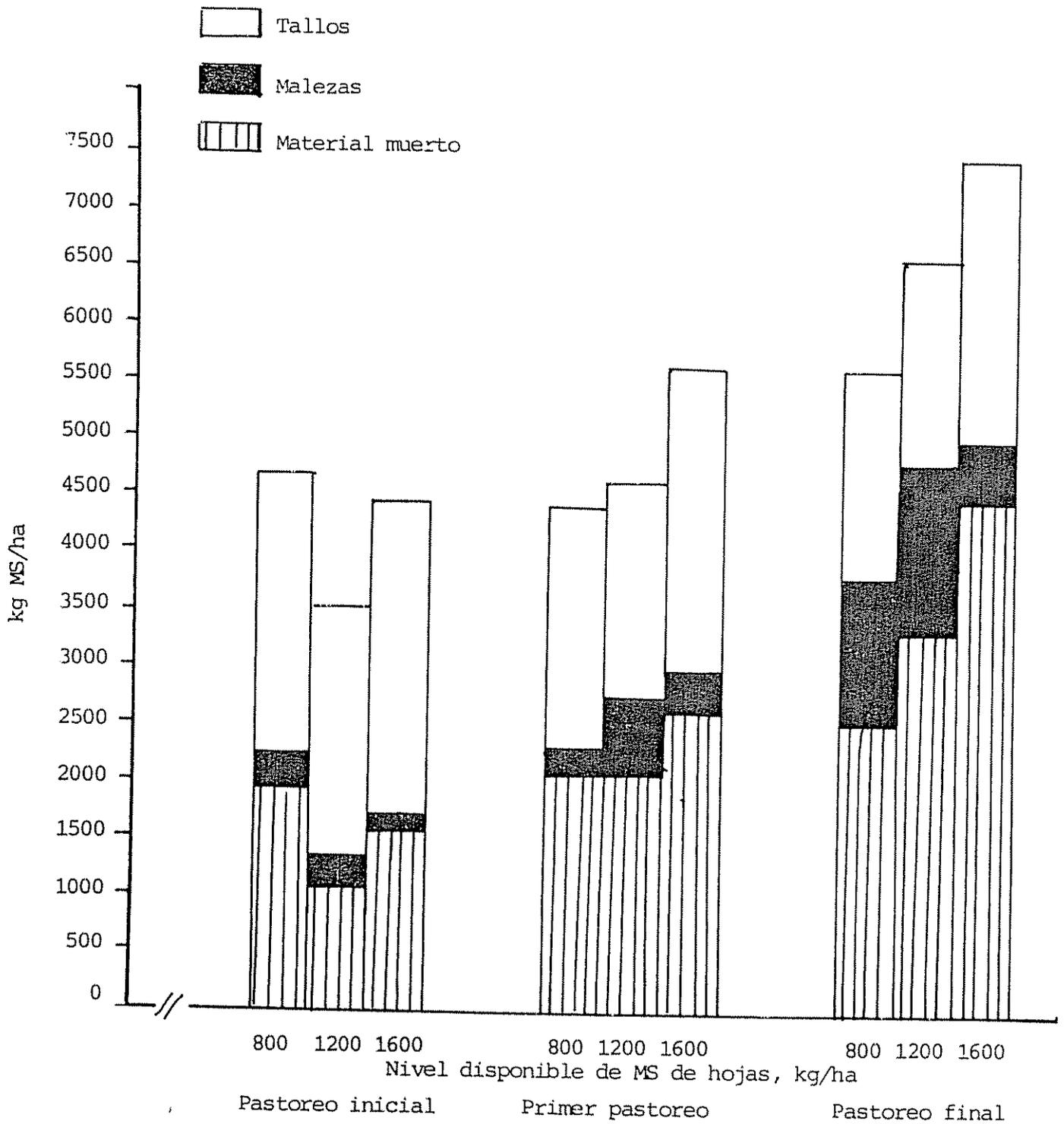


Fig. 11 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de *P. phaseoloides*, kg MS/ha

La biomasa total fue superior en el nivel superior de disponibilidad (P0,12). El aumento promedio en la biomasa del cultivo fue de aproximadamente 60 por ciento, entre los pastoreos inicial y final, siendo menor en el nivel inferior de disponibilidad de hojas. En este nivel aumentó la masa de malezas y de material muerto, mientras que la mayor disponibilidad de hojas se acompañó de un aumento de material muerto, solamente, (Fig. 11).

4.2.4.2 Efecto del nivel disponible de hojas en la proporción de los componentes de la biomasa

La disminución que se observa en la proporción de tallos entre los pastoreos y final fue del orden del 50 por ciento, y se debió al aumento proporcional de las malezas y el material muerto (Fig. 12). La proporción media de tallos en la biomasa, en el pastoreo final, fue de 52 por ciento, ligeramente superior a los valores de 42 y 47 por ciento para las épocas lluviosa y seca, reportados por CIAT (18).

El contenido proporcional de malezas en la biomasa fue superior ($P < 0,09$) en el tratamiento intermedio, en el primer pastoreo, y se observó un marcado aumento proporcional en el tiempo. (Fig. 12).

La proporción de material muerto presente en la biomasa fue muy similar ($P < 0,24$) en los diferentes niveles de disponibilidad de hojas (Fig. 12), y aumentó solo ligeramente entre los pastoreos en los niveles superiores de disponibilidad. El menor aumento relativo que se observa en el nivel inferior (Fig. 12) puede ser una consecuencia de una mayor tasa de descomposición del material muerto a nivel, por efecto de una mayor exposición

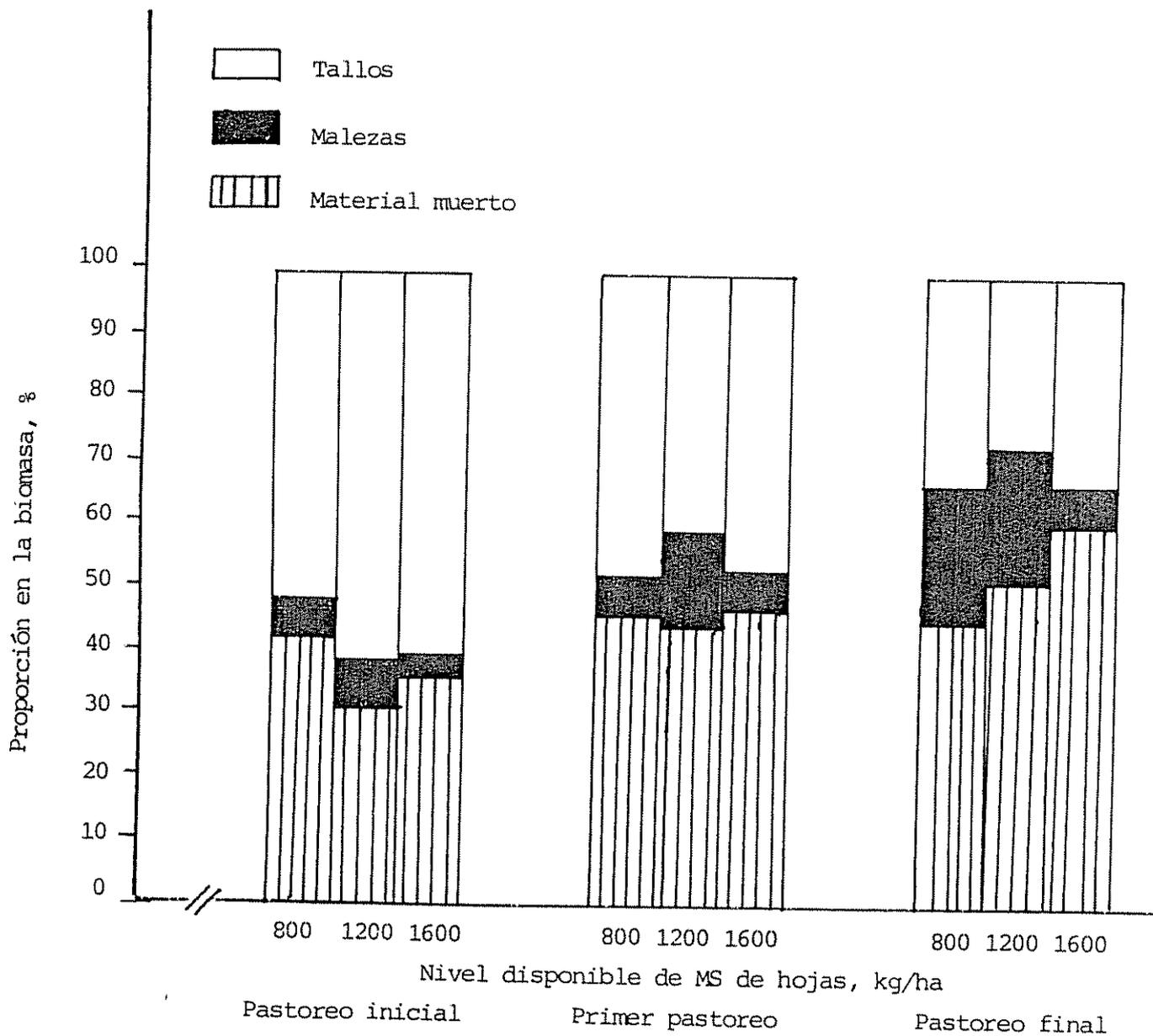


Fig. 12 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo de *P. phaseoloides*, %

al sol (46).

4.2.4.3 Efecto del nivel residual de hojas en los componentes de la biomasa

La masa de tallos disminuyó sensiblemente en el nivel residual inferior ($P < 0,02$), pero se mantuvo en los niveles 400 y 600, respectivamente, durante el período experimental. Esto podría relacionarse con la dificultad de la planta para producir tallos suficientes que repongan aquellos que son consumidos.

La masa de malezas en el nivel 600 fue superior ($P < 0,15$) en el primer pastoreo, y solo aumentó ligeramente a través del experimento. El nivel residual inferior, por el contrario, presentó un aumento drástico en la masa de malezas en el pastoreo final, debido, posiblemente, a que dicho nivel de hojas residuales, afecta negativamente la densidad del cultivo, y permite la remoción de meristemas terminales (89, 96), que unidos a una insuficiente área foliar (14) impiden la pronta cobertura del terreno después del pastoreo.

La masa de material muerto fue un poco inferior ($P < 0,78$) en el nivel intermedio de residuo, en el primer pastoreo. El aumento que se observó entre los pastoreos inicial y final (Fig. 13), fue de mayor magnitud ($P < 0,13$) en el nivel alto de residuo, y pudo asociarse con la mayor cantidad de material vegetativo, principalmente hojas, y en menor grado tallos y malezas, que cayó o se desprendió por senescencia, Villalobos también encontró que el material muerto aumentaba conforme disminuía la presión de pastoreo, en una asociación de esta leguminosa con B. ruziziensis (89).

