



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y
PROMOCION AGROPECUARIA



NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY

CIPA XVI-ESTACION EXPERIMENTAL DE YURIMAGUAS

PROGRAMA DE SUELOS TROPICALES

YURIMAGUAS, PERU

ESTRATEGIA DE PRODUCCION DE PASTURAS
A BASE DE LEGUMINOSAS EN AMERICA TROPICAL *

Pedro A. Sánchez **

SERIE DE SEPARATAS.

Nº 11

Apoyado por el Proyecto Especial de Administración de Suelos Tropicales PL 480, el Proyecto IEE y el Soil Management Collaborative Research Support Program TROPSOILS de la Agencia para el Desarrollo Internacional.

ESTRATEGIA DE PRODUCCION DE PASTURAS
A BASE DE LEGUMINOSAS EN AMERICA TROPICAL *

Pedro A. Sánchez**

NOTA DEL EDITOR

Este artículo representa en líneas generales la filosofía existente y la estrategia del Centro Internacional de Agricultura Tropical para utilizar terrenos marginales en América Latina dentro de un sistema de producción económica. Se basa sobre la investigación efectuada por muchos investigadores en el Programa de Pastos Tropicales y programas asociados especiales del CIAT. El artículo refleja principalmente la experiencia del Programa, sintetizada por el autor, que ha sido Coordinador del Programa desde 1977 hasta 1979.

El Programa de Pastos Tropicales del CIAT está colaborando estrechamente con el INIPA, IVITA y otras instituciones de investigación en la Selva Peruana desde 1978. La estrategia aquí descrita se ha implementado y perfeccionado por el CIAT y entidades colaboradoras. Los lectores son referidos a los Informes del CIAT para una actualización de las ideas, incluyendo la considerable base de datos ya generados en la Selva del Perú.

* Traducido de la publicación "Soil Erosion and Conservation in the Tropics" pp 97-120. American Society of Agronomy Special Publication No. . American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1982.

** Actualmente Jefe Técnico Asociado del INIPA, Jefe de la Misión de la Universidad Estatal de Carolina del Norte en el Perú.

INTRODUCCION

América Trópicar (desde los 23° de latitud Norte hasta los 23° de latitud Sur), puede ser dividida en dos grandes regiones de suelos al nivel de generalización más alto. La región A, con predominio de suelos de alta saturación de bases en la cual se encuentran los órdenes Alfisol, Inceptisol, Mollisol, Entisol, Vertisol y Aridisol y que representa alrededor del 30% de América tropical, conteniendo generalmente una población rural densa.

La región B, con predominio de suelos ácidos e infértiles (Oxisoles, Ultisoles, Inceptisoles ácidos, y Entisoles arenosos ácidos) y que constituye el 70% del área restante (1,043 millones de hectáreas), comprendiendo principalmente bajas densidades de población (Sánchez y Cochrane, 1980).

Existen dos estrategias principales en las áreas tropicales de este hemisferio para aumentar la producción de alimentos: 1) aumentar los rendimientos en las áreas actualmente en cultivo, principalmente en los suelos con alta saturación de bases; y 2) expandir la frontera agrícola a los suelos ácidos de baja fertilidad natural generalmente cubiertos de vegetación de sabana o de bosque. El análisis de Sánchez y Cochrane sugiere que estas dos estrategias son complementarias en vez de competitivas y que la interacción entre ambas está jugando un papel importante en el desarrollo de muchos países de América Latina. Una tercera estrategia, de aumentar el área irrigada, es muy limitada en cuanto a superficie, aunque muy importante en zonas áridas y semiáridas.

Los países de América tropical tenían una población total de 378 millones de habitantes en el año 1980, y ella está creciendo a un ritmo anual de 2.7%, lo que significa que la población se duplica cada 24 años. Para mantener el nivel actual, aunque inadecuado, de nutrición per cápita, la cantidad de alimentos también tiene que duplicarse cada 24 años. FAO (1979) estima que el 55% de los aumentos de la producción de alimentos tendrá lugar en las nuevas tierras incorporadas a la agricultura en América Latina, y el 45% restante en el aumento de la productividad en tierras actualmente cultivadas.

