

COMPORTAMIENTO DE OCHO ACCESIONES DE *Panicum maximum*
(Jacq.) EN UN OXISOL DE CARIMAGUA-COLOMBIA FERTILIZADO
CON FOSFORO Y CALCIO

Jaime F. Sánchez O.*
José G. Salinas **

COMPENDIO

En el invernadero *P. maximum* responde vigorosamente a las aplicaciones de fósforo, mientras que muestra requerimientos externos menores de 100 kg/ha, lo que parece señalar algún grado de tolerancia de la especie a la alta saturación de aluminio del suelo. Los requerimientos externos de P fueron: 14 ppm (accesión 6299), 16 ppm (604), 20 ppm (673, 6172 y 6179) y 25 ppm (accesiones 622 y 695).

ABSTRACT

Behavior of eight *Panicum maximum* Jacq accessions on a Carimagua oxisol fertilized with phosphorus and calcium. In greenhouse conditions *P. maximum* shows a high response to phosphorus applications as long as. The external requirements are less than 100 kg/ha which can be taken as some degree of tolerance of the specie to high aluminum concentrations in the soil. The external requirements of phosphorus were as follows: 14 ppm (accession 6299), 16 ppm (604), 20 ppm (673, 672, 6179) and 25 ppm (accessions 622 and 865).

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira

** Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. A.A. 6713, Cali. Colombia.

1. INTRODUCCION

Un tercio de los hogares colombianos soporta condiciones severas de desnutrición y por lo menos la mitad está mal alimentada; el 41.8 o/o de las proteínas y el 11.9 o/o de las calorías provienen del consumo de carne, leche y derivados lácteos y para ello invierte el 10.5 o/o de su ingreso total, que corresponde al 31.5 o/o de los gastos de adquisición de alimentos (DANE, 7).

La situación expuesta pone de relieve la importancia de la ganadería en Colombia, pero la productividad de los sistemas actuales está disminuyendo al igual que en toda América Latina, como resultado no sólo de problemas coyunturales y estructurales de nuestra sociedad, sino también de problemas tecnológicos (CIAT, 6).

El aumento de la productividad pecuaria en extensas áreas de la frontera agrícola tiene que ver necesariamente con la provisión de forraje en las zonas marginales ganaderas (Seré y Estrada, 13). La parte más apta para el desarrollo agropecuario en los Llanos Orientales está representada por la altillanura plana con 3 438 000 hectáreas, equivalente al 29 o/o de las sabanas bien drenadas de la Orinoquía y la Amazonía colombianas (Sánchez y Cochran, 11), con suelos clasificados principalmente como Oxisoles (Guerrero, 8; IGAC, 9).

Dadas las limitadas condiciones de infraestructura en la zona y la baja fertilidad natural de los suelos, se ha planteado para el desarrollo de este tipo de regiones una estrategia de bajos insumos, la cual contempla el uso de especies y variedades tolerantes a los factores limitantes de los suelos ácidos, la puesta en marcha de prácticas agrícolas eficientes y la maximización del uso de la fijación biológica del nitrógeno (Sánchez y Salinas, 12).

Gracias al esfuerzo adelantado por el CIAT (2, 3, 4, 5) para identificar pasturas adaptables al ecosistema, los ganaderos disponen de especies como *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata*. Además, el banco de germoplasma posee apreciable cantidad de gramíneas, que están siendo probadas en las condiciones de los Llanos Orientales, destacándose las 392 accesiones de *Panicum maximum*.

Dentro de este orden de ideas, este trabajo tiene como objetivos generales determinar la adaptación de accesiones de *P. maximum* a suelos ácidos, con baja fertilidad y alta saturación de aluminio, de la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia y ajustar una metodología de invernadero que permita la identificación de especies promisorias. Como objetivos específicos el trabajo planteó la determinación de los requerimientos exter-

nos e internos de fósforo y calcio de cada accesión.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se llevó a cabo en el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. El suelo provenía de la capa superficial del sitio "La Reserva del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Carimagua, Meta Colombia. Sus características químicas eran: 4.8 pH, 2.8 o/o MO, 1.5 ppm P(Bray II), 2.1 meq/100 g de Al, 0.11 de Ca, 0.06 de Mg, 19.5 ppm de K y 90 o/o de saturación de Al. Texturalmente estuvo constituido por 12 o/o de arena, 50 o/o de limo y 38 o/o de arcilla.