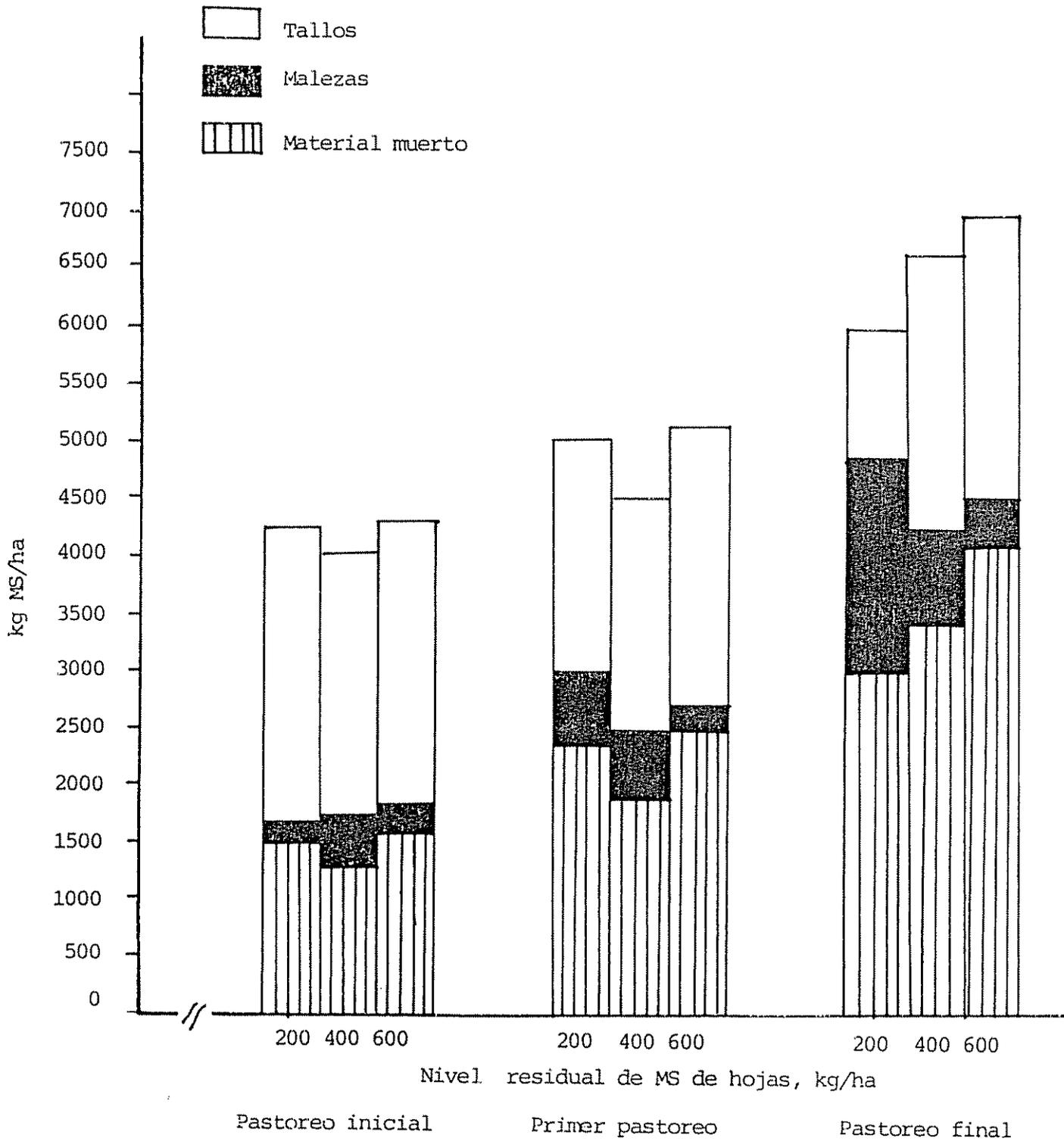


Fig. 13 Efecto del nivel residual de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de *P. phaseoloides*, kg MS/ha

En el primer pastoreo, la biomasa del cultivo fue muy similar ($P < 0,91$), y se observó una tendencia a mayor cantidad de biomasa a mayor cantidad de residuo de hojas, en el pastoreo final (Fig. 13). Esto concuerda con lo reportado por Borel (8), Tejos (87), Avendaño (4) y, Humphreys y Robinson (40).

El aumento proporcional de la biomasa entre los pastoreos inicial y final fue de 43, 68 y 60 por ciento para los niveles residuales de 200, 400 y 600 kg MS hojas/ha respectivamente, pero dichos aumentos se deben, en el nivel residual inferior principalmente a un aumento en la masa de malezas, mientras que en los otros dos niveles el aumento corresponde, principalmente, a la mayor cantidad de material muerto y en menor grado al aumento en la masa de malezas (Fig. 13).

4.2.4.4 Efecto del nivel residual de hojas en la proporción de los componentes de la biomasa

Del inicio al final del experimento hubo una tendencia hacia una mayor proporción de tallos en los niveles altos de residuo (Fig. 14). La disminución fue más marcada en el nivel 200, debido a la disminución efectiva en la masa de tallos (Fig. 13).

La proporción de malezas fue superior en los niveles inferiores de residuo ($P < 0,05$), particularmente por efecto del nivel residual inferior en el pastoreo final. En los niveles medio y alto de residuo, la proporción de malezas se mantuvo o aumentó solo ligeramente, lo que indica que a estos niveles el cultivo persistió, y mantuvo la cobertura del terreno.

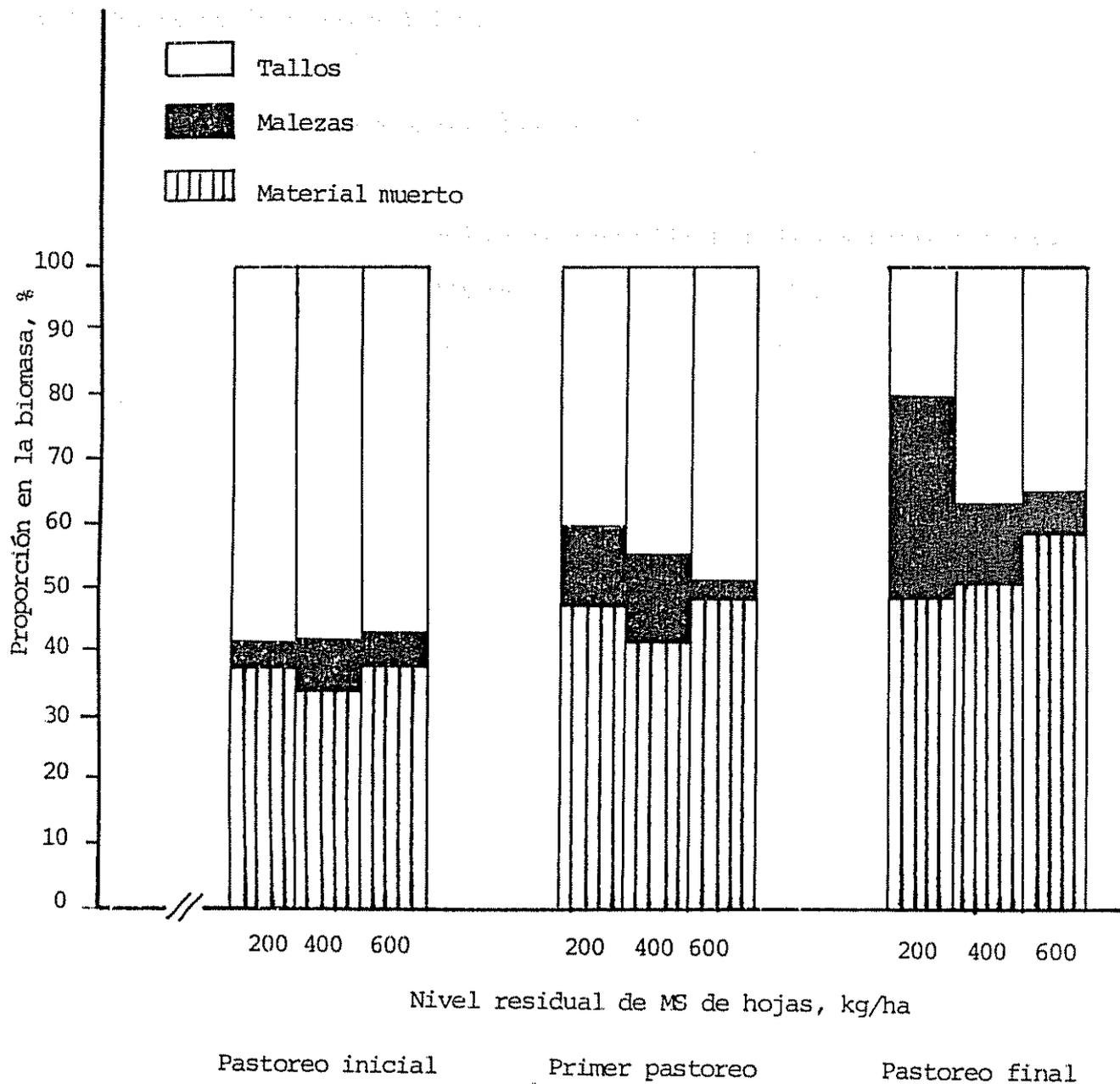


Fig. 14 Efecto del nivel residual de MS de hojas en la proporción de los componentes de la biomasa en un cultivo de P. phaseoloides,

La proporción de material muerto no difirió entre tratamientos en el primer pastoreo ($P < 0,61$), y aumentó ligeramente en los niveles superiores de residuo hacia el pastoreo final. Debe anotarse que el aumento observado en la masa de material muerto es normal en un cultivo de cobertura como P. phaseoloides (25).

4.3 Último período de crecimiento

4.3.1 Contenido de N de la biomasa

La tendencia que se observó en el contenido de N de las hojas por efecto del nivel disponible ($P < 0,29$) podría deberse a la relación negativa entre contenido de N de las hojas y edad de las mismas, mientras que el aumento de N de las hojas conforme aumenta el nivel de residuo ($P < 0,61$) podría deberse a una mayor fijación de N, (Cuadro 9). La concentración de N en el follaje (hojas + tallos) de Pueraria de 2,7 por ciento, comparada favorablemente con aquellas de 2,2 por ciento reportada por Pierre y Bertram (66) y es similar a las reportadas por Vicente-Chandler et al (88), Rivera (69) y Schofield (76).

Cuadro 9 Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas en el contenido de N de la biomasa en un cultivo de P. phaseoloides antes del pastoreo final.

Nivel MS hojas/ha	Contenido de N, %			Material Muerto
	Hojas	Tallos	Malezas	
Disponible				
800	4,15 _a	2,05 _a	2,16 _a	2,27 _a
1200	4,03 _a	2,11 _a	2,22 _a	2,18 _a
1600	3,95 _a	1,84 _a	2,34 _a	2,44 _a
Residual				
200	4,01 _a	1,93 _a	2,10 _a	2,15 _a
400	4,03 _a	2,07 _a	2,12 _a	2,39 _a
600	4,09 _a	2,00 _a	2,53 _a	2,37 _a

Valores con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan.

El porcentaje de N en las malezas ($P < 0,14$) aumentó con el nivel disponible o residual de hojas, debido, posiblemente, a una mayor fijación de N en los niveles residuales superiores (97), a un efecto de sombreo en los niveles disponibles más altos o a que en ambas instancias existió una mayor transferencia de N de las leguminosas a las malezas (38).

4.3.2 Contenido de materia orgánica del suelo

El contenido de MO del suelo en un cultivo de P. phaseoloides

al final del experimento, fue mayor en el nivel con mayor cantidad de MS de hojas disponibles ($P < 0,17$). Se aprecia la tendencia de aumentos en el contenido de MO del suelo conforme aumenta el nivel disponible de hojas (Fig. 15) en forma paralela al aumento en la masa de material muerto (Fig. 11). Aunque los incrementos en la MO son leves, cada aumento de uno por ciento en la MO del suelo implica la incorporación de aproximadamente 22,4 TM de MO/ha (33).

El mayor contenido relativo de MO del suelo que se observa en el nivel residual inferior ($P < 0,08$) podría obedecer a una tasa mayor de descomposición del material muerto (46) o al mayor aporte de material senescente (42) originado en la masa de malezas (Fig. 13). La tendencia que se observa (Fig. 16) es similar a la tendencia que presenta la producción total de hojas (Fig. 10).

La interacción de las dos variables no afectó significativamente ($P < 0,82$) el contenido de MO del suelo, pero provocó diferencias entre el tratamiento mayor productor de hojas (1600/400) y el segundo menor productor (800/600), pero no entre éstos y aquellos que alcanzaron valores intermedios (Fig. 17). La relación existente entre el contenido de MO y la producción total de hojas (Cuadro 7) podría ser debida a que al haber mayor cantidad de biomasa producida, mayor es la cantidad de la misma que se desprende y se convierte en materia orgánica (42, 66, 76).

El contenido medio de MO de 5,8 por ciento fue ligeramente superior al reportado para suelos de trópico subhúmedo (79) y comparable al reportado para suelos del trópico húmedo (100).