EL PROBLEMA

Los aumentos de la densidad demográfica son las causantes de la reducción del tamaño de las fincas tradicionales. Los agricultores tratan de cultivar terrenos marginales con pendientes muy pronunciadas, causando de esta manera graves problemas de erosión en suelos. Esto, consecuentemente, da lugar a una migración en gran escala de los campesinos hacia las periferias de las grandes ciudades. América tropical tiene actualmente dos ciudades con más de 10 millones de habitantes, tres con más de 5 millones, y 18 con más de un millón de habitantes cada una (Sánchez y Cochrane, 1980). Las poblaciones rurales migrantes aumentan el desempleo y los problemas de bienestar en estas ciudades.

Una alternativa para futuros migrantes es de establecerse en las regiones con suelos ácidos-infértiles, y en ciertos casos esta alternativa es viable. Sin embargo, la falta de conocimientos adecuados para mejorar estos suelos, conjuntamente con la infraestructura limitada, la falta de crédito, y la baja accesibilidad a los mercados han causado el fracaso de muchos esfuerzos de colonización.

No es posible de cuantificar las consecuencias de la erosión de los suelos en América tropical; sin embargo, pueden realizarse algunas generalizaciones. La evidencia visual de erosión en cárcavas y de erosión laminar es más frecuente en los climas ústicos, con alta saturación de bases, generalmente en terrenos empinados. La presencia de una fuerte estación seca deja al suelo sin protección de una cubierta vegetativa al comienzo de la estación lluviosa, cuando el peligro de erosión hídrica es más grande. La situación es peor en climas semi-áridos y áridos, típicos de la región andina.

En regímenes údicos de humedad, donde no hay época seca pronunciada, la erosión es menos problemática, porque existe una cubierta vegetal que protege el suelo durante todo el año, ya sea bosque, cultivo, pastos, malas hierbas o barbecho. Este es el caso de una gran parte de la región amazónica donde una vegetación de bosque secundario cubre el suelo donde no hay cultivos. La erosión laminar y en cárcavas en las áreas údicas del Amazonas y de regiones similares se deben más a problemas de ingeniería civil que a problemas agronómicos especialmente a lo largo de las carreteras.

EL PROBLEMA

Los aumentos de la densidad demográfica son las causantes de la reducción del tamaño de las fincas tradicionales. Los agricultores tratan de cultivar terrenos marginales con pendientes muy pronunciadas, causando de esta manera graves problemas de erosión en suelos. Esto, consecuentemente, da lugar a una migración en gran escala de los campesinos hacia las periferias de las grandes ciudades. América tropical tiene actualmente dos ciudades con más de 10 millones de habitantes, tres con más de 5 millones, y 18 con más de un millón de habitantes cada una (Sánchez y Cochrane, 1980). Las poblaciones rurales migrantes aumentan el desempleo y los problemas de bienestar en estas ciudades.

Una alternativa para futuros migrantes es de establecerse en las regiones con suelos ácidos-infértiles, y en ciertos casos esta alternativa es viable. Sin embargo, la falta de conocimientos adecuados para mejorar estos suelos, conjuntamente con la infraestructura limitada, la falta de crédito, y la baja accesibilidad a los mercados han causado el fracaso de muchos esfuerzos de colonización.

No es posible de cuantificar las consecuencias de la erosión de los suelos en América tropical; sin embargo, pueden realizarse algunas generalizaciones. La evidencia visual de erosión en cárcavas y de erosión laminar es más frecuente en los climas ústicos, con alta saturación de bases, generalmente en terrenos empinados. La presencia de una fuerte estación seca deja al suelo sin protección de una cubierta vegetativa al comienzo de la estación lluviosa, cuando el peligro de erosión hídrica es más grande. La situación es peor en climas semi-áridos y áridos, típicos de la región andina.

En regímenes údicos de humedad, donde no hay época seca pronunciada, la erosión es menos problemática, porque existe una cubierta vegetal que protege el suelo durante todo el año, ya sea bosque, cultivo, pastos, malas hierbas o barbecho. Este es el caso de una gran parte de la región amazónica donde una vegetación de bosque secundario cubre el suelo donde no hay cultivos. La erosión laminar y en cárcavas en las áreas údicas del Amazonas y de regiones similares se deben más a problemas de ingeniería civil que a problemas agronómicos especialmente a lo largo de las carreteras.

