

SELECCION DE ESPECIES FORRAJERAS PARA CORTE ADAPTADAS A SUELOS ACIDOS DE BAJA FERTILIDAD EN UN ULTISOL DE COLOMBIA¹ /

L. E. TERGAS*
G. A. URREA*

Summary

In a field experiment conducted at CIAT-Quilichao, Cauca, Colombia, the adaptation of tropical forage species to acid low fertility soils by means of growth rates with three levels of soil fertilization was studied during the first year of establishment including dry and wet seasons

Elephant grass (Pennisetum purpureum), sugar cane (Saccharum officinarum) and imperial grass (Axonopus scoparius) were selected as the best forage species adapted to soil acidity and low soil fertility. Leucaena (Leucaena leucocephala) was not adapted to soil conditions and pigeon pea (Cajanus cajan) and cassava (Manihot esculenta), even though they are adapted to soil conditions, they were not persistent under the cutting regime imposed.

The effects of levels of fertilization and species and the interaction between both variables were highly significant ($P < 0.001$) for each season of the year.

Introducción

La ganadería en América tropical se desarrolla casi exclusivamente en praderas compuestas principalmente por gramíneas y en menor grado por asociaciones de gramíneas con leguminosas nativas, naturalizadas o cultivadas. Sin embargo, en condiciones de explotaciones más intensivas, tales como lecherías de doble propósito y especializadas y sistemas de engorde, la producción de forrajes con base en pastos de corte cobra cada día mayor importancia como complemento al pastoreo.

Sánchez y Cochrane (25) estimaron que los Oxisoles y Ultisoles comprenden el 56% de los suelos tropicales de América; ambos suelos son semejantes y se caracterizan por tener altos niveles de acidez y baja fertilidad natural. Los Ultisoles comprenden una extensión de 371 millones de hectáreas, son muy comunes en Centroamérica en áreas de alta precipitación (26), en territorios donde la ganadería juega un papel importante en la producción de alimentos. De ahí la

importancia de una buena selección de especies forrajeras, adaptadas a estas condiciones de suelo, capaces de mantener tasas de crecimiento aceptables, a través de las estaciones del año, con bajos insumos de fertilizantes.

El objetivo de este trabajo fue la selección de especies forrajeras por su adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad natural, con base en su producción de materia seca, considerando además el valor nutritivo *in vitro* del forraje.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la Estación Experimental CIAT-Quilichao, Cauca, latitud 3°06'N y longitud 76°31'W, 45 km al sur de Cali, a una altura de 990 msnm en un suelo Ultisol (Palehumult ortóxico) alto en materia orgánica (7-8%), pH 4.1-4.6 (agua), 2-4 mg/kg fósforo (P) soluble (Bray II), aluminio (Al) intercambiable 3.7-4.0 me/100 g suelo. El promedio de precipitación anual ha sido de 1690 mm en los últimos 7 años, incluyendo los experimentales, y comprende dos estaciones lluviosas bien definidas de marzo a mayo y de setiembre a diciembre, seguidas por períodos relativamente secos de alrededor de 60-90 días el resto del año (Cuadro 1).

¹ Recibido para publicación el 21 de diciembre de 1984.

* CIAT, Programa de Pastos Tropicales, Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia.

Cuadro 1. Distribución de las lluvias en la Estación Experimental CIAT-Quilichao¹, 1974-1983.

Año	MESES												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1974	128 ²	152	141	187	134	71	51	73	243	252	226	81	1 739
1975	78	240	228	206	164	108	93	175	86	233	236	265	2 112
1976	71	215	166	146	168	69	0	0	61	187	209	163	1 455
1977	79	99	116	182	121	65	32	76	199	256	193	91	1 509
1978	49	15	179	291	241	112	72	16	69	143	155	320	1 662
1979	95	30	153	140	169	28	82	139	205	156	297	58	1 552
1980	105	196	92	159	91	105	2	24	117	240	179	238	1 548
1981	59	152	152	302	188	60	74	66	37	207	356	112	1 765
1982	112	145	109	292	214	82	57	0	150	251	296	203	1 911
1983	60	28	176	298	251	97	35	28	20	173	175	308	1 649
PROML- DIO	84	127	151	220	174	80	50	59	119	210	232	184	1 690