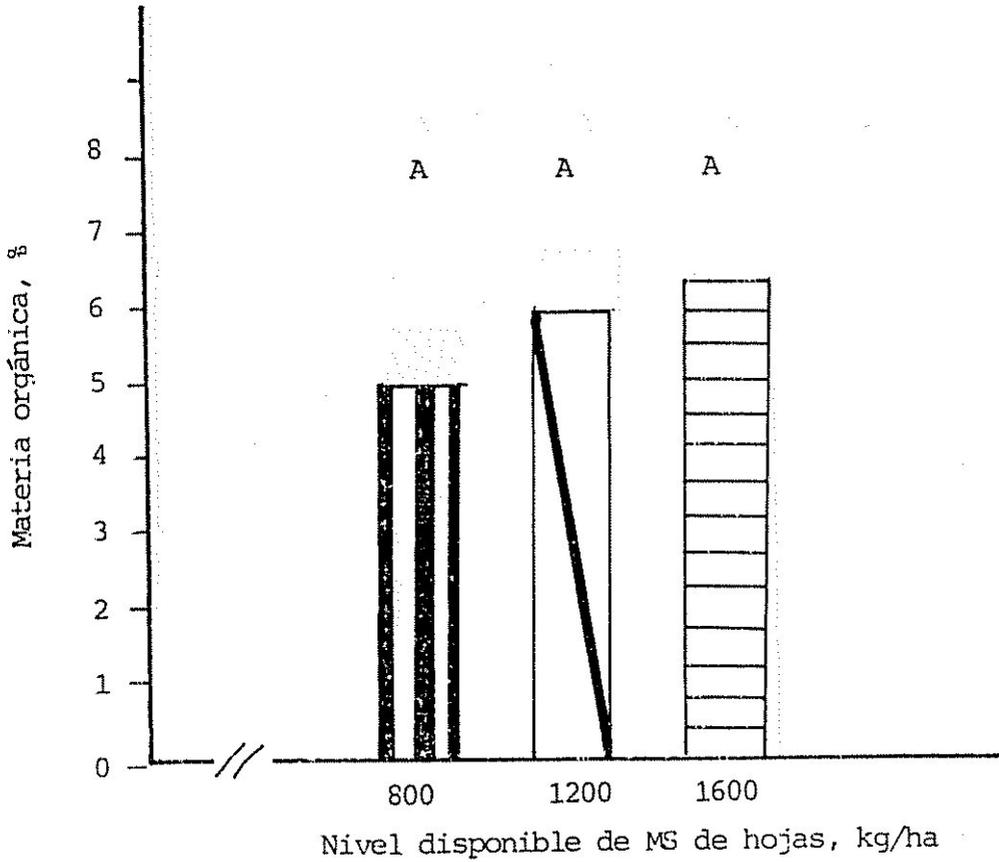


Fig. 15 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el contenido de materia orgánica del suelo, %

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

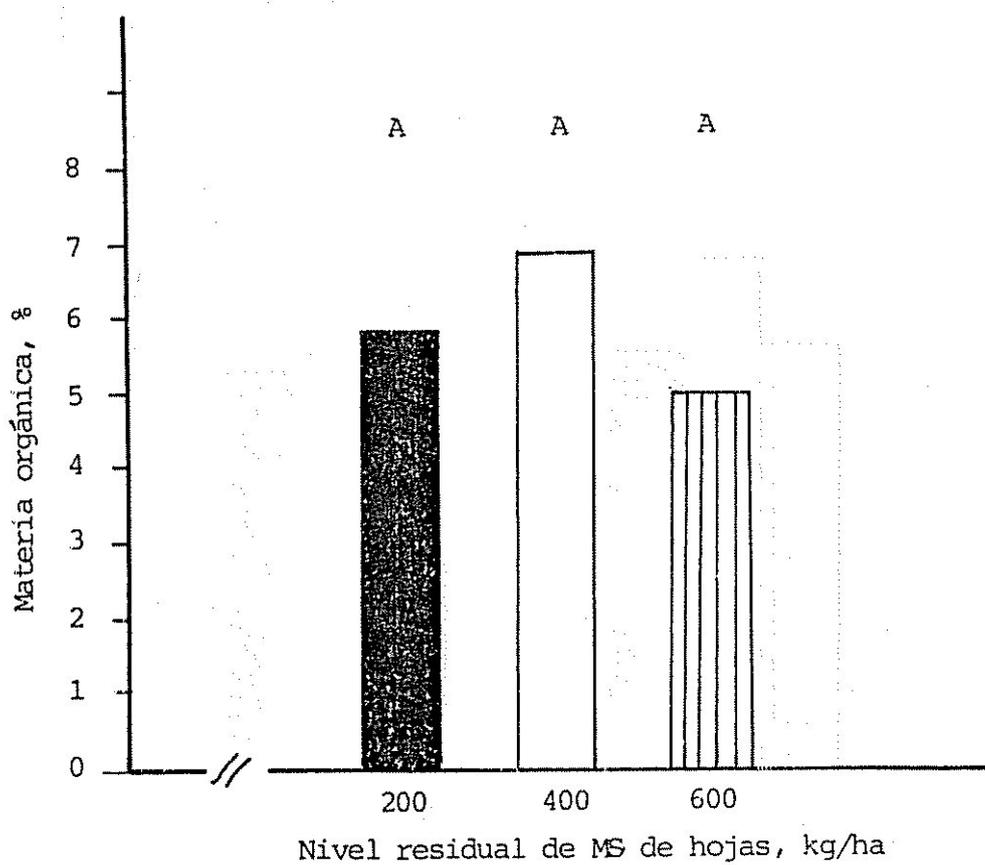


Fig. 16 Efecto del nivel residual de MS de hojas en el contenido de materia orgánica del suelo, %

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

Nivel disponible de MS de hojas, kg/ha

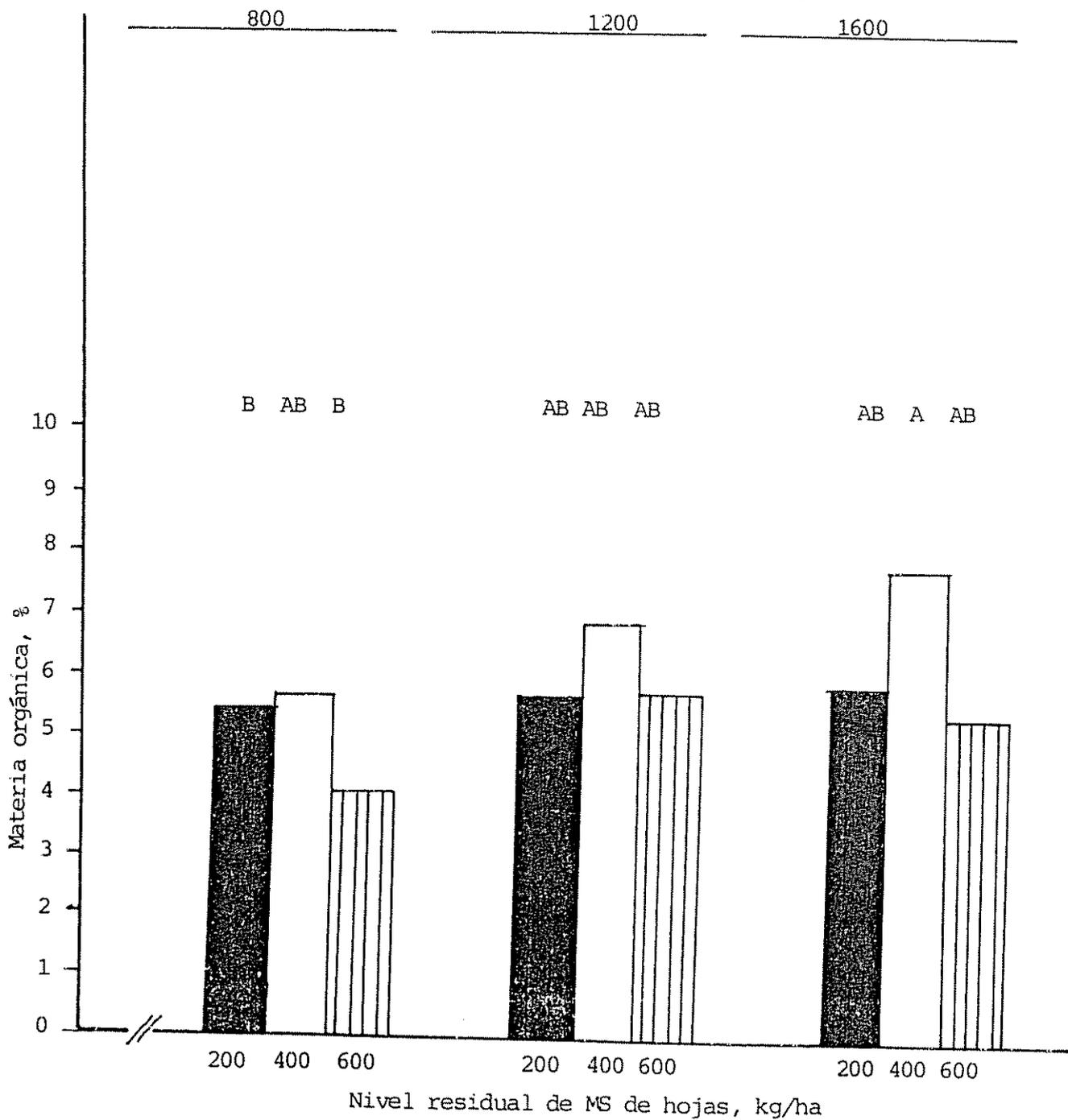


Fig. 17 Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas en el contenido de materia orgánica del suelo en un cultivo de P. phaseoloides, %

Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan

4.3.3 Contenido de nitrógeno del suelo

Se observó un aumento en el contenido de N del suelo ($P < 0,25$) conforme aumentó el nivel de residuo de hojas (Fig. 18); y se encontró que no existe relación ($P < 0,96$) entre el contenido de N del suelo y el nivel disponible de hojas (Fig. 19).

La alta precipitación pluvial ocurrida durante la recolección de las muestras (Fig. 1) restan importancia a las diferencias encontradas. Además la duración del experimento (15 meses) y la movilidad del N en el suelo (72) nos hacen pensar que experimentos de mayor duración (72, 76, 79) podrían proveer información más definida.

4.4 Utilización

4.4.1 Consumo de hojas

Se observó un mayor consumo de hojas de P. phaseoloides (Fig. 20) en el nivel disponible de 800 kg MS de hojas ($P < 0,001$), en el que se mostró, además, un mayor consumo de tallos en los pastoreos iniciales (Cuadro 4 A). Este mayor consumo puede explicarse por una mayor eficiencia de cosecha. En efecto, como las parcelas de estos tratamientos resultaron demasiado grandes, fue necesario ordenar su pastoreo en franjas, facilitando entonces, posiblemente, un mayor consumo; este pudo ser debido, además, a que al ser menor el tiempo de rebrote (Fig. 7), dichas hojas fueron de una mejor calidad, o de una mejor disposición espacial (4, 81).

El menor consumo de hojas que se observa en el nivel residual inferior (Fig. 21) no fue significativo ($P < 0,11$). Este nivel es equivalente a un pastoreo fuerte, el que se asocia en general con un menor consumo indivi-

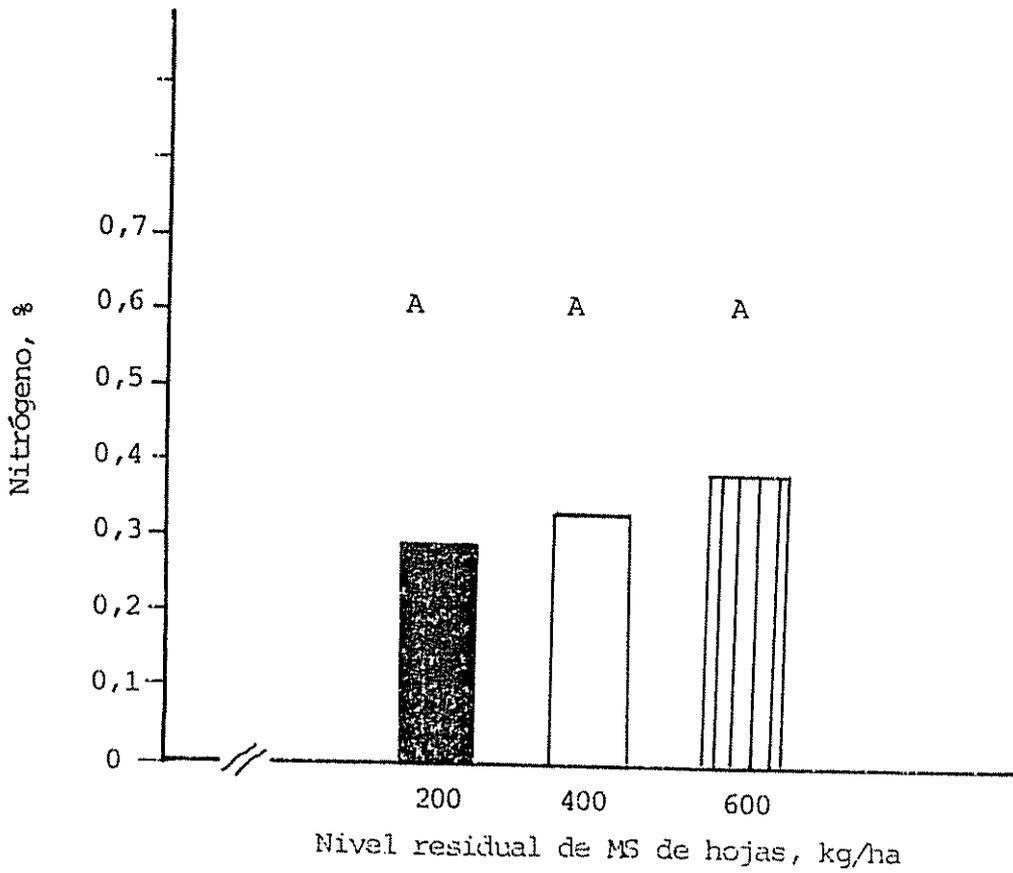


Fig. 18 Efecto del nivel residual de MS de hojas en el contenido de nitrógeno del suelo, %