Debido a que los tratamientos consistieron de niveles de Ca y P y las dos fuentes aportaban Ca (CaCO_3 y $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) se tomó como base la aplicación de fósforo por su fuente correspondiente y se completó el calcio restante con aplicaciones de CaCO_3 (Cuadro 1). Adicionalmente a todos los potes (3.5 kg) se les aplicó una fertilización básica (Cuadro 2). Se sembraron ocho accesiones de pasto guinea (604, 622, 673, 689, 695, 6172, 6179 y 6299) clasificadas en las categorías superiores del banco de germoplasma del CIAT. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial, con 96 tratamientos en tres bloques.

Previamente se mezclaron con el suelo seco los fertilizantes de baja solubilidad en agua. A los potes destinados para recibir este material se les colocó en el fondo papel de filtro con el objeto de no permitir escape de sólidos de la unidad experimental. Se agregó gravilla y se llevó a peso constante de 500 g. El material de suelo se incubó durante un mes para obtener un equilibrio químico suelo-fertilizante, aplicando agua suficiente para mantener una tensión de humedad entre 0.33 y 3.0 bares. A los 21 días se aplicaron los fertilizantes solubles, excepto el nitrógeno y el potasio que se fraccionaron a partir de la primera semana. Al mes de la incubación se determinó acidez y disponibilidad de P, K, Ca y Mg. Se sembraron cuatro plantas por pote.

El primer corte del pasto (5 cm) se hizo 45 días después de la siembra. Se determinó el rendimiento de materia seca del tejido, el contenido de N, P, K, Ca y Mg. A continuación del corte y se estableció la acidez y disponibilidad de P, K, Ca y Mg del suelo. El segundo corte se realizó 45 días después del primer corte y se determinaron las mismas variables.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Contenido de elementos químicos en el suelo.

Cuadro 1

Dosis de calcio y fósforo utilizadas en el ensayo

Tratamientos (kg/ha equivalente)		Código	Fuente (mg/pote)		Dosis (mg/pote)	
Ca	P		P*	Ca**	P	Ca
100	20	11	101.63	272.10	25.00	125.00
100	40	12	203.26	231.70	50.00	125.00
100	80	13	406.52	150.90	100.00	125.00
100	160	14	813.04	0.00	200.00	125.00
350	20	21	101.63	1053.35	25.00	437.50
350	40	22	203.26	1012.95	50.00	437.50
350	80	23	406.52	932.15	100.00	437.50
350	160	24	813.04	770.55	200.00	437.50
700	20	31	101.63	2147.10	25.00	875.00
700	40	32	203.26	2106.70	50.00	875.00
700	80	33	406.52	2025.90	100.00	875.00
700	160	34	813.04	1864.30	200.00	875.00

* $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 24.39 \text{ o/o P}; 15.77 \text{ o/o Ca}$ ** $\text{CaCO}_3 = 40.05 \text{ o/o Ca}$

Cuadro 2

Fertilización básica aplicada a todos los potes

Elemento	Dosis (kg/ha)	Fuente	Dosis mg/pote
Mg	40	MgO	82.90
S	30	S	37.50
Zn	3	ZnSO ₄	10.58
Cu	2	CuSO ₄	2.80
B	1	H ₃ BO ₃	7.14
Mn	5	MnSO ₄	19.23
N (semanal)	10	Urea	27.18
K (semanal)	7	KCl	16.70

Las dosis de fósforo aumentaron significativamente la disponibilidad del elemento en el suelo.