Estas observaciones no implican que la erosión no es importante en las regiones údicas, pero que es más extensa y crítica en regiones ústicas y arídicas. El riesgo de erosión es muy importante cuando el suelo está expuesto a la labranza tradicional en regiones údicas. Los agricultores que recién llegan a la región de la Selva muchas veces provocan una fuerte erosión del suelo cuando siembran cultivos en limpio, especialmente en áreas empinadas lo cual es raramente hecho por los agricultores tradicionales (Watters, 1971). Lo mismo ocurre cuando los pastos son sometidos a un pastoreo excesivo, o cuando un terreno que anteriormente tenía cultivos permanentes o pastos está explotándose en la producción de cultivos anuales.

POSIBLES SOLUCIONES

Los mejores métodos de control de erosión son buenas prácticas de manejo de suelos y de cultivos, particularmente las que reducen al mínimo la escorrentía y que mejoran la infiltración de la misma (Lal, 1980). La adaptación de este concepto fundamental a América Latina significa: a) La estabilización de las áreas susceptibles a la erosión y densamente pobladas y b) El desarrollo de sistemas de manejo ecológicamente adecuado para las regiones de suelos ácidos infértiles, para dar una alternativa a la migración urbana.

El objetivo de este trabajo es el de describir el desarrollo de una estrategia para las regiones con Oxisoles y Ultisoles: el uso de pasturas con leguminosas con bajos insumos de capital. No todos los componentes de esta estrategia están en estudio en este momento; por esto, se reconocen varias omisiones en este trabajo. Hay otras estrategias viables para las regiones de Oxisoles y Ultisoles tal como cultivos permanentes tales como: el caucho, la palma aceitera, y la producción forestal (Alvim, 1977). Estos cultivos mantienen el suelo protegido por una cubierta vegetal durante todo el año. Otra estrategia es el cultivo continuo de cultivos anuales con aplicaciones de fertilizantes y cal para corregir la baja fertilidad de los suelos ácidos, cuando es factible de realizar considerando los aspectos económicos y de infraestructura (Sánchez, 1977).

Sembrando tres cultivos al año, el suelo es protegido por una cubierta vegetal durante la mayoría del año. No cabe duda que la mayoría de los Oxisoles y Ultisoles sin mayores limitaciones físicas, pueden ser manejados en forma permanente y útil para la producción intensiva de alimentos en la América tropical, si la relación de precios de los productos químicos y productos cosechados son suficientemente atractivos (Vicente-Chandler et al., 1974; Sánchez, 1977; Valverde et al. 1979).

Sin embargo, en la mayoría de las áreas de sabanas y de selva, la alternativa de altos insumos a veces no atractiva, principalmente debido a los problemas de transporte y falta de infraestructura de mercadeo y crédito. En este trabajo por lo tanto se presenta una alternativa, por lo menos en su fase inicial.

Las pasturas a base de leguminosas son una estrategia prometedora para las áreas nuevas, a causa del bajo costo por unidad de superficie empleado para producir carne de res con animales al pastoreo, quienes almacenan el pasto en su cuerpo y lo transportan ellos mismos fuera de la finca, si es necesario. La carne de res es uno de los productos alimenticios básicos en la América Tropical. Algunos estudios demuestran que incluso las familias con menores ingresos, gastan 8 a 18% de sus ingresos comprando carne de res (CIAT, 1979). La mayor parte de la carne de res producida en América Tropical se lleva a cabo en suelos con alta saturación de bases, donde desafortunadamente compite con la producción intensiva de cultivos o de leche. Consecuentemente, un desplazamiento gradual hacia los suelos ácidos infértiles en donde la producción de carne de res representa una ventaja económica comparativa, podría permitir un mejor uso para los suelos más fértiles, situados cerca a los grandes mercados.

La importancia de los pastos a base de leguminosas en esta estrategia merece atención. Varios millones de hectáreas de la selva amazónica han sido desmontadas en los últimos 15 años y sembradas con gramíneas como el pasto Castilla (Panicum maximum) sin leguminosas y sin fertilización. Estas especies no son bien adaptadas a las serias limitaciones encontradas en los suelos en la cuenca del Amazonas y este tipo de pastos desaparecen después de pocos años, causando fracasos económicos y una creencia que la producción de carne de res sobre la base de pastos es imposible en la región amazónica (Hecht, 1979).