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

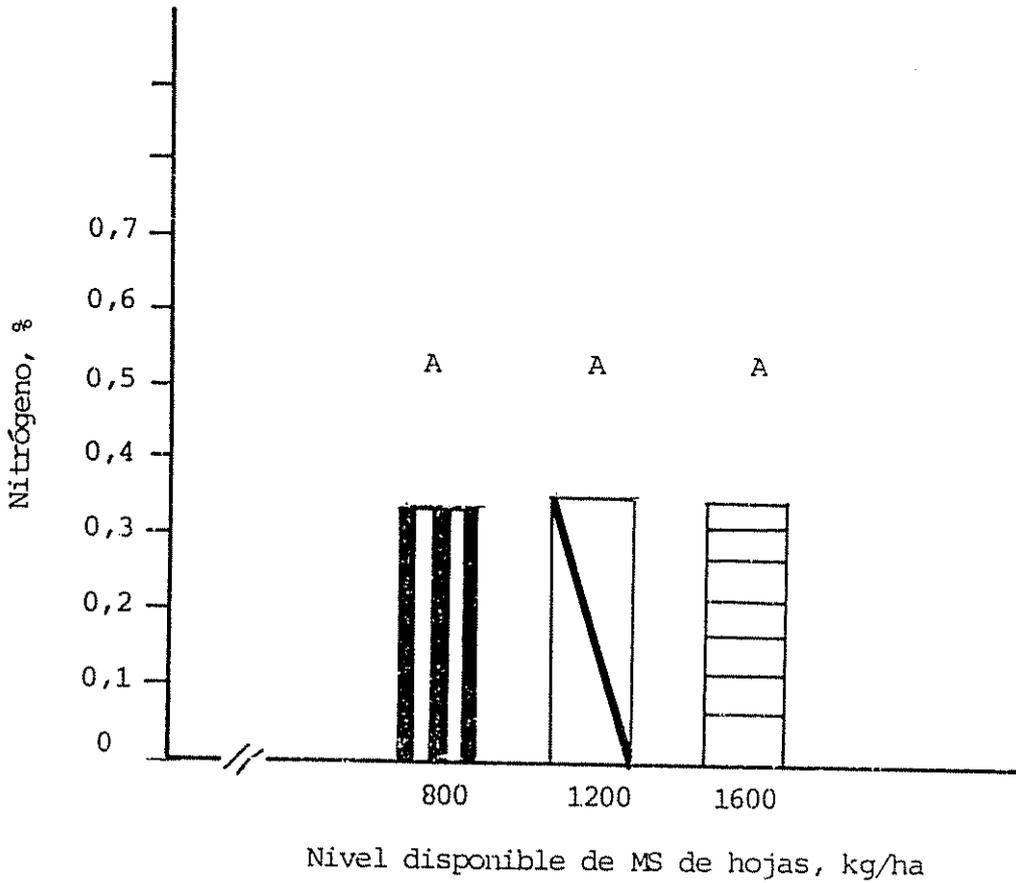


Fig. 19 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el contenido de nitrógeno del suelo, %

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

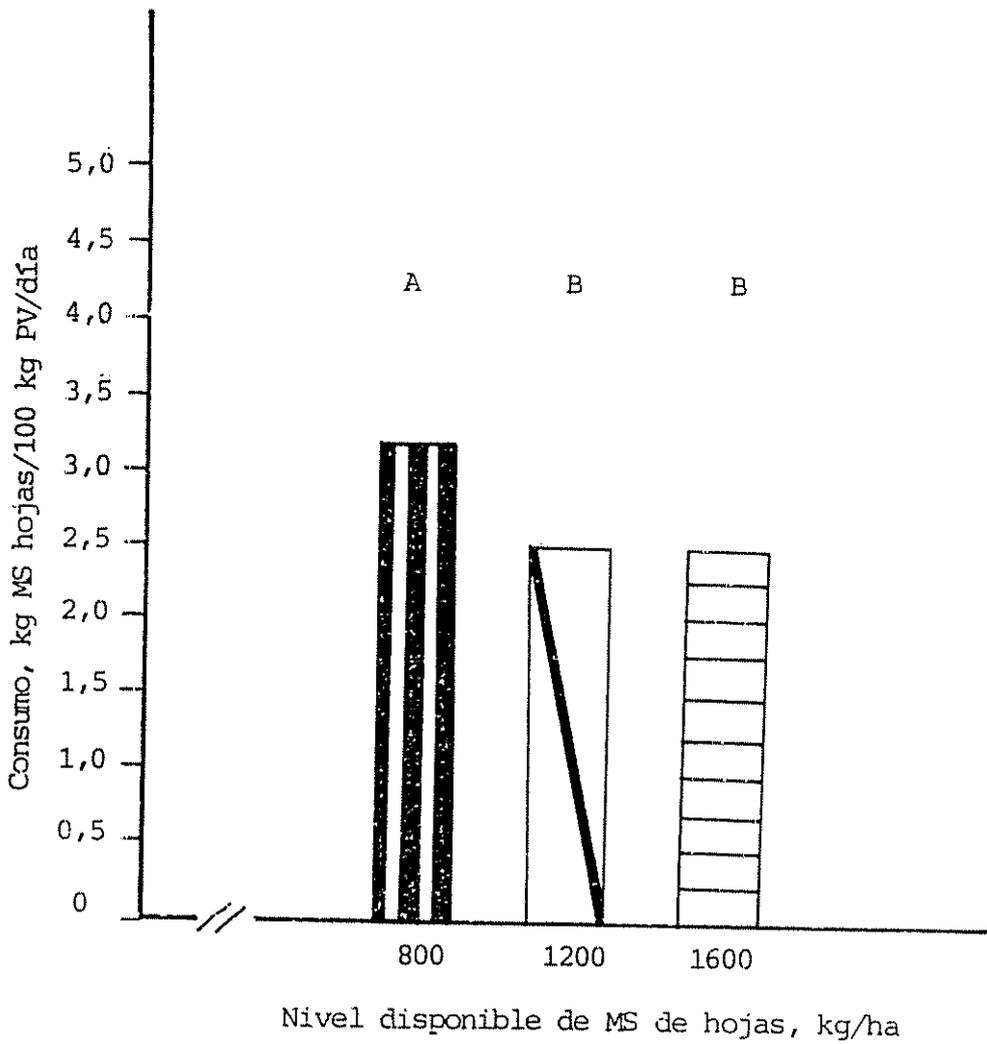


Fig. 20 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en el consumo de hojas de P. phaseoloides, kg MS hojas/100 kg PV/día

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

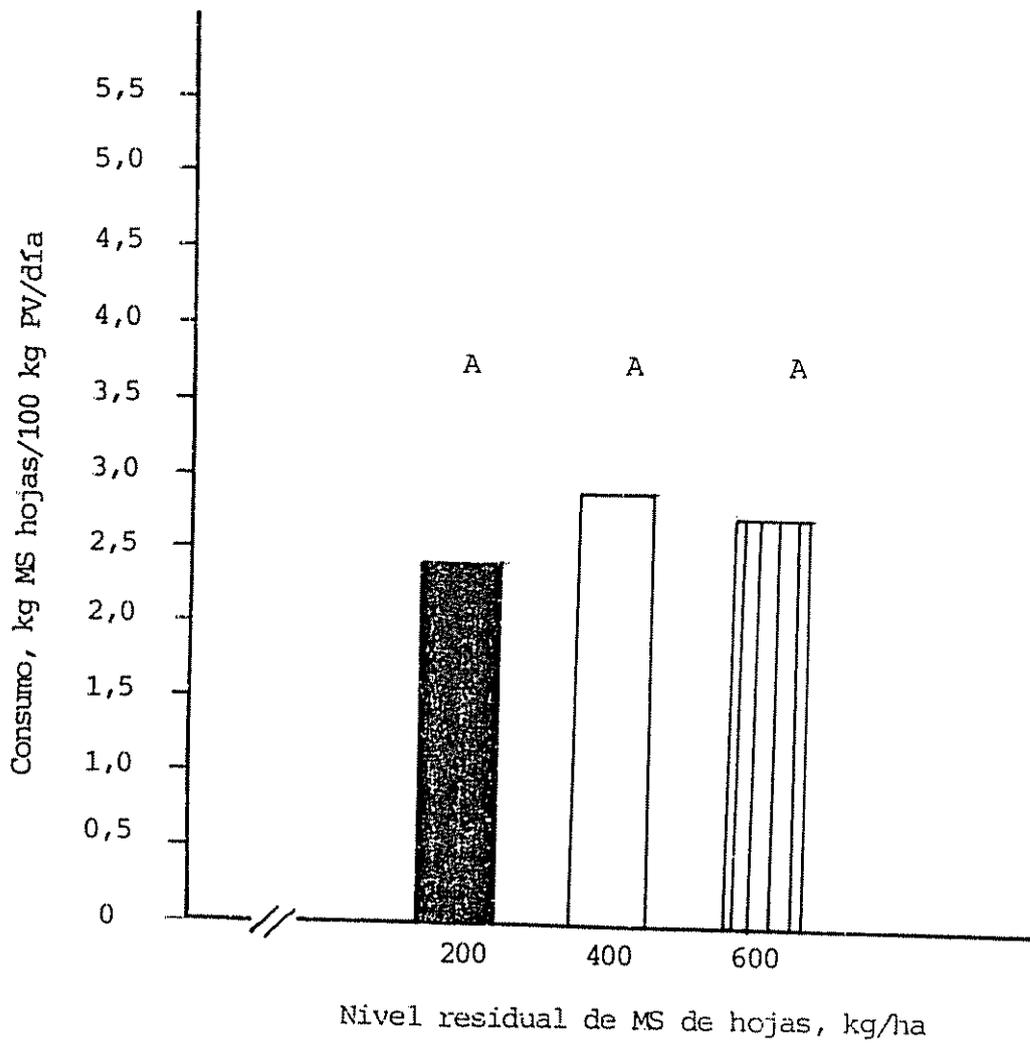


Fig. 21 Efecto del nivel residual de MS de hojas en el consumo de hojas de P. phaseoloides, kg MS hojas/100 kg PV/día

Columnas con la misma letra no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan

dual (36, 45). La mayor cantidad de malezas a este nivel (Fig. 13) también podría estar contribuyendo al menor consumo de hojas.

La interacción de los dos factores, nivel disponible y nivel residual, tuvo un efecto significativo ($P < 0,02$) en el consumo de hojas de P. phaseoloides (Fig. 22). El consumo medio de hojas para el experimento fue de 2,7 kg MS hojas por 100 kg PV por día, que sumado al consumo de tallos y malezas (Cuadro 4 A) resulta en un consumo diario total de MS que oscila entre 3,7 y 4,4 kg/100 kg PV. Este consumo es superior al valor de 3,1 obtenido por Hendricksen et al (37), en L. purpureus, o de 2,1 obtenido por Laredo y Minson (49) en cinco gramíneas tropicales, aunque en ambos experimentos el alimento se suministró en corral. La diferencia en el valor de consumo hallado en este experimento y aquellos reportados por la literatura, puede deberse también al hecho de que la medición de consumo fue indirecta, ya que en realidad se midió la desaparición de la masa de hojas, tallos y malezas en la parcela (C_{fr} . 3.5.1 y 3.5.2) y no lo que se consumió directamente.