Los niveles de fósforo alcanzados a los treinta días disminuyeron al primer corte, como consecuencia de la acción combinada de la extracción por parte de las plantas y la fijación en el suelo.

En el segundo corte, se registró leve aumento de la disponibilidad del fósforo como consecuencia del reciclaje de raíces muertas, ya que en este momento el crecimiento radicular era muy extenso, aún en los tratamientos mas bajos de fósforo.

A pesar de haber aplicado en cada pote el equivalente de 84 kg de potasio por hectárea, el contenido de K del suelo no aumentó y aún disminuyó a los 120 días. Como no hubo pérdidas en los potes por lavado y la exploración de las raíces en ese momento era máxima, se puede afirmar que el potasio aplicado lo tomó la planta.

3.2. Rendimiento de materia seca.

Las dosis crecientes de fósforo en el primer corte, aumentaron significativamente el rendimiento de materia seca sucesivamente hasta la dosis más alta de P (Fig. 1), mientras que las dosis de calcio solamente aumentaron los rendimientos de materia seca de la accesión 689.

Las diferencias entre tratamientos en cuanto al potencial de rendimiento se debieron siempre a las dosis de fósforo, excepto en la accesión 689, en la cual se registró el efecto del calcio. En consecuencia se puede clasificar la respuesta en dos grupos: accesiones con mayor potencial de rendimiento (622, 695 y 6299, la última de las cuales no respondió al último incremento de P) y accesiones que respondieron hasta la dosis mas alta de fósforo, con baja tasa de crecimiento y por lo tanto con bajo potencial de rendimiento (673, 689, 6172, 6179 y 604, la última de las cuales tuvo mejor desempeño).

El hecho de que la gran mayoría de las accesiones no respondieran al calcio indicaría que la dosis más baja suministró un nivel adecuado de nutrición. Por ello, se sugiere que en ensayos próximos se trabaje con dosis que no superen los 100 kg/ha.

3.3. Contenido de elementos químicos en el tejido.

En general, sólo la dosis más alta de fósforo aumentó el contenido en el tejido, resultado contrario al de otros trabajos (CIAT, 2). En la accesión 62-