Componentes de una Estrategia de Manejo de Suelos en la Producción de Pastos a Base de Leguminosas

Una estrategia de manejo de suelos con bajo uso de insumos destinada a aprovechar los suelos ácidos infértiles para la producción de pastos surge como un resultado de un trabajo de grupo multidisciplinario realizado por varias instituciones de investigación en América Tropical: El Programa de Pastos Tropicales del CIAT; el Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados (CPAC), la Estación UEPAE en Manaus y el Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Umid de EMBRAPA en Brasil; la Estación Experimental de Carimagua del ICA en los Llanos Colombianos; las Estaciones de Yurimaguas y Tarapoto del INIPA y la Estación de IVITA en Pucallpa en la región amazónica del Perú, y el Programa de Suelos Tropicales de la Universidad Estatal de Carolina del Norte.

Nueve componentes principales de la estrategia están descritos en las páginas siguientes:

1. Evaluación de los recursos de tierras para la selección de áreas

El primer paso es el de seleccionar los suelos más apropiados, evitando ciertos grupos de suelos fértiles con alto contenido de bases que pueden ser mejor utilizados para la producción de cultivos alimenticios. También deben de evitarse suelos con drenaje pobre que están inundados periódicamente, y suelos con serias limitaciones físicas o con una infertilidad extrema como los Spodosoles. Las regiones de los suelos ácidos-fértiles de América Tropical están generalmente con bosques pluviales (selva) o sabanas. El área total de la selva es de más o menos 700 millones de hectáreas y las áreas de sabana comprenden alrededor de 300 millones de hectáreas. Las áreas calculadas del mapa mundial de suelos de la FAU-Unesco (1971), modificadas por las observaciones del autor (Sánchez, 1979) y completados por el estudio reciente de suelos de la Amazonía Brasileira efectuado por el RADAM (Ministerio de Minas y Energía, 1973-1979), dan algunas estimaciones de la distribución de los suelos en las zonas de la Selva de América del Sur. Los suelos bien drenados, con alta saturación de bases, cubren aproximadamente 60 millones de hectáreas u 8% de la región amazónica. Aunque muchos de ellos pueden soportar pastos de gramíneas/leguminosas, su mayor fertilidad nativa da la ventaja comparativa a la producción intensiva de cultivos alimenticios anuales o a

cultivos perennes como cacao. Además, la Amazonía tiene aproximadamente 42 millones de hectáreas de suelos pobremente drenados, ya sea en terrazas inundables o en pantanos (aguajales, igarapés) y que cubren el 16% del área total. Muchas de las áreas planas inundadas se utilizan intensamente, tales como " varzeas altas" en Brasil y muchas "restingas" en Perú y Ecuador.

Otros suelos que deben ser evitados, pero por razones diferentes, son los suelos ácidos con serias limitaciones físicas tales como los suelos poco profundos, con fuerte pendiente inclinados o los suelos arenosos clasificados como Psamments o Spodosoles con una fertilidad nativa extremadamente baja. En ellos existe un fuerte riesgo de erosión. Estos dos grupos cubren aproximadamente 33 millones de hectáreas o 5% de selva Amazonía. Desafortunadamente, una proporción apreciable de los datos colectados por los ecólogos que llaman la atención sobre la extrema fragilidad del ambiente amazónico, se refieren a los Psamments o Spodosoles, los que representan la peor combinación de las limitaciones físicas y químicas del suelo en la región.

El área total en la cual la estrategia propuesta se podría aplicar, cubre una extensión de 560 millones de hectáreas o el 81% de la amazonía, principalmente en los Oxisoles y Ultisoles. Las pendientes pronunciadas dentro de esta zona también se deben evitar. Aunque no tenemos mayores estimados, es probable que la mitad de esta área tenga condiciones propicias para esta estrategia. Debido a la necesidad de conservar la mayoría de la Amazonía en su estrado natural, estos datos no deben de interpretarse para disminuir toda el área apta. Es probable que un 10% sea suficiente.