4.4.2 Carga animal

Los niveles mayores de MS de hojas disponibles de P. phaseoloides (Fig. 23) permitieron una mayor carga animal ($P < 0,02$) debido, posiblemente, a la mayor cantidad de hojas producidas a ese nivel (Fig. 9). La mayor carga animal ($P < 0,06$) por efecto del nivel residual (Fig. 24) también correspondió al nivel mayor productor de hojas (Fig. 10).

La carga animal no varió significativamente ($P < 0,33$) por efecto de la interacción entre los factores estudiados, aunque el tratamiento 1600/400

Nivel disponible de MS de hojas, kg/ha

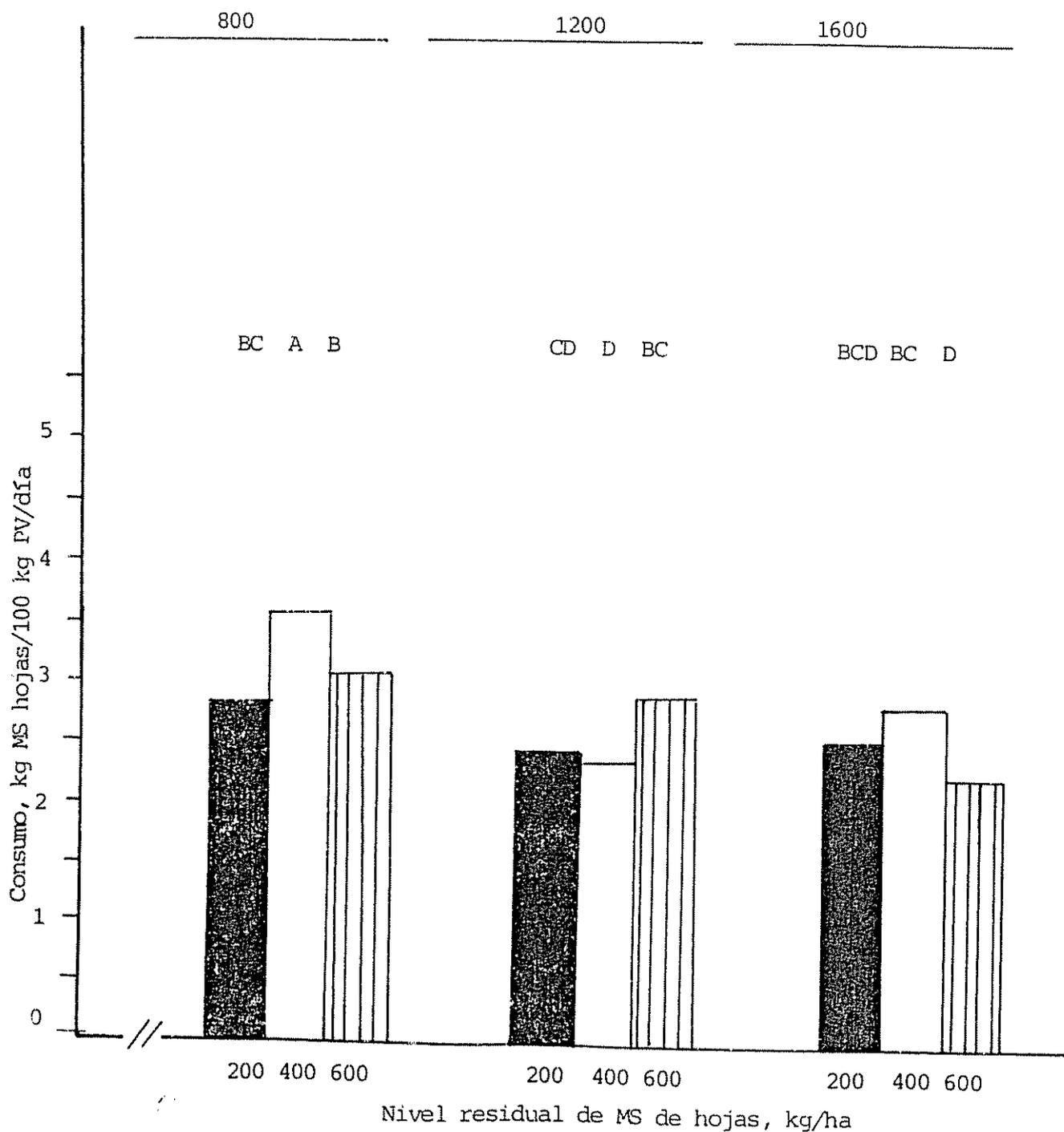


Fig. 22 Efecto del nivel residual y disponible de MS de hojas en el consumo de hojas de P. phaseoloides, kg MS hojas/100 kg PV/día

Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al 5%, según Prueba de Duncan

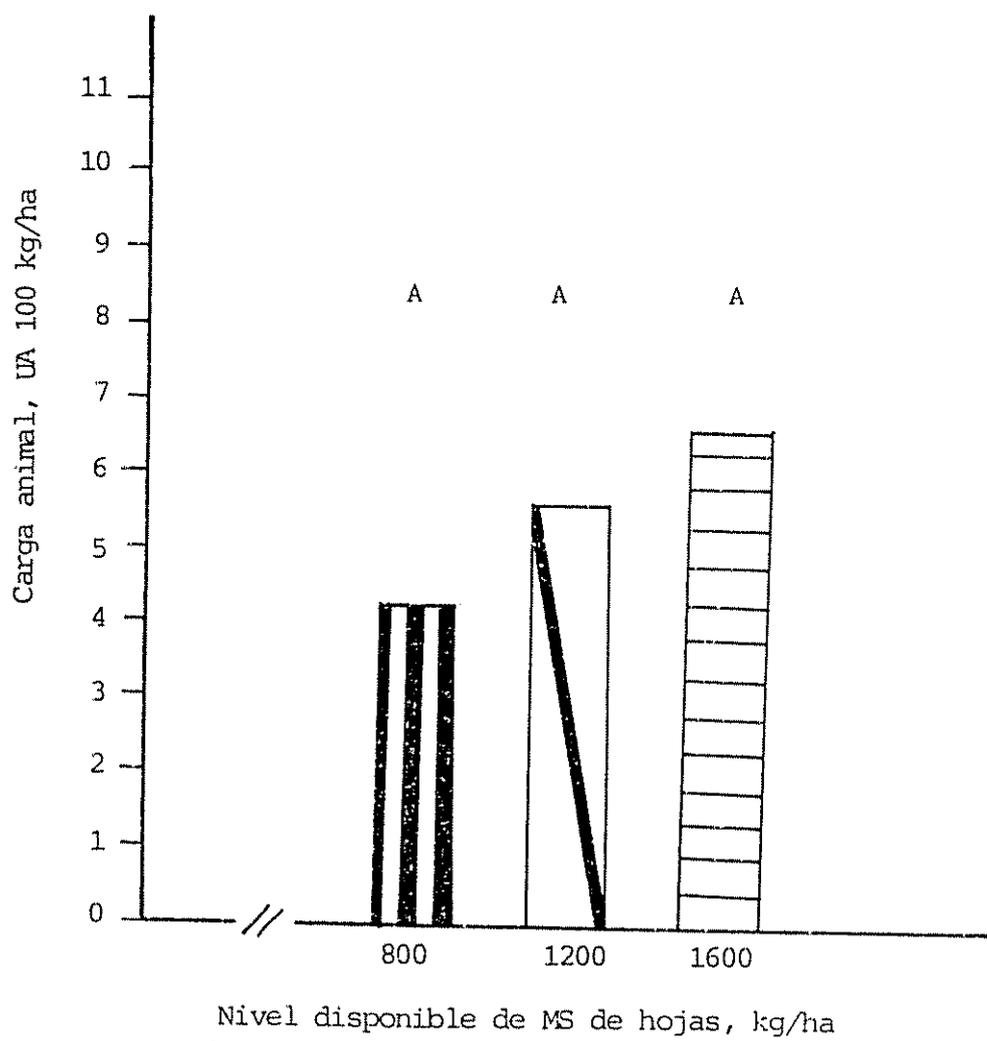


Fig.23 Efecto del nivel disponible de MS de hojas en la carga animal en un cultivo de P. phaseoloides, UA 100 kg/ha

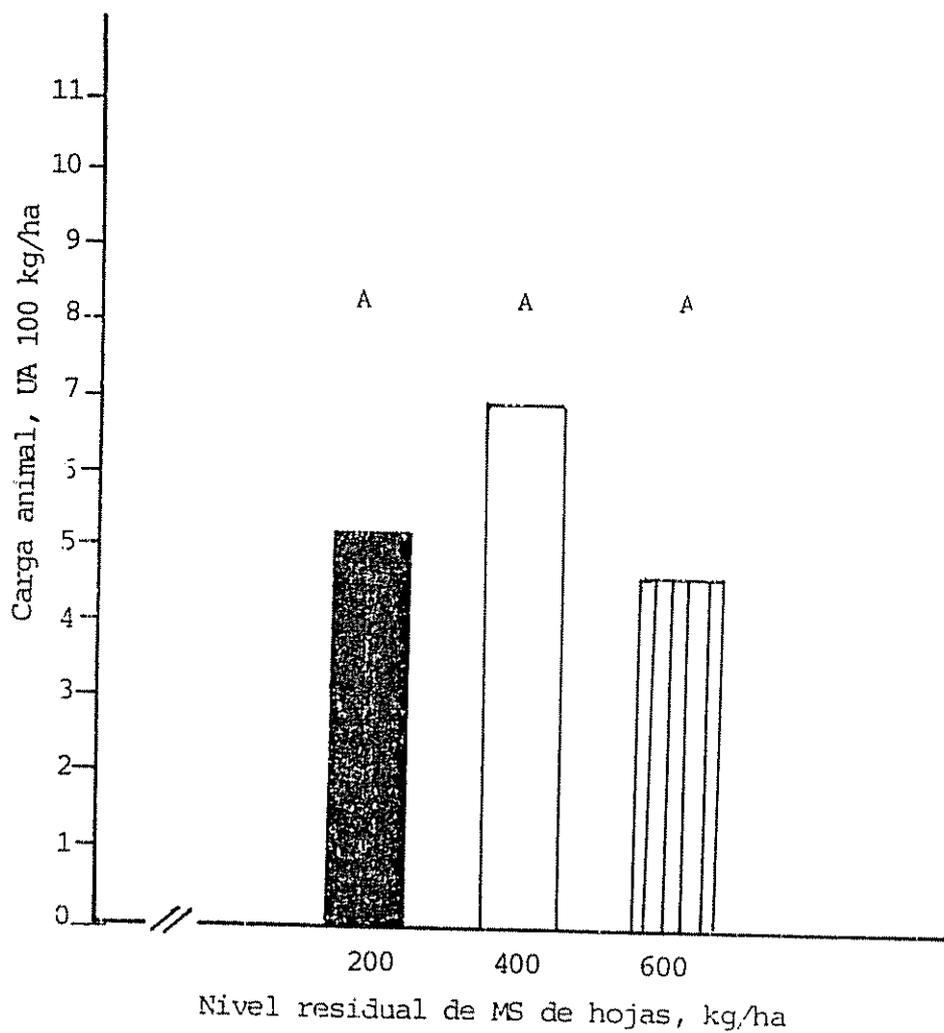


Fig.24 Efecto del nivel residual de MS de hojas en la carga animal en un cultivo de P. phaseoloides, UA 100 kg/ha

duplica el valor promedio de carga animal de los ocho restantes tratamientos (9,5 versus 4,3), (Fig. 25).

En promedio el cultivo permitió una carga animal de 490 kg PV/ha (1,2 UA/ha). lo que compara favorablemente con la carga animal de 1,3 vacas/ha reportada por Cowan et al (23) y 2,5 novillos/ha reportados por Winks et al (101) para una mezcla de P. maximum y G. wightii; y superior a las cargas de 0,50 y 0,75 reportadas por CIAT (19, 20). Si además se desestiman las tres parcelas que fueron pastoreadas solamente una vez y no se recuperaron durante el período experimental por el sobrepastoreo inicial o por anegamiento y sombreo, dicha capacidad de carga aumentaría a 588 kg PV/ha.