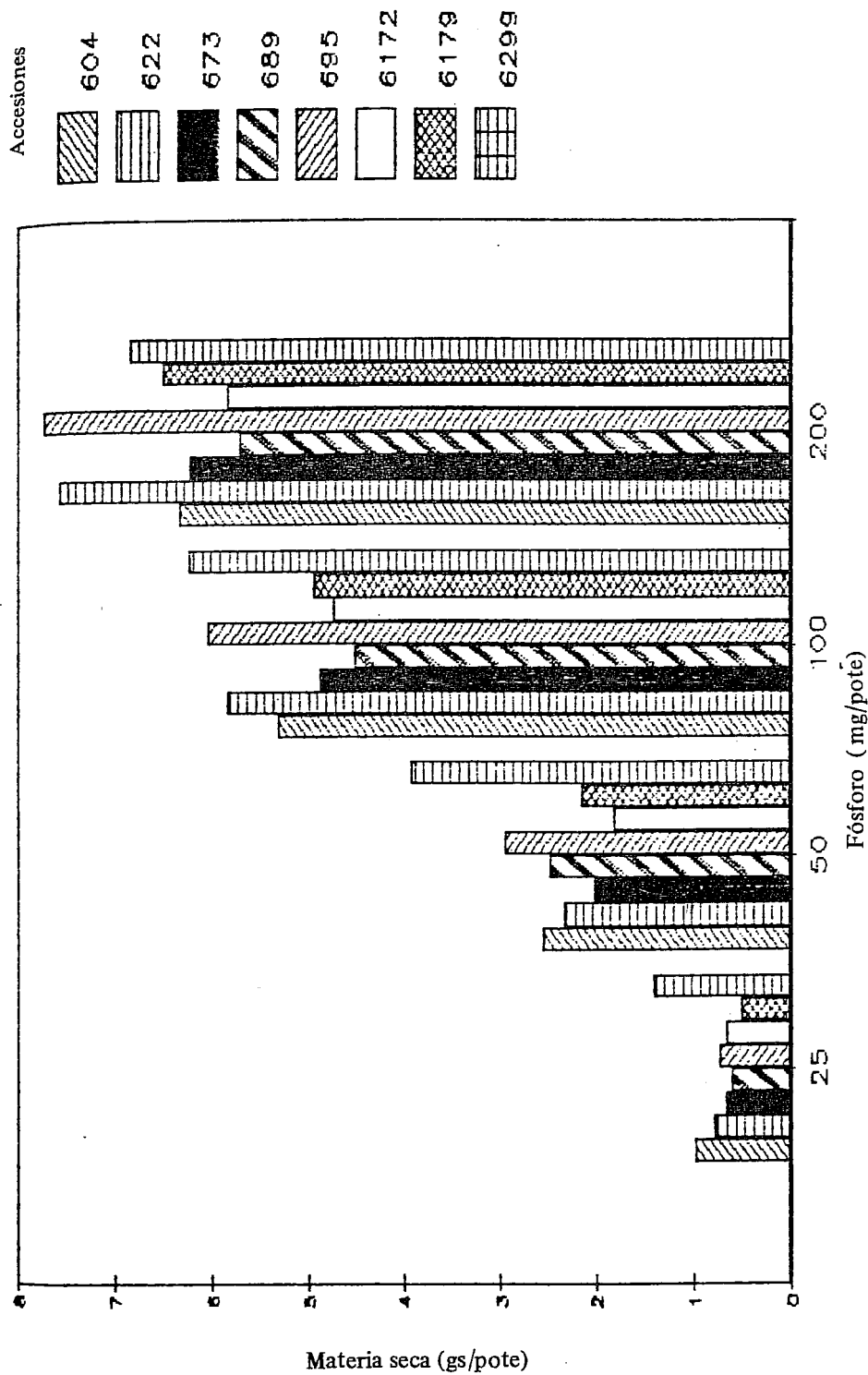


Fig 1. Rendimiento de 8 accesiones de *P. maximum*

99 aumentó el contenido de fósforo a medida que se incrementó la dosis, pero no distinguió entre los tratamientos uno y dos (Cuadro 3). Las accesiones 604, 689, 6172 y 6179 solamente aumentaron su contenido de P con la dosis mas alta. Las accesiones 622, 673 y 695 son las que imprimen la característica de toda la especie con respecto al contenido de P. Nótese que estas últimas accesiones son las que se clasificaron como las de mayor potencial de producción de materia seca.

La toxicidad del aluminio al *Stylosanthes* spp se expresa primeramente con la disminución del crecimiento de la raíz, resultado de la acumulación de aluminio en las zonas de crecimiento que impiden su desarrollo normal, mientras que en las especies tolerantes la acumulación se realiza en la corteza de la raíz. Las especies tolerantes poseen la habilidad de traslocar más fósforo a la parte aérea de la planta y la tolerancia se relaciona con el origen geográfico de la accesión (Ayarza y Salinas, 1).

Las accesiones de menor rendimiento pero mayor potencial no pudieron traslocar suficiente fósforo a la parte aérea porque son sensibles a las altas concentraciones de aluminio en el suelo, y solo pudieron aumentar su contenido cuando por efecto del flujo de masa la disponibilidad de fósforo venció la capacidad del aluminio para retener el fósforo en las raíces. Por el contrario, la accesión 6299 acumuló mayor cantidad de fósforo al poseer, posiblemente, mecanismos de tolerancia al aluminio, inherentes a su origen africano, en suelos con alta saturación de aluminio. Estos mecanismos son los responsables de su rendimiento, así como de la mayor extracción realizada por esta accesión, significativamente diferente a las demás.