1 Latitud 3°06'N; longitud 76°31'W; 990 msnm

2 Milímetros

Se establecieron tres niveles de fertilización: un testigo; un nivel medio con aplicaciones anuales por dos años de 150 kg de cal dolomítica, 100 kg nitrógeno (N) y 44 kg de fósforo (P) por hectárea; y un nivel alto con 2000 kg cal dolomítica, 200 kg N, 88 kg P, 42 kg de potasio (K) más 20 kg de azufre (S), 5 kg de boro (B) y 1 kg de cobre (Cu) por hectárea, con la misma frecuencia de aplicación. Las aplicaciones de N se dividieron en dos fracciones anuales y se utilizó urea, sulfato de amonio, superfosfato triple, cloruro de potasio, azufre elemental, bórax y sulfato de cobre como fuentes de cada nutrimento.

Al inicio de la estación lluviosa se establecieron 6 especies de plantas forrajeras tropicales: elefante (*Pennisetum purpureum* cv. H504), caña (*Saccharum officinarum* cv. P.O.J. 2878), imperial (*Axonopus scoparius* cv. común), leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham), guandul (*Cajanus cajan* cv. común) y yuca (*Manihot esculenta* MCol 22), las cuales se sembraron utilizando semillas o material vegetativo, según las características de las especies. El tamaño de la subparcela para cada especie fue de 15 x 20 m.

Después de 120 días de establecimiento se determinó la cantidad de materia seca producida tomando al azar una muestra de un metro cuadrado de forraje verde cortado a 15 cm del suelo, de la cual se tomaron dos submuestras de 500 g y se secaron en un hor-

no con aire forzado a una temperatura de 60°C por 24 horas para determinación del porcentaje de humedad.

A partir de entonces la frecuencia de corte fue, aproximadamente, de 8 semanas para la estación seca y de 6 semanas para la estación lluviosa. La tasa de crecimiento se calculó con base en la cantidad de materia seca producida por el tiempo de duración del periodo en días.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas en los cuales la parcela principal fue niveles de fertilización y la subparcela se consideró las especies establecidas, con dos repeticiones. El análisis de varianza de los resultados, en términos de tasas de crecimiento diario, se realizó independientemente para cada época del año, considerando el periodo de establecimiento y las siguientes estaciones seca y lluviosa, respectivamente. Las medias se compararon mediante la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, en aquellos casos en que hubo significación con una probabilidad de error < 0.05.

Resultados y discusión

Los tratamientos de fertilización aumentaron significativamente los niveles de fertilidad natural del sue-

lo en términos de P soluble y cationes intercambiables Ca, Mg y K, sin afectar mayormente el pH y Al intercambiable, aunque se presentó una disminución en saturación de Al por aumento en la suma de los demás cationes (Cuadro 2). Esta es una característica de este tipo de suelos Ultisoles, altos en materia orgánica, en los cuales es posible mejorar la fertilidad natural a base de fertilización pero es muy difícil o muy costoso modificar las características de acidez, a menos que se utilicen grandes cantidades de productos de enmiendas a base de cal. Así por ejemplo, de acuerdo con la fórmula propuesta por Kamprath (13), se requieren aproximadamente 8 toneladas/ha equivalentes de carbonato de calcio para aumentar el pH a 5.5-6.0. De ahí la estrategia aceptable de seleccionar y utilizar especies de plantas forrajeras tolerantes a este tipo de estrés en el suelo (27, 29, 32).

Las tasas de crecimiento de materia seca promedio de las especies seleccionadas aumentaron significativamente ($P < 0.001$) con los niveles de fertilización (Cuadro 3) y variaron con la especie (Cuadro 4) durante las tres épocas de evaluación. Al mismo tiempo se presentó una interacción altamente significativa ($P < 0.001$) entre estos dos factores en cada una de las épocas estudiadas.

Los aumentos promedios de tasas de crecimiento por efecto de los niveles de fertilización estuvieron en el orden de 41-54% del testigo al nivel medio y de 67-77% del testigo al nivel alto, dependiendo de la época del año, disminuyendo luego a través del tiempo a medida que el efecto de la fertilización desaparecía (Cuadro 3). En términos absolutos la mayor tasa de crecimiento, 95.2 kg/ha/día, se presentó al

nivel alto durante la estación lluviosa, pero las mejores respuestas en términos de aumentos en tasa de crecimiento por efecto de los tratamientos se presentaron durante el establecimiento, 54 y 77% al nivel medio y alto, respectivamente, sobre el testigo.