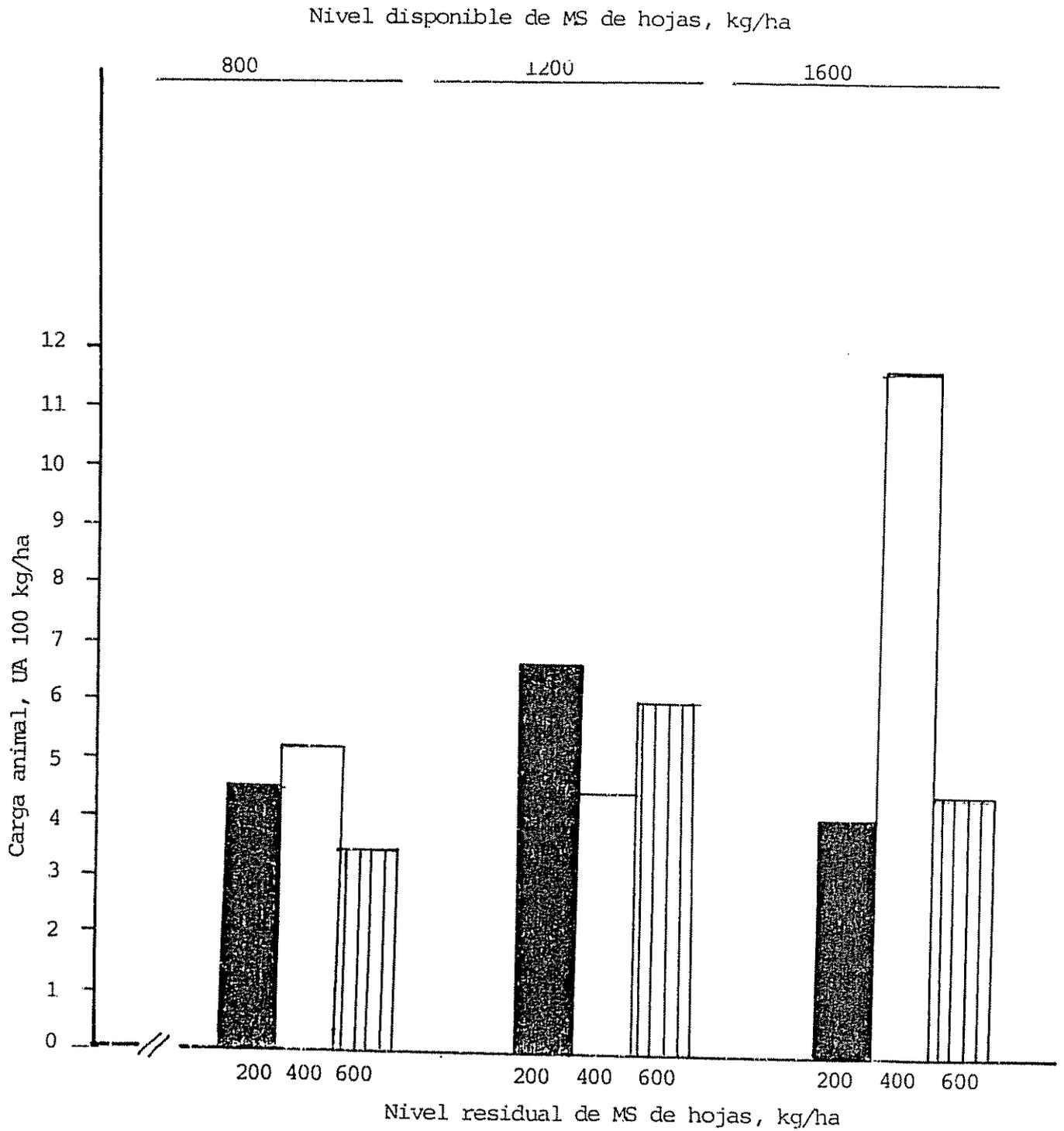


Fig. 25 Efecto del nivel disponible y residual de MS de hojas en la carga animal en un cultivo de *P. phaseoloides*, UA 100 kg/ha

5. DISCUSION GENERAL

La producción de biomasa de cualquier planta forrajera bajo pastoreo, depende directamente del crecimiento diario y del tiempo de rebrote. Cuando no se imponen restricciones a estos dos factores, las plantas crecen ininterrumpidamente hasta alcanzar su clímax, aunque su aprovechamiento no se maximice. Generalmente el productor controla estos factores mediante la fijación arbitraria de períodos de descanso y períodos de utilización, pero estos factores pueden ser manipulados más apropiadamente para obtener la máxima utilización de una alta producción de forraje mediante el uso de niveles de residuo (utilización) y niveles de disponibilidad de forraje (producción) predeterminados que garanticen la persistencia del cultivo. Seguidamente se discute como dichos niveles afectaron las variables de producción, aprovechamiento, y utilización del N por el cultivo, estudiadas.

El crecimiento diario y la producción total de hojas mostraron que las diferencias entre tratamientos fueron mayores por efecto del nivel residual que por efecto del nivel disponible. Esto señala la importancia de seleccionar niveles de residuo que no sean críticos para el crecimiento diario y la producción, como pareciera serlo el nivel residual de 200 kg de materia seca de hojas. Especialmente si se considera que dicho nivel provocó una disminución en la masa de tallos y un aumento en la masa de malezas en el pastoreo final, que podrían tomarse como indicadores de que la persistencia del cultivo está siendo limitada. De enfatizarse, además, que un pastoreo fuerte, como el ocurrido en tres parcelas durante el pastoreo de uniformización, afecta duraderamente el comportamiento de P. phaseoloides. Por el contrario, al considerar el efecto de los niveles de

disponibilidad en el crecimiento diario de hojas, el tiempo de rebrote y la producción total de hojas, puede notarse que aunque las diferencias fueron pocas, se favorecen los niveles intermedio y superior, no solo por su mejor comportamiento en dichas variables si no porque estos tratamientos se acompañaron, además, de aumentos en la masa de tallos y de material muerto, así como de un menor incremento en la masa de malezas en el pastoreo final. A estos niveles fueron mayores, también, los contenidos de materia orgánica y nitrógeno del suelo. Todo esto está indicando la habilidad de la planta para producir y persistir, siempre que se le permita una adecuada recuperación entre pastoreos.

El tiempo de rebrote que tomaron las parcelas para alcanzar los niveles de disponibilidad asignados, no fue afectado por el nivel de residuo ni por el nivel de disponibilidad, si no que estuvo en función de la diferencia de hojas que era necesario producir, y varió entre 32 y 136 días. La variación existente en el tiempo de rebrote indica el dinamismo del componente leguminosa y previene el uso de sistemas fijos de pastoreo para su aprovechamiento.

Aunque no se tiene una referencia de los niveles de materia orgánica y nitrógeno del suelo existentes al inicio del experimento, aquellos encontrados al final del mismo señalan la capacidad de P. phaseoloides para enriquecer suelos. Sin embargo, la alta precipitación durante el muestreo, la gran movilidad del N del suelo, y la impresión de los métodos limitan, además, la posibilidad de identificar cual ha sido el aporte real de la leguminosa en los diferentes tratamientos, y cual ha sido el aporte de las malezas en el contenido de MO y N del suelo.

Los niveles de consumo de hojas, tallos y malezas, medidos agronómicamente, fueron muy altos. Esta sobreestimación señala la importancia de incluir mediciones directas de consumo, distribuidas de tal manera que tengan validez estadística.

La utilidad del uso de tratamientos de disponibilidad y residuo puede ilustrarse con el estudio de los ocurridos en la biomasa. Los tallos disminuyeron entre los pastoreos inicial y final por efecto de los niveles residual y disponible inferiores y en mayor cantidad por efecto del primero. Inversamente, las malezas aumentaron en ambas instancias, pero también en mayor cantidad por efecto del nivel residual. Niveles bajos de residuo son comparables con tratamientos intensivos de pastoreo, mientras que niveles bajos de disponibilidad son comparables con descansos cortos, en los cuales no ha habido la recuperación adecuada. La combinación de estos niveles resulta en poca producción, limitada además por la baja persistencia del cultivo. Los niveles intermedios mostraron una utilización adecuada en términos de consumo y carga animales, y permitieron el mantenimiento del cultivo en términos de masa de tallos e invasión de malezas -aunque se presentó en las parcelas que fueron sobrepastoreadas accidentalmente al inicio del experimento-. La combinación de factores en sus niveles intermedios ofrece las mejores perspectivas en cuanto a producción, utilización y persistencia del cultivo. En efecto, los niveles intermedios de MS de hojas podrían soportar una carga instantánea de 12,8 UA durante 7 días consecutivos, permitiendo un consumo de 968 kg MS hojas, en períodos de utilización cada 82 días, sin que se afecte la estabilidad ni la persistencia de P. phaseoloides. Por el contrario, Lablab purpureum no se recuperó después del tercer pastoreo, aún a estos niveles de disponibilidad y rechazo. Los niveles superiores de disponibilidad y residuo, si bien resultaron en in-

crementos en la masa de tallos y poca presencia de malezas, fueron menos eficientes ya que su mayor tiempo de rebrote y aumento en la MO del suelo, así como la disminución en el consumo y en la carga animal, son indicadores de una menor eficiencia de utilización.

Finalmente, la metodología empleada para las mediciones de niveles de hojas en las parcelas resultó ser eficiente y rápida, y de fácil aprendizaje para el personal de campo. Sin embargo cabe señalar que en la subestimación en los niveles inferiores se observó mayor dispersión de mediciones que en la sobreestimación en los niveles superiores, por lo que se recomienda que en futuras investigaciones con esta leguminosa se separen un poco más los niveles de rechazo a 250 ó 300 kg MS hojas/ha, entre niveles. El método de doble muestreo modificado con la variante de calificar los cuadrantes con base en la cantidad aparente de materia seca de hojas solamente, mediante el conteo de éstas según categoría de tamaño: grande, mediana y pequeña, y asignándoles pesos constantes preestablecidos, tuvo la ventaja adicional de ser un método no destructivo que puede utilizar constantes como peso promedio de las diferentes categorías de hojas propias a cada experimento y determinadas a intervalos regulares.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Mientras que Pueraria phaseoloides en cultivo puro soportó el pastoreo de novillas durante el primer año, Lablab purpureus no soportó más de dos pastoreos.
2. El nivel residual inferior afectó negativamente el crecimiento diario y la producción total de hojas de Pueraria phaseoloides, así como la masa de tallos, y favoreció la invasión de malezas.
3. Como en general los tratamientos no afectaron el crecimiento diario de hojas, el tiempo de rebrote estuvo solo en función de la diferencia de masa de hojas entre los niveles residual y disponible.
4. El contenido de materia orgánica del suelo aumentó conforme aumentó el nivel disponible de masa de hojas.
5. El contenido de N del suelo al final del experimento, fue mayor en los niveles superiores de hojas residuales.
6. Bajo los niveles medios de disponibilidad y residuo, Pueraria phaseoloides pudo sostener una carga real media de 1,1 UA/ha, sin afectarse su estabilidad ni persistencia.

6.2 Recomendaciones

1. Verificar los resultados obtenidos en este experimento, en tratamien-

tos que combinen niveles de disponibilidad de 1200-1400 kg MS hojas/ha con niveles de residuo de 400-500 kg MS hojas/ha, para confirmar datos de persistencia, fijación de N y consumo.

2. Incluir, bajo las condiciones de Turrialba, el componente leguminosa como banco de proteína en los sistemas de manejo de pasturas, en una proporción que debe ser investigada.
3. Investigar el uso de herbicidas en esta leguminosa, dado el alto costo de la mano de obra necesaria para mantener el cultivo libre de malezas durante su establecimiento.
4. En estudios futuros con esta y otras leguminosas, mantener una diferencia mínima de 250 kg MS entre los niveles de masa de hojas del residuo.

7. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, A., V. Estudio de los suelos del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 145 p.
2. ALLIZON, C.D. Forage intake of cattle as affected by stocking pressure. Dissertation Abstracts International (B) 40(2)521B. 1979.
3. ANNUAL REPORT. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur. pp. 80-83. 1974.
4. AVENDAÑO, J.C. Período de descanso y asignación de forraje en el crecimiento y la utilización de varias especies de una paradera naturalizada. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 65 p.
5. BALDOS, D.P. y JAVIER, E.Q. The growth and development of Townsville Stylo (Stylosanthes humilis H.B.K.). Philippine Journal of Crop Science 1(4):57-62. 1980.
6. BARRAULT, J. La recherche fourragère au Nord-Cameroun. L' Agronomie Tropicale 28(2):172-188. 1973.
7. BATEMAN, J.V. y PERALTA, M. Digestibilidad de una mezcla de Kudzú (Pueraria phaseoloides) y pasto Honduras (Ixophorus unisetus (Presl) Schlecht). Turrialba 12(4):200-203. 1962.
8. BOREL, R. Intérvalo y altura de corte en producción de biomasa, acumulación de reservas y algunas características fisiológicas de Desmodium intortum (Mill.) Urb. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 91 p.
9. _____. Parámetros de evaluación del manejo de pasturas. In Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Sistemas de producción bovina con énfasis en leche; curso intensivo. Turrialba, 1981. p. irr. (Material educativo misceláneo).
10. BOURKE, R.M. Tropical legumes lift soil nitrogen. Queensland Agricultural Journal 93:562-564. 1967.
11. _____. Evaluation of leguminous cover crops at Kevarat, New Britain. Papua New Guinea Agricultural Journal 25(1):1-9. 1975.
12. BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research 7(5):377-387. 1956.
13. BROWN, D. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin 42. 1954. 233p.
14. BROWN, R.H. y BLAZER, R.E. Leaf area index in pasture growth. Herbage

Abstracts 38(1):1-9. 1968.