En las sabanas es más fácil identificar los suelos que se tienen que evitar, pero los criterios siguen siendo los mismos. Muchos de los grupos de suelos con alta fertilidad ya están bajo producción intensiva tales como los Llanos orientales de Venezuela. Los suelos empinados y superficiales se reconocen inmediatamente en el paisaje. Las áreas extensas de los llanos periódicamente inundados tales como parte de los Llanos del Oeste de Venezuela y su prolongación en el territorio colombiano, y partes del Beni de Bolivia van a requerir una estrategia de manejo diferente.

Aunque las generalizaciones anteriormente empleadas proveen un marco general, la selección actual es muy específica para cada sitio. Los parámetros del suelo en si no son suficientes para la selección de sitios apropiados. La clasificación de tierras, por esta razón, es un instrumento más útil porque también considera el clima, el paisaje, la vegetación nativa, y la infraestructura. La aproximación de los sistemas de clasificación empleada en el estudio de los recursos de tierras de la América Tropical por el CIAT (CIAT, 1978, 1979) resulta ser un método apropiado para evaluar el potencial de estas áreas extensas. Empleando una escala de 1:1 millón, alrededor de 500 "sistemas de uso de tierra " han sido identificados hasta el momento, cada uno representando un patrón determinado de clima, suelo, paisaje y vegetación (Cochrane, 1979). Los suelos y el clima son clasificados de acuerdo con sistemas técnicos, tales como las probabilidades de falta de agua (Hargreaves, 1977; Hancock et al., 1979) y el sistema de clasificación de suelos de acuerdo con su fertilidad o FCC (Buol et al., 1975). Los datos son almacenados en cintas de computadora (Cochrane et al., 1979). Los usuarios de estas cintas pueden producir mapas de regiones específicas hechos por la computadora, seleccionando uno o varios parámetros, tales como suelos superficiales, o suelos con más de 60% de saturación de Al a una profundidad específica.

Una modificación fundamental del Sistema de la Capacidad de Uso de Suelos del USDA ha sido desarrollada en Brasil para tomar en cuenta las realidades del ambiente tropical. Ramalho et al., (1978) definieron seis grupos, incluyendo tres niveles de manejo (inversiones bajas, moderadas y altas en la compra de insumos). El uso de insumos se interpreta en término de fertilizantes y de mecanización, pero no de irrigación, limitando el sistema a la agricultura de secano. Las categorías más altas de este sistema están ilustradas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Grupos de capacidad de uso de suelos empleados en Brasil para agricultura con lluvia (Ramalho et al., 1978).

Grupo de capacidad de uso	Cultivos			Pastos Mejorados M	Prod. Forestal y/o gramíneas naturales M	Reservas Biológicas 0
	H	M	L			
1	X	X	X	X	X	X
2		X	X	X	X	X
3			X	X	X	X
4				X	X	X
5					X	X
6						X

Niveles de manejo:

H = Alto uso de insumos: fertilizantes, tecnología nueva, altamente mecanizada.

M = Uso moderado de insumos: limitado uso de fertilizantes, tecnología y mecanización.

L = Bajo uso de insumos: sobre todo trabajo manual, pocos insumos comprados.

0 = Ningún uso de insumos.

Sólo los suelos clasificados en los grupos 3 y 4 deberían de emplearse para pastos mejorados. Los grupos 1 y 2 aunque convenientes, pueden ser mejor usados para la producción de cultivos.

2. Métodos apropiados de desmonte del bosque

El desmonte del bosque no es un gran problema en las regiones de sabana donde los árboles son generalmente pequeños y muy espaciados. El desmonte de la selva sin embargo, es un paso crucial que tiene una influencia importante sobre la productividad futura del suelo. El método tradicional de rozo tumba y quema es superior al desmonte mecánico con bulldozer, porque produce un aumento fuerte pero temporal de la fertilidad del suelo debido al contenido de nutrimentos en las cenizas, y porque evita la compactación y el desplazamiento de la capa superior del suelo frecuentemente causado por las operaciones de bulldozer (Seubert et al., 1977; Sánchez, 1979).

El establecimiento de especies de gramíneas y de leguminosas se retarda significativamente cuando el desmonte se efectúa con maquinaria y sin quema ya que aumenta el problema de malezas y del rebrote del bosque.