Las tasas de crecimiento de materia seca en promedio para los tres niveles de fertilización del pasto elefante fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) que las demás especies forrajeras estudiadas, resultando ser más del doble que el promedio de las otras especies durante las tres épocas en el primer año de evaluación (Cuadro 4). Por otro lado, con las gramíneas el comportamiento de la caña fue generalmente muy pobre con tasas de crecimiento muy bajas a través del año y el imperial solamente presentó tasas de crecimiento aceptables durante la estación lluviosa al final del año. En general el comportamiento de las leguminosas, leucaena y guandul, fue también relativamente pobre, llegando inclusive a disminuir la tasa de crecimiento hacia el final del año durante la estación lluviosa. Algo similar ocurrió con la yuca, mostrando que régimen de corte a que fueron sometidas estas tres especies no es apropiado para sostener la producción de forrajes a través del año.

La interacción significativa ($P < 0.001$) entre niveles de fertilización y especie forrajeras, con relación a las tasas de crecimiento de la materia seca durante las tres épocas en el primer año de evaluación, se presentan en la Figura 1. Esta interacción ha sido usada como criterio para la selección de especies adaptadas a niveles bajos de fertilidad natural. De acuerdo con este concepto, una planta con producción de materia seca, con niveles bajos en fertilización, que excede al

Cuadro 2. Cambios en las propiedades químicas del suelo¹ debido a los tratamientos² durante el establecimiento y primer año de evaluación de forrajes³ bajo corte en CIAT-Quilichao, 1978.

Niveles de fertilización	M.O.	P		Cationes intercambiables					Sat. Al
		Bray II	pH	Ca	Mg	K	Al	C.I.	
	%	ppm		meq/100 g					
I	7.6	4.2	3.9	0.30	0.14	0.13	4.7	5.3	89
II	7.5	11.8	3.8	0.42	0.18	0.15	4.5	5.3	86
III	7.8	10.7	3.9	0.80	0.18	0.16	4.4	5.6	80

1 Promedio de dos muestras a 20 cm por repetición dos veces en el año.

2 I = Testigo

II = 150, 100, 44 kg/ha de cal, N, P, respectivamente.

III = 2000, 200, 88, 42 kg de cal, N, P, K, respectivamente + S, B, Cu.

3 *P. purpureum*, *S. officinarum*, *A. scoparius*, *L. leucocephala*, *C. cajan* y *M. esculenta*.

Cuadro 3. Efectos de la fertilización sobre la tasa de crecimiento de materia seca¹, promedios de varios forrajes² durante el establecimiento y primer año de evaluación bajo corte en CIAT-Quilichao, 1978.

Nivel de fertilización ³	Establecimiento	Estación seca	Estación lluviosa
	120 días	115 días	130 días
	kg/ha/día		
I	5.9 c ⁴	18.1 c	30.6 c
II	12.9 b	36.4 b	51.7 b
III	26.0 a	65.9 a	95.2 a

1 60°C por 24 horas

2 *P. purpureum*, *S. officinarum*, *A. scoparius*, *I. leucocephala*, *C. cajan* y *M. esculenta*.

3 I = Testigo

II = 150, 100, 44 kg/ha de Cal, N y P, respectivamente.

III = 2000, 200, 88, 41 kg/ha de Cal, N, P y K, respectivamente más S, B, Cu

4 Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Cuadro 4. Tasas de crecimiento de materia seca¹ de especies de forrajes durante el establecimiento y primer año de evaluación bajo corte promedios de tres niveles de fertilización² en CIAT-Quilichao, 1978.

Especie	Establecimiento	Estación seca	Estación lluviosa
	120 días	115 días	130 días
	kg/ha/día		
<i>P. purpureum</i>	33.7 a ³	103.5 a	182.1 a
<i>S. officinarum</i>	8.2 d	20.0 d	30.7 d
<i>A. scoparius</i>	2.8 e	9.6 e	66.3 b
<i>I. leucocephala</i>	6.8 d	16.4 de	18.1 e
<i>C. cajan</i>	14.0 c	28.8 c	7.1 f
<i>M. esculenta</i>	24.1 b	62.6 b	51.1 c

1 60°C por 24 horas

2 I = Testigo

II = 150, 100, 44 kg/ha de Cal, N y P, respectivamente.