15. BURNSIDE, C.A. y BOHINING, R.H. The effect of prolonged shanding on the light saturation curves of apparent photosynthesis in sun plants. *Plant Physiology* 32:61-63. 1957.
16. CAMPBELL, A.G. The dynamics of grazed mesophytic pastures. *International Grassland Congress 10^o*, Helsinki, Finlandia. *Memorias*. 1966. pp. 458-463.
17. CARO-COSTAS, R. y VICENTE-CHANDLER, J. Effect of liming on productivity and species balance of a tropical kudzú-molasses grass pasture under grazing management. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 47:236-241. 1963.
18. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1979. Cali, Colombia, 1980. 186 p.
19. _____. Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1982. Cali, Colombia. 362 p.
20. _____. Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1984. Cali, Colombia. 279 p.
21. COCHRAN, W.C. y COX, G.M. Diseños experimentales. México D.F., Trillas, 1980. pp. 328-352.
22. COIMBRA, E. Comportamiento de la asociación de Kudzú tropical (Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth) y pasto Ruzi (Brachiaria ruziziensis, Germ. Evard) bajo efecto de diferentes presiones de pastoreo e intervalos de descanso. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 96 p.
23. COWAN, R.T. et al. Grazing time and pattern of grazing of Friesian cows on a tropical grass legume pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15(72):32-37. 1975.
24. CHACON, E. y STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27:709-727. 1976.
25. CHEE YAN KUAN. The importance of legume cover crop establishment for cultivation of rubber (Hevea brasiliensis) in Malaysia. In Graham, P.H.; Harris, S.C., eds. *Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture*, Cali, Colombia, 1981.
26. DAVIDSON, J.L. y DONALD, C.M. The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. *Australian Journal of Agricultural Research* 9(1):53-72. 1958.
27. DIAS-FILHO, M.B. y SERRAO, E.A.S. Introducao e avaliacao de leguminosas forrageiras na regio de Paragominas, Pará. EMBRAPA-CPATU.

Circular Técnica, 29. 1982. 18 p.

28. DIRVEN, J.G.P. y EHRENCRON, V.K.R. Síntomas de deficiencias en la Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth. Fertilité 12:21-29. Marzo-Abril 1961.
29. ENG, P.K., KERRIDGE, P.C. y MANNETJE, L. 't. Effects of phosphorus and stocking rate on pasture and animal production from a Guinea grass-legume pasture in Johore, Malaysia. 1. Dry matter yields, botanical and chemical composition. Tropical Grasslands 12(3): 188-197. 1978.
30. FAVORETTO, V. y PEIXOTO, A.M. Producao de materia seca e composicao química bromatológica do Labe Labe (Dolichos lab lab L.). Rev. Soc. Bras. Zoot. 6(2):212-224. 1977.
31. FRANCA, G.S. DE y CARVALHO, M.M. DE. Ensaio exploratorio de fertilizacao de cinco leguminosas tropicais em um solo de Cerrado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 5:147-153. 1970.
32. GALAVIZ, D.L. Comportamiento de una pradera naturalizada por efecto del descanso y la presión del pastoreo en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 117 p.
33. GARMAN, W.H. ed. The fertilizer hand book 2nd. ed. Washington, D.C. 1963. 292 p.
34. GRAHAM, T.G. Tropical pasture investigations. Queensland Agricultural Journal 73:311-326. 1951.
35. 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 15:663-670. 1975.
36. HENDRICKSEN, R. y MINSON, D.J. The feed intake and grazing a crop of Lablab purpureus cv. Rongai. Journal of Agricultural Science 95: 547-554. 1980.
37. HENDRICKSEN, R.E., POPPI, D.P. y MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by cattle and sheep of stem and leaf fractions of a tropical legume (Lablab purpureus). Australian Journal of Agricultural Research 32:389-398). 1981.
38. 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 2:132-140. 1962.
39. HOLDRIGE, L.E. Ecología basada en zonas de vida. Trad. de la 1a. ed. rev. inglesa por Humberto Jiménez Saa. San José, IICA, 1978. pp. 1-12.
40. HUMPHREYS, L.R. y ROBINSON, A.R. Subtropical grass growth. I. Relationship between carbohydrate accumulation and leaf area growth.

Queensland Journal of Agricultural and Animal Science 23:211-259. 1966.

41. HUMPHREYS, L.R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. *Tropical Grasslands* 14(3):153-158. 1980.
42. HUNT, L.A. Some implications of death and decay in pasture production. *J. Br. Grassl. Soc.* 20:27-31. 1965.
43. HUNT, W.F. The influence of leaf death on the rate of accumulation of green herbage during pasture regrowth. *The Journal of Applied Ecology* 7:41-50. 1970.
44. HUTTON, E.M. y WILLIAMS, W.T. Cold tolerance in Siratro and bred lines of Macroptilium atropurpureum. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 45(4):248-250. 1979.
45. JAMIESON, W.S. y HODGSON, J. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science* 34:261-271.
46. JENNY, H., CESSER, S.P. y BINGHAM, F.T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68(6):419-432. 1949.
47. JONES, R.J. Effects of close cutting and nitrogen fertilizer on growth of a Siratro (Phaseolus atropurpureus) at Samford, South eastern Queensland. *Australian Journal of experimental agriculture and Animal husbandry* 7:157-161. 1967.
48. KERRIDGE, P.C. y RATCLIFF, D. Comparative growth of four tropical pasture legumes and guinea grass with different phosphorus sources. *Tropical Grasslands* 16(1):33-40. 1982.
49. LAREDO, M.A. y MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 24(6):875-878. 1973.
50. LOUSTALOT, A.J. y TELFORD, E.A. Physiological experiments with tropical kudzu. *Journal of the American Society of Agronomy* 40(5): 503-511. 1948.
51. LUDLOW, M.M. et al. Effect of sward structure of two tropical grasses with contrasting canopies on light distribution, net photosynthesis and size of bite harvested by grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 33:187-201. 1982.
52. MANNETJE, L. 'T. Effect of daylength and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. II. N-concentration, estimated digestibility and leafiness. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:256-263. 1975.

53. McCLOUD, D.E. y BULA, R.J. Climatic factors in forage production. In: Heath, M., Metcalfe, D.S. y Bernes, R., eds. Forage. Iowa, Iowa State University, 1980. pp. 372-382.
54. MC IVOR, J.C. The effect of cutting interval and associate grass species on the growth of Stylosanthes species near Ingham, North Queensland Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 18:546. 1978.
55. MEIJS, J.A.C. Herbage intake by grazing cattle. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Agricultural Research Reports 909. 1981. 264 p.
56. MILFORD, R. y MINSON, D.J. The effect of age and method of haymaking on the digestibility and voluntary intake of the forage legume Dolichos lab and Vigna sinensis. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 8(33):409-412. 1968.
57. MOTT, G.O. Evaluación del germoplasma forrajero bajo diferentes sistemas de manejo. In: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Germoplasma forrajero pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación. Paladines, O. y Lascano, C., eds. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Cali, Colombia, sept. 22-24, 1982. Cali, Colombia. 1983. pp. 149-164.
58. MULLER, L. Un aparato Micro-Kjeldahl simple para análisis de rutina rápido de materias vegetales. Turrialba 11(1):17-25. 1961.
59. MURTAGH, G.J. y DOUGHERTY, A.B. Relative yield of Lablab and velvet bean. Tropical Grasslands 2(1):57-63. 1968.
60. MUSA, M.M. y BURHAM, H.O. The relative performance of forage legumes as rotational crops in the Cezira. Experimental Agriculture 10(2):131-140. 1974.
61. NG, T.T. Performance of some tropical grass-legume mixtures in Sarawak. Malaysian Agricultural Journal 50(3):400-410. 1976.
62. OKE, O.L. Nitrogen fixing capacity of Calopogonium and Pueraria. Tropical Science 9(2):90-93. 1967.
63. ORTEGA, C.M. y SAMUDIO, C.E. Efectos de la fertilización fosfatada en la producción de materia seca y composición química del kudzu tropical (Pueraria phaseoloides (Roxb) Benth). Ciencia Agropecuaria (Panamá) 1:9-19. 1978.
64. _____. Productividad estacional de cuatro leguminosas tropicales. In: REUNION LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL. 7. Panamá, 1979. México, Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 1979. (Resumen).
65. PATERSON, R.T., SAUMA, G. y SAMUR, C. The growth of young bulls on grass/legume pastures in sub-tropical Bolivia. Tropical Animal Production 4:154-161. 1979.

66. PIERRE, W.H. y BERTAM, F.E. Kudzú production with special reference to influence of frequency of cutting on yields and formation of root reserves. *Journal of the American Society of Agronomy* 21 (11):1079-1101. 1929.
67. PINZON, B. et al. Efecto del encalado en suelos ácidos de Panamá. 1. Producción y composición química de la materia seca del desmodium (*Desmodium ovalifolium* cv. Costa Rica) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*). *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) 3:59-66. 1980.
68. REYES, C. y SANTHIRASEGARAM, K. Rendimiento de rebrotes en diferentes tratamientos de defoliación en tres leguminosas tropicales. *Revista de Investigación Pecuaria* (Perú) 3(1):47-52. 1974.
69. RIVERA B., L. The utilization of grasses, legumes and other forage crops for cattle feeding in Puerto Rico. I. Comparison of Guinea Grass, Pará Grass "Malojillo" and a mixture of Pará Grass and Tropical Kudzú as pasture crops. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 31(2):180-189. 1947.
70. RUIZ, M.E. y PEZO, D. Aspectos nutricionales de la ganadería de carne. In: *Sistemas de producción bovina con énfasis en leche. Curso intensivo, Nov. 2 a Dic. 5, 1981. CATIE, Turrialba, 1981. s. p.*
71. RUIZ, T. et al. Estudios agronómicos en soya perenne (*Clycine wightii*). III. Intérvalos de corte y frecuencia de aplicación de P. y K. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 11:95-102. 1977.
72. SACHDEV, M.S., OZA, A.M. y SUBBIAH, B.V. Possibilities of improving the efficiency of nitrogenous fertilizers. In: *Soil Organic Matter Studies. V. 1. Proceedings of a Symposium on soil organic matter studies jointly organized by the International Atomic Energy Agency and The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Brunschweig, 6-10 September 1976. Vienna. 1977.*
73. SALA, V.O. et al. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34(1):48-51. 1981.
74. SAMUR, C. Producción de forraje de cuatro leguminosas en asociación con rastrojo de maíz. Informe de Problema Especial, Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica, CATIE, Turrialba. 20 p. 1984.
75. SANTHIRASEGARAM, K. Praderas tropicales mejoradas a base de leguminosas forrajeras. *World Animal Review* (17):34-39. 1976.
76. SCHOFIELD, J.L. A comparison of soil nitrate nitrogen values under bare fallow and after ploughing in various perennial tropical legumes and cowpeas. *Queensland Journal of Agricultural Science* 2:170-189. 1945.
77. SILVESTER-BRADLEY, R. Selección de cepas de *Rhizobium* y tecnologías

para la inoculación de leguminosas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Pastos Tropicales. Boletín Informativo N^o 6. 1982. p. 4-5.