La masa enredada de palos parcialmente quemados y de troncos de árboles dejada por el método de rozo, tumba y quema proporciona una protección importante contra la erosión del suelo, durante el establecimiento de una pastura. Estos efectos han sido demostrados a escala experimental en Yurimaguas, Perú (Cuadro 2) y en escala comercial en Manaus, Brasil (EMBRAPA, 1979).

Cuadro 2. Efecto de los métodos de desmonte sobre la producción de materia seca de pastos durante los 10 primeros meses después en la selva y sobre las características del suelo (profundidad 0 a 10 cm) en Yurimaguas, Perú*

Parámetro	Rozo, Tumba y Quema	Desmonte con bulldozer
<u>Producción de mat. seca (t/ha/año)</u>		
P. maximum	7.8	3.2
P. maximum -P. phaseoloides	6.3	3.5
P. maximum + NPK + cal	32.2	24.2
<u>Características del suelo (0-10 cm):</u>		
Tasa de infiltración (cm/hora)	11.7	0.5
Al intercambiable (meq/100 g)	1.70	2.07
Ca + Mg intercambiable (meq/100 g)	0.88	0.55
K intercambiable (meq/100 g)	0.32	0.19
P disponible (Olsen-ppm)	16.5	11.0
% saturación Al	59	73

Hay muchos casos en los cuales la falta de mano de obra impone un desmonte mecanizado del campo. En estos casos, el método tiene que tratar de minimizar la compactación del suelo y el desplazamiento de la capa superficial e incluir una quema para aprovechar el valor de la ceniza como un primer abonamiento sin costo. Toledo y Morales (1979), basados en su trabajo en Pucallpa, Perú, recomiendan un desmonte inicial con "tree crushers", seguido por una quema y la siembra de las especies de pastos.

3. Selección de especies tolerantes adaptadas a las limitaciones de suelos ácidos

El principio básico de este componente es de emplear plantas adaptadas a las limitaciones de suelos y de clima en vez de modificar el suelo para satisfacer altos requisitos nutricionales de otras plantas (Spain et al., 1975)

El uso de este tipo de plantas tolerantes reduce la cantidad de fertilizante necesaria pero no elimina la necesidad de fertilizar. La investigación ha identificado varias especies y ecotipos que son obviamente tolerantes a las principales limitaciones presentes en las regiones de Oxisoles-Ultisoles, como: la toxicidad de Al, la baja disponibilidad de fósforo, la falta de agua, los ataques por insectos y enfermedades, y las quemadas ocasionales. Adicionalmente, las especies de gramíneas y de leguminosas tienen que ser compatibles entre ellas y deben de persistir en siembras combinadas bajo presiones razonables de pastoreo.

Tolerancia al Aluminio

Un rango amplio de especies del banco de germoplasma del CIAT es tolerante a niveles altos de Al intercambiable, simplemente porque muchas de ellas han sido colectadas en los suelos ácidos-infértiles de América Tropical. Un ejemplo de tolerancia diferencial al Al de cuatro gramíneas tropicales comunes se presenta en la Fig. 1, obtenido de un estudio efectuado por Spain (1979) usando soluciones nutritivas. Brachiaria decumbens presenta inclusive una respuesta ligeramente positiva al primer incremento de Al, sin manifestar una reducción de

crecimiento a altas concentraciones de este elemento. Panicum maximum presenta una fuerte tolerancia a la mitad de la concentración del Al que tolera Brachiaria decumbens. Al contrario, el pasto buffel Cenchrus ciliaris, una de las gramíneas más comunes en regiones ústicas, pero no ácidas de Australia, es seriamente afectada por el Al. Esta excelente gramínea está bien adaptada a suelos no-ácidos, pero para que desarrolle bien en regiones de Oxisoles y Ultisoles, es necesario neutralizar completamente el Al intercambiable por el encalado.

La Fig. 2, también adaptada del trabajo de Spain (1979), muestra respuestas actuales a las aplicaciones de cal en un Oxisol de Carimagua, Colombia, con un pH de 4.5 y 90% de saturación de Al, antes del encalado. Gramíneas muy tolerantes como Andropogon gayanus, Brachiaria decumbens y Panicum maximum y las leguminosas Stylosanthes capitata y Zornia latifolia produjeron un crecimiento máximo en ambos casos a niveles de 0 ó 0.5 ton/ha de cal. La aplicación de 0.5 t/Ha de cal no modificó ni el pH del suelo ni la saturación del A, pero proporcionó Ca y Mg a las plantas. Otras leguminosas, particularmente, Desmodium ovalifolium y kudzu tropical (Pueraria phaseoloides) parecen necesitar más Ca y Mg o un nivel más bajo de saturación de Al que el grupo anterior.