III = 2000, 200, 88, 42 kg/ha de Cal, N, P y K, respectivamente más S, B, Cu.

3 Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

50% de su rendimiento máximo al nivel más alto de fertilización, se le considera de "producción relativa media" y por encima del 80% del posible rendimiento máximo, se le considera de "producción relativa alta".

Este concepto fue desarrollado por Salinas y Delgado (23) en un Oxisol en los Llanos Orientales de Colombia y más adelante comprobado en un Ultisol

con diferentes especies de pastos gramíneas y leguminosas (30). En el presente trabajo las mejores especies seleccionadas de acuerdo con este concepto fueron elefante, caña e imperial. Sin embargo, tomando en consideración la producción anual de forraje, se puede calcular que la producción promedio de materia seca del elefante en los tres niveles de fertilización, fue de 39.6 t/ha/año (Cuadro 4), lo cual es sobresaliente comparado con las demás especies y para el tipo de suelo donde se realizó este trabajo.

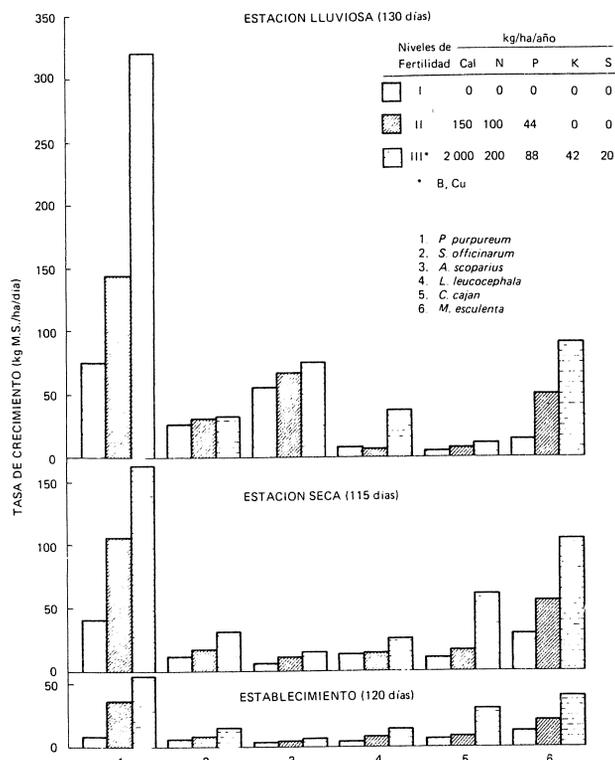


Fig. 1. Tasas de crecimiento de materia seca de varios forrajes durante el establecimiento y primer año de evaluación bajo corte con tres niveles de fertilización en CIAT-Quilichao, 1978.

El Cuadro 5 muestra los promedios de proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y fósforo, principales factores de valor nutritivo del forraje de las especies estudiadas. El valor nutritivo de las leguminosas leucaena y guandul y de la yuca forrajera fueron superiores que el de las gramíneas; sin embargo, solamente en la caña, éste se considera marginal para su utilización en alimentación bovina.

El pasto elefante ha sido señalado como una de las especies forrajeras tropicales con las tasas de crecimiento y conversión de energía solar más altas, comparado con especies de regiones templadas (7). Su adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad natural también es notable cuando se usan cantidades relativamente pequeñas de insumos, en condiciones de suelos tropicales Oxisoles y Ultisoles, similares a los presentes en este trabajo en Brasil (18), Colombia (23) y Malasia (6). Por lo tanto, esta especie de gramínea se recomienda como la más promisoría de todas las estudiadas en condiciones donde la acidez y la baja fertilidad natural de suelos son los principales factores ecológicos limitantes de la producción de forrajes.