El contenido de calcio aumentó a medida que se incrementaron tanto la dosis de calcio como la de fósforo (Cuadro 4). Entre las accesiones se encontraron dos grupos: uno que alcanzó una concentración de 0.56 o/o de Ca (604) y otro que reúne a las demás con valores que fluctúan entre 0.48 y 0.45 o/o y que no se diferencian entre sí. Los valores confirman la capacidad que tiene la especie en general para tomar este elemento del suelo. En las accesiones 622, 6172, 673, 6179 y 695 los valores tendieron a ser estadísticamente iguales en las dosis más bajas de calcio; mientras que las otras respondieron a cada aumento de calcio y de fósforo estableciendo rangos muy pequeños. Esto pone de presente diferencias en los contenidos de calcio entre las accesiones: el primer grupo aumenta los contenidos ante la presencia de altas cantidades de Ca disponible, mientras que el segundo es muy sensible al cambio de la disponibilidad del calcio en el suelo, es decir es ávido de calcio. Sin embargo, el aumento en el contenido de calcio del tejido no está asociado con incrementos en el rendimiento, lo que sugiere que se trata de un consumo de lujo.

Contenido de P en el tejido (o/o) de ocho accesiones de P. maximum según la dosis de P (promedio de 9 observaciones)

Dosis de P (kg/ha eq)	Accesiones							
	604	622	673	689	695	6172	6179	6299
20	0.12 b	0.10 bc	0.11 b	0.10 b	0.10 b	0.11 b	0.11 b	0.09 bc
40	0.11 b	0.12 b	0.10 bc	0.09 b	0.09 c	0.11 b	0.10 b	0.08 c
80	0.12 b	0.09 c	0.09 c	0.10 b	0.09 c	0.09 b	0.10 b	0.10 b
160	0.15 a	0.14 a	0.15 a	0.15 a	0.14 a	0.13 a	0.15 a	0.16 a

Promedios con la misma letra no se diferencian al 5 o/o.

Cuadro 4

Contenido de Ca en el tejido de P. maximum según las dosis de P y Ca. Corte I (Promedios de 72 y 96 observaciones)

Dosis de P (kg/ha eq)	Dosis de P (mg/pote)	Contenido de Ca (o/o)		Dosis de Ca		Contenido de Ca (o/o)
		(o/o)	(mg/pote)	(kg/ha eq)	(mg/pote)	
20	25	0.36 a	125.0	100	125.0	0.36 a
40	50	0.47 b	437.5	350	437.5	0.46 b
80	100	0.50 c	875.0	700	875.0	0.59 c
160	200	0.55 d				

Promedios con la misma letra no se diferencian al 5 o/o.

El contenido de nitrógeno disminuyó a medida que aumentó la dosis de fósforo, observándose un efecto de dilución (Cuadro 5). Dentro de las accesiones, los contenidos se agruparon según la dosificación de fósforo, registrándose solamente significación de la aplicación de calcio en la accesión 689 que se calificó como altamente dependiente del calcio disponible. El fenómeno de dilución es claro aún comparando las accesiones: las de mayor rendimiento tuvieron contenidos de N más bajos que las de bajo rendimiento.

Los contenidos de potasio se agruparon según la dosificación de fósforo, la cual muestra un efecto de dilución, que alcanza a notarse también en el calcio, pero en menor magnitud. En cada accesión es claro el efecto del fósforo, sobre el contenido de potasio del tejido agrupándolos según su dosificación (Cuadro 6). Además, el contenido de K disminuyó a medida que aumentó el rendimiento de materia seca. La accesión 604 mostró el contenido más alto de potasio y extrajo la mayor cantidad de este elemento del suelo. Las demás accesiones no se diferenciaron en su contenido, excepto la 622 que fue intermedia entre estas y la 604. La extracción según accesiones, siguió en términos generales el orden observado en materia seca, excepto por 604.