Sin embargo, el comportamiento de estas dos leguminosas es claramente superior a las especies sensibles al Al tales como el sorgo grainero (Sorghum bicolor (L) Moench) y Centrosema plumieri, una leguminosa que no está adaptada a suelos ácidos. Es también importante evidenciar que algunas especies son tolerantes al Al pero no crecen bien en suelos ácidos. Este es el caso del pasto pangola (Digitaria decumbens) mostrado en la Fig. 2.

Bajos niveles de Fósforo disponible en el suelo

El Fósforo es el insumo más caro necesario en los pastos mejorados de las sabanas con Oxisoles - Ultisoles. No es sin embargo, el único nutrimento deficiente en estos suelos, pero su corrección es ciertamente la más costosa. No se pueden establecer o mantener pasturas mejoradas sin una fertilización fosfatada. Para aumentar la eficiencia de la fertilización fosfatada, es posible seleccionar plantas que tengan

exigencias de P más bajas para un crecimiento máximo, que las plantas generalmente usadas. Afortunadamente, la tolerancia al Al y una "tolerancia bajo tenor es de p" ocurren juntas muchas veces, porque parecen estar relacionadas con la capacidad de la planta de absorber y de translocar P desde la raíz a la parte aérea en presencia de altos niveles de Al en la solución del suelo y en los tejidos de la raíz (Salinas, 1978).

El Cuadro 3 da ejemplos de especies prometedoras de gramíneas que requieren sólo una fracción de los niveles de P disponible necesario para los cultivos anuales y que son mucho menores que las necesidades de otras especies de pastos. El nivel crítico utilizado para cultivos en Colombia es 15 ppm de P según el Método Bray II (Marín, 1977). Ecotipos prometedores, tolerantes al Al, de Stylosanthes capitata, Zornia latifolia, y Andropogon gayanus, necesitan la tercera o la quinta parte de esta cantidad para llegar a rendimientos máximos. Otras especies requieren niveles considerablemente más altos de P, tales como Desmodium leonii y Macroptilium sp. 535. Estas especies no son recomendadas en sistemas de bajos insumos.

Debe notarse que las gramíneas adaptadas tales como Andropogón gayanus y Brachiaria decumbens requieren niveles más altos de P disponible en el suelo que las leguminosas adaptadas como Stylosanthes capitata y Zornia latifolia. El concepto común es que la fertilización de asociaciones de gramíneas y de leguminosas tiene que revisarse en base a los requerimientos nutricionales más bajos de las leguminosas. Esto se ha probado en el campo por Spain (1979), quien junto con P, observó una necesidad más alta de K en las gramíneas que en las leguminosas.

Las respuestas de campo durante el año de establecimiento muestran diferencias significativas en los niveles óptimos de la fertilización con P en Carimagua en un Oxisol con aproximadamente 1 ppm de P disponible inicial (Fig. 3). El Andropogón gayanus necesitó 50 kg P_2O_5 /ha para llegar al máximo rendimiento, mientras que Panicum maximum necesitó 100 kg P_2O_5 /ha y el pasto yaragua (Hyparrhenia rufa) 200 kg o quizás más. Esta especie muy común en América Latina, da bajos rendimientos en las regiones de Oxisoles y Ultisoles a causa de sus requerimientos generalmente más altos de P y K, y de una tolerancia más baja hacia el Al que las dos otras gramíneas (Spain, 1979). Estas diferencias son muy significativas al nivel de

producción animal. A niveles de insumos a los cuales otras gramíneas producen una buena ganancia en peso vivo de ganado, Hyparrhenia rufa produjo serias pérdidas de peso vivo en Carimagua (Paladines y Leal, 1979).