De las otras dos gramíneas seleccionadas, la caña de azúcar ha sido reconocida como un cultivo tropical con un gran potencial de producción de forraje (22), alcanzando en Hawaii tasas de crecimiento hasta de 380 kg de materia seca/ha (3); pero no es un cultivo muy tolerante a suelos ácidos con niveles altos de saturación de Al (1) y que, además de cal, tiene altos requerimientos de fósforo (5). El pasto imperial es bastante tolerante a suelos ácidos de baja fertilidad y su producción puede aumentar por medio de la fertilización (15); en climas fríos y medios, en suelos derivados de cenizas volcánicas, ha presentado respuesta a la aplicación de K (14); sin embargo, no se adapta bien a regiones tropicales bajas de menos de 600 m de altura y con temperaturas promedio superiores a 25°C (2).

De las dos leguminosas estudiadas ninguna resultó seleccionada de acuerdo con el concepto de rendimientos relativos. Leucaena crece muy pobre en suelos Oxisoles ácidos con altos contenidos de Al intercambiable (2), aunque en estas condiciones se ha encontrado que la fertilización con cal y fosfatos estimula significativamente su crecimiento (9); sin embargo, se han reportado requerimientos en suelos ácidos hasta de 11 t cal/ha para alcanzar el 90% del rendimiento máximo, lo cual fue mayor en condiciones similares que los requerimientos de la alfalfa (*Medicago sativa*), (19).

En cuanto al guandul, las hojas y vainas producen un forraje excelente y se considera con potencial como planta forrajera en Brasil (31), aunque su uso no es muy común en Colombia (8). Aunque por lo general se considera que el guandul es una leguminosa adaptada a condiciones de suelos ácidos (24), existen variedades seleccionadas en suelos más fértiles. La producción de forraje ha alcanzado 12.4 t de materia seca/ha en 5 cortes (11); para obtener una regeneración satisfactoria de las plantas éstas deben ser cortadas a una altura de 50-75 cm del suelo y permitir un rebrote de hasta 150 cm o más antes de volverlas a cortar (4), lo cual no sucedió en el presente trabajo por el régimen de corte a que fue sometido. A pesar de no haber sido seleccionado como especie promisoría por su crecimiento a través del año, la tasa promedio de crecimiento durante la estación seca, 28.8 kg/ha/día, podría contribuir a la suplementación de forraje con altos contenidos de proteína cruda durante esta época crítica del año.

La yuca se considera una especie bien adaptada a condiciones de suelos ácidos aunque se ha indicado diferencias varietales en cuanto a requerimientos de cal (29). El uso de las hojas, pecíolos y tallos de yuca como forraje en la suplementación de la alimentación de rumiantes ha sido estudiado tanto para producción

Cuadro 5. Valor nutritivo *in vitro* de especies de forrajes, promedios de tres niveles de fertilización¹, durante las diferentes épocas del año bajo corte en CIAT-Quilichao, 1978.

Especie	Proteína cruda	DIVMS ²	Fósforo
		%	
<i>P. purpureum</i>	12.5	49.3	0.14
<i>S. officinarum</i>	8.1	41.5	0.12
<i>A. scoparius</i>	12.9	55.2	0.15
<i>L. leucocephala</i>	22.1	68.3	0.17
<i>C. cajan</i>	20.1	58.3	0.20
<i>M. esculenta</i>	26.0	56.2	0.21

1 I = Testigo.

II = 150, 100, 44 kg/ha de Cal, N y P, respectivamente

III = 2000, 200, 88, 42 kg/ha de Cal, N, P y K, respectivamente más S, B. Cu.

2 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

de leche (10) como para la producción de carne (17), aprovechando los altos contenidos de proteína cruda y bajos niveles de fibra (12) y la variación en los contenidos de ácido cianhídrico de diferentes clones o ecotipos (21). En las condiciones en que se realizó este trabajo la yuca no fue seleccionada como especie forrajera promisorio debido a que su comportamiento no fue perenne, posiblemente por el régimen de corte a que fue sometida; sin embargo, se reconoce su contribución al mantener tasas de crecimiento muy altas, 62.6 kg/ha/día, durante la estación seca. Quizás con un manejo agronómico más adecuado, que incluya fertilización e irrigación tal como sugiere Montaldo (16), o el cese del corte durante la estación lluviosa para permitir una recuperación de la planta, se podría aprovechar las cualidades de producción de forraje de esta especie para su uso como suplemento durante la estación seca. Esto, sin embargo, implicaría costos adicionales del cultivo que podrían limitar su utilización comparado con las otras especies estudiadas.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo muestran que mediante la aplicación de cantidades moderadas de cal y fertilizantes N P K, es posible aumentar significativamente las tasas de crecimiento de forrajes tropicales en suelos ácidos de baja fertilidad natural.