78. SING, B.N. y LAL, K.N. Investigation of the effect of age on assimilation of leaves. *Annals of Botany (London)* 49:291-306. 1935.
79. SMITH, R.M., SAMUELS, G. y GERNUDA, C.F. Organic matter and nitrogen build-ups in some Puerto Rican soil profiles. *Soil Science* 72 (6):409-472. 1951.
80. SOUTO, S.M. y CARVALHO, S.R. Analise de crescimento de dezoito leguminosas forrageiras tropicais. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira Serie Zootecnia* 7:71-74. 1972.
81. STOBBS, T.H. The effect of planta structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 24:809-819. 1973.
82. STOBBS, T.H. e IMRIE, B.C. Variation in yield, canopy structure, chemical composition and in vitro digestibility within and between two *Desmodium* species and interspecific hybrids. *Tropical Grasslands* 10(2):99-106. 1976.
83. SWEENEY, F.C. y HOPKINSON, J.M. Vegetative growth of nineteen tropical and subtropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. *Tropical Grasslands* 9(3):209-217. 1975.
84. TEITZEL, J.K. y BRUCE, R.C. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 2. Granitic soils. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 11:77-84. 1971.
85. TERGAS, L.E. Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical. In: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación. Paladines, O. y Lascano, C., eds. Memoria de una reunión de trabajo celebrada en Cali, Colombia, sept. 22-24, 1982. Cali, Colombia. 1983. pp. 65-80.
86. THORNE, G.N. Photosynthesis of lamina and sheath of barley leaves. *Annals of Botany (London)* NS(23):365-370. 1959.
87. TREJOS M., R. Efecto de niveles de carbohidratos no estructurales totales en el rebrote de *Stylosanthes capitata* Vog. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 56 p.
88. VICENTE-CHANDLER, J., CARO-COSTAS, R. FIGARELLA, J. The effect of two heights of cutting and three fertility levels on the yield, protein content and species composition of a tropical kudzu and molasses grass pasture. *Agronomy Journal* 45(9):397-400. 1953.
89. VILLALOBOS, J.L. Efecto del intervalo de descansos y la presión de pastoreo sobre el comportamiento de la asociación de kudzu tro-

90. WALTER, H. y LIETH, H. Klima diagram-Weltatlas, Iena, Gustav Fisher Verlag. 1977. p. irr.
91. WALTON, P.D. The production and management of cultivated forages. Reston Publishing Co. Inc., Reston, Va. 1983. 336 p.
92. WALSH, S.R. Tropical legumes for better pastures. Queensland Agricultural Journal 84:527-530. 1958.
93. WARMKE, H.E., FREYRE, R.H. y MORRIS, M.P. Studies on palatability of some tropical legumes. Agronomy Journal 43(12):517-520. 1951.
94. WATKINS, J.M. y SEVEREN, M.L. Effect of frequency and height of cutting on the yield, stand and protein content of some forages in El Salvador. Agronomy Journal 43(6):91-296. 1951.
95. WATSON, S.E. y WHITEMAN, P.C. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands. II. Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. of Ag. Sc. (UK) 97(3):669-676.
96. WHITEMAN, P.C. The effects of close 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 9:287-294. 1969.
97. _____. y LULHAM, A. Seasonal changes in growth and nodulation of perennial tropical pasture legumes in the field. I. The influence of planting date and grazing and cutting on Desmodium uncinatum and Phaseolus atropurpureus. Australian Journal of Agricultural Research 21: 195-206. 1970.
98. _____. Seasonal changes in growth and nodulation of perennial tropical pasture legumes in the field. II. Effects of controlled defoliation levels on nodulation of Desmodium intortum and Phaseolus atropurpureus. Australian Journal of Agricultural Research 21:207-214. 1970.
99. _____. Seasonal changes in growth and nodulation of perennial tropical pasture legumes. 3. Effects of flowering on nodulation of three Desmodium species. Australian Journal of Agricultural Research 21:215-222. 1970.
100. WHITNEY, A.S., KANEHIRO, Y. y SHERMAN, G.D. Nitrogen relationships of three tropical forage legumes in pure stands and in grass mixtures. Agronomy Journal 59:47-50. 1967.
101. WILLIAMS, W.A. The role of leguminosae in pasture and soil improvement in the neotropics. Tropical Agriculture (Trinidad) 44(2): 103-115. 1967.
102. WINKS, L. et al. Performance of steers in northern Queensland grazing a tropical legume-grass pasture at two stocking rates on two soil types. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 8:450-454. 1970. Swan's Lagoon Cattle Fld. Res. Station,

8. APENDICE

Cuadro IA Análisis del suelo del área experimental (Fecha de muestreo:
26-5-83)

Elemento		Muestra			
		0-20 cm		20-40 cm	
		1 (1-6)*	2 (7-20)	1 (1-6)	2 (7-20)
P	ug/ml	36	21	29	16
K	meq/100 g	0,18	0,19	0,10	0,08
Ca	meq/100 g	3,20	3,10	3,00	3,10
Mg	meq/100 g	0,87	0,85	0,77	0,61
Cu	ug/ml	39	33	44	34
Zn	ug/ml	7,00	6,60	5,70	5,40
Mn	ug/ml	15,20	12,20	6,90	4,30
S	ug/ml	12,50	11,30	7,50	5,00
Fe	ug/ml	940	865	528	440

* Número de las parcelas incluidas (C_{fr} . Fig. 1A).

Los elementos que se encuentran en un nivel bajo son: P, K, Ca, Mg y S, según tabla de interpretación de Díaz-Romeu y Hunter,

Fig. 1A Plano de Campo

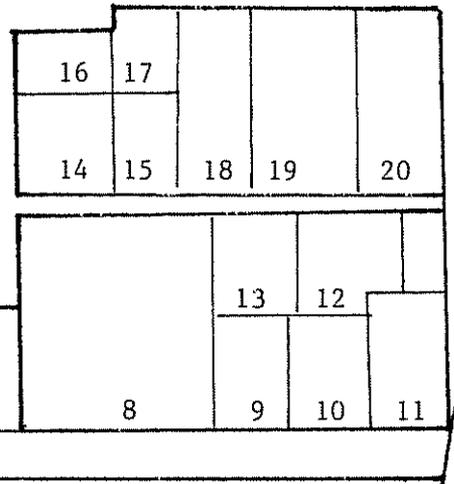
Escala



Quebrada

Drenaje

Pasto
Cruza 1



Cuadro 2A Lista de tratamientos y asignación a las parcelas

Tratamiento	Materia seca hojas		Area/parcela m ²	Parcelas #
	kg/ha Disponibile	Residual		
<u>Pueraria phaseoloides</u>				
1	800	200	255	6,20
2	800	400	350	5,19
3	800	600	700	1,8
4	1200	200	150	4,15
5	1200	400	175	3,10
6	1200	600	225	7,18
7	1600	200	100	14,16
8	1600	400	125	9,13
9	1600	600	150	12,17
<u>Lablab purpureus</u>				
10	1200	400	175	2,11

Cuadro 3A Desaparición de la biomasa foliar en las primeras parcelas en completar el pastoreo de uniformización, g MS/kg PV/hora

Parcela	Masa de hojas kg MS/ha	Animales kg PV	Duración pastoreo horas	Carga instantánea horas-kg PV	Consumo kg MS hojas /hora/kg PV
20	43,6	740	26		
		+			
		220	4	20120	0,00241
3	23,5	651	20	13020	0,00180
15	25,6	450	28	12600	0,00202
10	35,6	375	49	18375	0,00194
				\bar{x}	0,00204
				SD	0,00026
				CV	12,79%

Cuadro 4A Consumo de biomasa en un cultivo de P. phaseoloides durante el pastoreo inicial, kg MS/100 kg PV/día

MS hojas/ha	Consumo, kg MS/100 kg PV/día			
	Hojas	Tallos	Malezas	
Disponible				
800	2,8	1,9	0,3	
1200	2,0	0,8	0,5	
1600	2,0	1,1	0,2	
Residual				
200	2,0	1,3	0,3	
400	2,5	1,3	0,7	
600	2,3	1,0	0,2	
	\bar{x}	2,3	1,2	0,4

Cuadro 5A Efecto del nivel disponible de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de P. phaseoloides

	Nivel disponible, kg MS hojas/ha								
	800	1200	1600	800	1200	1600	800	1200	1600
	Pastoreo inicial			Primer pastoreo			Pastoreo final		
	kg MS/ha								
Tallos	2454 _a	2199 _a	2721 _a	2104 _b	1889 _b	2664 _a	1829 _a	1777 _a	2460 _a
Malezas	288 _a	257 _a	127 _a	249 _b	688 _a	331 _{ba}	1252 _a	1415 _a	470 _b
M. muerto	1945 _a	1076 _a	1581 _a	2049 _a	2061 _a	2653 _a	2541 _a	3384 _a	4508 _a
Total	4687 _a	3532 _a	4429 _a	4402 _a	4638 _a	5648 _a	5622 _a	6576 _a	7438 _a

Valores con la misma letra en la misma hilera y en el mismo pastoreo no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan.

Cuadro 6A Efecto del nivel disponible de MS de hojas en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo P. phaseoloides.

	Nivel disponible, kg MS hojas/ha								
	800	1200	1600	800	1200	1600			
	Pastoreo inicial			Primer pastoreo					
				Pastoreo final					
	Proporción %								
Tallos	52,3 _a	62,2 _a	61,4 _a	47,8 _a	40,7 _a	47,2 _a	32,5 _a	27,0 _a	33,1 _a
Malezas	6,1 _a	7,3 _a	2,9 _a	5,6 _a	14,8 _a	5,9 _a	22,3 _a	21,5 _a	6,3 _a
M. muerto	41,6 _a	30,5 _a	35,7 _a	46,5 _a	44,4 _a	46,9 _a	45,2 _a	51,5 _a	60,6 _a
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Valores con la misma letra en la misma hilera y en el mismo pastoreo no difieren significativamente al 5%, según Prueba de Duncan.

Cuadro 7A Efecto del nivel residual de MS de hojas en los componentes de la biomasa en un cultivo de

P. phascolooides.

	Nivel residual, kg MS hojas/ha								
	200	400	600	200	400	600	200	400	600
	Pastoreo inicial			Primer pastoreo			Pastoreo final		
	kg MS/ha								
Tallos	2485 ^a	2357 ^a	2483 ^a	2092 ^a	2023 ^a	2521 ^a	1164 ^b	2489 ^a	2412 ^a
Malezas	147 ^a	322 ^a	204 ^a	589 ^a	579 ^a	118 ^b	1875 ^a	821 ^a	435 ^a
M. muerto	1599 ^a	1349 ^a	1655 ^a	2348 ^a	1912 ^a	2518 ^a	2948 ^a	3389 ^a	4097 ^a
Total	4231 ^a	4028 ^a	4342 ^a	5029 ^a	4514 ^a	5157 ^a	5987 ^a	6699 ^a	6944 ^a

Cuadro 8A Efecto del nivel residual de MS de hojas en la proporción de los componentes en la biomasa en un cultivo de P. phaseoloides.

	Nivel residual, kg MS hojas/ha								
	Pastoreo inicial		Primer pastoreo		Pastoreo final				
	200	400	600	200	400	600			
Tallos	58,7 _a	58,5 _a	57,2 _a	41,6 _a	44,8 _a	48,9 _a	19,4 _b	37,1 _a	34,7 _a
Malezas	3,5 _a	8,0 _a	4,7 _a	11,7 _a	12,8 _a	2,3 _a	31,3 _a	12,3 _{ba}	6,3 _b
M. muerto	37,8 _a	33,5 _a	38,1 _a	47,7 _a	42,4 _a	48,8 _a	49,3 _a	50,6 _a	59,0 _a
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro 9A. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

Variable	F	P F
1. Producción		
1.1 Crecimiento diario de hojas		
Disponible	0,22	0,80
Residual	2,43	0,13
Disponible x Residual	0,76	0,57
1.2 Tiempo de rebrote		
Disponible	3,78	0,06
Residual	1,13	0,36
Disponible x Residual	0,62	0,65
1.3 Producción total de hojas		
Disponible	0,92	0,42
Residual	0,63	0,55
Disponible x Residual	1,53	0,26
2. Ultimo período de crecimiento		
2.1 Contenido de MO del suelo		
Disponible	2,11	0,17
Residual	3,28	0,08
Disponible x Residual	0,38	0,82
2.2 Contenido de N del suelo		
Disponible	0,04	0,95
Residual	1,64	0,24
Disponible x Residual	0,97	0,46
3. Utilización		
3.1 Consumo de hojas		
Disponible	16,91	0,0006
Residual	2,76	0,11
Disponible x Residual	5,19	0,01
3.2 Carga animal		
Disponible	9,31	0,01
Residual	4,83	0,05
Disponible x Residual	1,43	0,33