Las accesiones 604 y 6299 son más fácilmente adaptables a estos suelos, aún cuando los niveles críticos son altos comparados con los de otras especies. Las accesiones 695, 673, 689 y 6172 tienen requerimientos más altos de 20 ppm de P, pero debe recordarse que las tres últimas son de bajos rendimientos. Las accesiones 622 y 6179 tienen requerimientos especialmente altos de P, lo que las hace poco adaptables a suelos como los de Carimagua.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Todas las accesiones respondieron positivamente a las aplicaciones crecientes del fertilizante fosfórico.
- 4.2. La dosis más baja de calcio (100 kg/ha) fue suficiente para llenar los requerimientos nutricionales de todas las accesiones, excepto los de la 689.
- 4.3. **P. maximum** muestra requerimientos altos de nitrógeno y potasio, que aumentan a medida que mejoran las condiciones del suelo con la fertilización fosfórica.
- 4.4. Sólo la accesión 6299 mostró buenas posibilidades de adaptación a estas condiciones.

Contenido de N (o/o) en el tejido de ocho accesiones de P. maximum según la dosis de P. Corte 1. (Promedio de 36 observaciones)

Dosis de P (kg/ha eq)	Accesiones							
	604	622	673	689	695	6172	6179	6299
20	2.83 a	2.86 a	3.55 a	2.78 a	3.03 a	3.43 a	3.46 a	3.13 a
40	2.50 b	2.67 a	2.96 b	2.48 b	2.36 b	3.12 b	2.86 b	2.50 b
80	1.80 c	1.57 b	1.76 c	1.91 c	1.47 c	1.74 c	1.79 c	1.43 c
160	1.39 d	1.12 c	1.29 d	1.49 d	1.10 d	1.30 d	1.32 d	1.28 c

Promedios con letras iguales no se diferencian al 5 o/o

Cuadro 6

Contenido de K (o/o) en el tejido de ocho accesiones de P. maximum según la dosis de P. (Promedio de 9 observaciones)

Dosis de P (kg/ha eq)	Accesiones							
	604	622	673	689	622	6172	6179	6299
20	3.26 a	2.89 a	2.59 a	2.59 a	2.95 a	2.61 a	2.82 a	2.72 a
40	2.04 b	2.10 b	1.88 b	1.72 b	1.59 b	2.15 b	1.83 b	1.38 b
80	0.79 c	0.65 c	0.64 c	0.81 c	0.58 c	0.64 c	0.68 c	0.53 c
160	0.51 c	0.41 c	0.40 c	0.56 d	0.42 c	0.41 d	0.44 d	0.46 c

Promedios con letras iguales no se diferencian al 5 o/o.

- 4.5. Los niveles críticos externos de fósforo para cada accesión fueron de 14 (6299), 16 (604), 20 (673, 689, 6172 y 6179) y de 25 ppm (622 y 695).

5. BIBLIOGRAFIA

1. AYARZA, M. A.; SALINAS, J. G. Estudio comparativo de la tolerancia al aluminio en tres leguminosas forrajeras. Suelos Ecuatoriales (Colombia). v. 12, n. 1. p. 110-126. 1982.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual, 1978.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual, 1979.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual, 1980.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual, 1981.
6. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual, 1983.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Colombia Estadística, 1985.
8. GUERRERO, R. Soils of the Colombian Llanos Orientales and classification of selected soil profiles. Raleigh, North Carolina State University, 1971. (Ph. D. Thesis).
9. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de Suelos del municipio de Puerto Gaitán. Bogotá, IGAC, 1982.
10. SALINAS, J. G. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an oxisol of central Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1978 (Ph. D. Thesis).
11. SANCHEZ, L. F.; COCHRANE, T. T. Paisajes, suelos y clima de los Llanos Orientales de Colombia. En: MAY VERA, R. R.; SERE, C. (ed.). Sistemas de producción pecuaria extensiva; Brasil, Colombia, Venezuela. Cali, CIAT, 1985.
12. SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Suelos Acidos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983.
13. SERE, C; ESTRADA, R. D. Colombia; análisis económico. En: VERA, R. R.; SERE, C. (ed.). Sistemas de producción pecuaria extensiva; Brasil, Colombia, Venezuela. Cali, CIAT, 1985.