Las gramíneas elefante (*P. purpureum*), caña (*S. officinarum*) e imperial (*A. scoparius*) fueron seleccionadas por su comportamiento perenne y por el criterio de rendimientos relativos que establece niveles de respuestas adecuadas entre 50 y 80% comparado con los posibles rendimientos máximos. Sin embargo,

la producción promedio de materia seca del elefante fue más del doble comparado con las demás especies, lo cual se considera sobresaliente para el tipo de suelos donde se realizó este trabajo.

Entre las leguminosas, las tasas de crecimiento de leucaena (*L. leucocephala*) fueron bajas, excepto al nivel alto de fertilización, debido a la pobre adaptación de esta especie a suelos ácidos. Por otra parte, a pesar de la adaptación del guandul (*C. cajan*) a suelos ácidos, el manejo del cultivo no fue adecuado para favorecer la persistencia de esta especie bajo el régimen de corte impuesto.

El comportamiento de la yuca (*M. esculenta*) fue muy similar al del guandul, aunque las tasas de crecimiento fueron significativamente mayores.

Resumen

En una investigación de campo, conducida en el CIAT-Quilichao, Cauca, Colombia, se estudió la adaptación de especies forrajeras a suelos ácidos de baja fertilidad mediante las tasas de crecimiento con tres niveles de fertilización. El estudio se llevó a cabo durante el primer año de establecimiento, incluyendo las estaciones seca y lluviosa.

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el pasto imperial (*Axonopus scoparius*) fueron seleccionados como las mejores especies que se adaptaron a suelos ácidos y de baja fertilidad.

Leucaena (*Leucaena leucocephala*) no se adaptó a las condiciones del suelo y el guandul (*Cajanus cajan*)

y la yuca (*Manihot esculenta*), a pesar de su adaptación a las condiciones del suelo, no fueron persistentes bajo el régimen de corte impuesto.

Los efectos de los niveles de fertilización, de especies y la interacción entre suelos variables, fueron altamente significativos ($P < 0.001$) para cada estación en el año.

Literatura citada

1. ABRUÑA, F. y VICENTE-CHANDLER, J. Sugar cane yields as related to the acidity of a humid tropic Ultisol. *Agronomy Journal* 59(4):330-332. 1967.
2. ARGUELLES, M., G. y ALARCON, E. Principales pastos de corte en Colombia: Su manejo y capacidad de sostenimiento. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Boletín Técnico No. 49 Bogotá, Colombia, 1977. 31 p.
3. BLACKMAN, G. E. y BLACK, J. N. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. 12. The role of the light factor in limiting growth. *Annals of Botany* 23:131-145. 1959.
4. BOGDAN, A. V. Tropical Pasture and Fodder Plants. Tropical Agriculture Series, Longman Inc., New York. 1977. 327 p.
5. BONNET, J. A., LUGO-LOPEZ, M. A., ROLDAN, J. y PEREZ-ESCOLAR, R. Effect of lime and phosphate-bearing materials on sugar cane yields. *Journal Agricultural, University of Puerto Rico* 42:1-6. 1958.
6. CHENG, T. K. Nitrogen responses of napier grass (*Pennisetum purpureum*) on an Ultisol formed from sandstone in peninsular Malaysia. *MARDI Research Bulletin* 8(1):49-60. 1980.
7. COOPER, J. P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. *Herbage Abstracts* 40(1):1-15. 1970.
8. CROWDER, L. V. Gramíneas y leguminosas forrajeras de Colombia. Min. Agric., Colombia, Bogotá, 1960. Boletín Técnico No. 8.
9. DIJKMAN, M. J. Leucaena -a promising soil-erosion-control plant. *Economic Botany* 4(3):337-349. 1950.
10. ECHANDI, O. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. *Turrialba* 2(4):166-169. 1952.
11. FEBLES, G. y PADILLA, C. Efecto de la inoculación y la aplicación de urea foliar en el rendimiento en forraje del Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y el guandul (*Cajanus cajan*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 4(2):157-159. 1970.
12. GRAMACHO, D. D. Contribuição ao estudo químico-tecnológico do feno de mandioca. Cruz das Almas, Brazil, Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia. Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1(1):143-152. 1973.
13. KAMPRATH, E. J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci Soc Amer. Proc.* 34:252-254. 1970.
14. LOTERO, C., J. y BERNAL, E., J. Fertilización potásica en pastos. *Suelos Ecuatoriales* 9(2):76-79. 1978.
15. LOTERO C., J.; HERRERA P., G. y RAMIREZ P., A. Distancias de siembra y dosis de nitrógeno en pasto imperial. *Revista ICA* 4(3):147-157. 1969.
16. MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In B. Nestel and M. Graham, eds. Cassava as Animal Feed. Proceedings Workshop at the University of Guelph. IDRC, Ottawa, 1977. pp. 95-106.
17. MOORE, C. P. Uso del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes en producción de carne. Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, México. Secretaría de Agricultura y Ganadería y Banco de México, S. A. FIRA. 1976. pp. 47-62.
18. MOZZER, O. L., CARVALHO, M. M. de y EMRICH, E. S. Competição de variedades e híbridos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*) para formação de capineiras em solo de Cerrado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 5:395-403. 1970.
19. MUNNS, D. L. y FOX, R. L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. *Plant and Soil* 46(3):533-548. 1977.

20. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Leucaena-Promising forage and tree crop for the tropic. Washington, D.C. 1977. 115 p.
21. OBREGON, B., R. Variación del ácido cianhidrido en 118 clones de yuca (*Manihot esculenta* Phol.), Agricultura Tropical (Colombia) 24(6):330-334. 1968.
22. PRESTON, I. R. Sistema de engorde intensivo de ganado en el trópico. Seminario sobre el potencial para la producción de ganado de carne en América Tropical. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. 1975. pp. 143-175.
23. SALINAS, J. G. y DELGADILLO, G. Respuesta diferencial de ocho gramíneas forrajeras a estrés de Al y P en un Oxisol de Carimagua, Colombia. Trabajo presentado VII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Heredia, Costa Rica. 1980. 28 p.
24. SANCHEZ, P. A. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and Sons, New York. 1976.
25. SANCHEZ, P. A. y COCHRANE, T. T. Soil constraints in relation to major farming systems of tropical America. In Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. IRRI, Los Baños, Philippines. 1979. pp. 107-140.
26. SANCHEZ, P. A. e ISBELL, R. F. Comparación entre los suelos de los trópicos de América Latina y Australia. In (L. E. Tergas y P. A. Sánchez, eds). Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos, CIAT, Cali, Colombia. 1979. pp. 29-58.
27. SANCHEZ, P. A. y SALINAS, J. G. Suelos Acidos-Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, Colombia, 1983. 93 p.
28. SANCHEZ, S., L. F., VIVAS P., N. y PEREZ B., R. Resultados preliminares sobre fertilización del pasto elefante en un Oxisol del piedemonte llanero. Revista ICA 16(2):63-72. 1979.
29. SPAIN, J. M., FRANCIS, C. A., HOWELER, R. H. y CALVO, F. Diferencias entre especies y variedades de cultivos y pastos tropicales en su tolerancia a la acidez del suelo. In E. Bornemisza y A. Alvarado, eds. Manejo de Suelos en la América Tropical. University Consortium on Soils of the Tropics, Soil Science Dept., N. Carolina St. University, Raleigh, N. C. 1975. pp. 313-335.
30. TERGAS, L. E. y URREA, G. A. Efecto de tres niveles de fertilidad sobre la producción de pastos tropicales en un Ultisol de Colombia. Trabajo presentado VII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Heredia, Costa Rica, 1980. 15 p.
31. WERNER, J. C. O potencial do guandul (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) como planta forrageira. Zootecnia, Nova Odessa, SP (Brasil) 17(2): 73-100. 1979.
32. WILLIAMS, C. H. y ANDREW, C. S. Mineral nutrition of pastures. In R. M. Moore. ed. Australian Grasslands. Australian National University Press, Canberra. 1970.