Se podría pensar que el uso de especies que requieren menos P podrían suministrar una cantidad de P insuficiente para la nutrición animal. No hay evidencia en los trabajos de CIAT que esto ocurre (CIAT, 1978,1979), pero si fuere así, resultaría probablemente más barato agregar al suelo las cantidades de P requeridas para un crecimiento máximo de la planta y suplementar el resto directamente por medio de sales mineralizadas.

Cuadro 3.- Diferencias de requerimientos de P en el suelo para el crecimiento máximo de varias especies de gramíneas y leguminosas en un Oxisol de Carimagua de Colombia en relación a las recomendaciones generales para cultivos.

Especies o ecotipo	Niveles críticos de P en el suelo según el Método Bray II
	ppm
Recomendación general para cultivos (Colombia)	15.0
<u>Demodium leonii</u> 3001	11.4
<u>Macroptilium</u> sp. 545	9.5
<u>Brachiaria decumbens</u> 606	7.0
<u>Desmodium ovalifolium</u> 350	6.6
<u>Andropogon gayanus</u> 621	5.2
<u>Zornia latifolia</u> 883	3.4
<u>Stylosanthes capitata</u> 1019	3.1
<u>Stylosanthes capitata</u> 1078	2.5

Fuente: CIAT (1978, 1979)

Deficiencia de agua

Es necesario que estas gramíneas y leguminosas tengan la capacidad de crecer y sobrevivir durante las fuertes estaciones secas en ambientes áridos bajo pastoreo, porque irrigar los pastos es demasiado costoso en la mayoría de las regiones con Oxisoles y Ultisoles. A causa de su alta tolerancia hacia el Al, las raíces de las especies forrajeras adaptadas son capaces de penetrar profundamente en los subsuelos extremadamente ácidos y explotar la humedad residual disponible. Esto está en marcado contraste con los cultivos sensibles a Al que sufren mucho por deficiencia de agua durante cortos períodos de sequía debido a que sus raíces están limitadas a la capa superior del suelo encalado (González et al , 1975)

Las especies de leguminosas adaptadas son generalmente más resistentes a deficiencias de agua que las gramíneas, y también mantienen un valor nutritivo más alto durante la estación seca. Por ejemplo, Zorna latifolia 728 contenía 23.6% de proteínas en sus hojas, durante la estación seca en Carimagua (CIAT, 1979). Entre las gramíneas adaptadas, Andropogón gayanus es más tolerante a la deficiencia de agua que Brachiaria decumbens o Panicum maximum (CIAT 1979). Sus hojas vellosas también permiten que las gotas de rocío se mantengan más tiempo que en B. decumbens o P. maximum . Es común mojarse los pantalones caminando en un pasto de Andropogon a las 10 de la mañana en los Llanos o en la Amazonía mientras que a la misma hora las otras dos especies ya están secas.

Ataques de enfermedades e insectos

La mayoría de las leguminosas adaptadas tienen su centro de origen en América Latina y por esta razón tienen muchos enemigos naturales. Antracnosis causado por el hongo Collectotrichum gloeosporoides es una enfermedad muy devastadora de los Stylosanthes (CIAT, 1977, 1978, 1979). Barrenadoras de tallo del género Caloptilia destrózan también varias

especies de Stylosanthes (CIAT, 1979). Ataques de salivazo (cigarrinha, mión) causados por Deois incompleta y otras especies de insectos chupadores han destrozado miles de hectáreas de Brachiaria decumbens en regiones údicas de Brasil.

La solución de estos problemas es resistencia varietal porque las aplicaciones de insecticidas o fungicidas en estos pastos casi nunca son económicas. El control de la resistencia a estos u otros patógenos han producido ecotipos que combinan la adaptación a condiciones de suelo adversas con la resistencia a patógenos. Ejemplos de estos hasta el momento son varios ecotipos de Andropogon gayanus, Stylosanthes, Capitata y Desmodium ovalifolium. Algunos ecotipos de Stylosanthes guianensis, una leguminosa extremadamente bien adaptada a las limitaciones del suelo, desafortunadamente sucumben por ataques de insectos y enfermedades (CIAT, 1978, 1979). Al igual que otros programas de fitomejoramiento, la búsqueda de nuevos ecotipos que combinan la tolerancia hacia patógenos con otras características deseables es una actividad continua.

Es interesante notar que los problemas de protección de plantas aumentan después de que las limitaciones del suelo se van solucionando en estas regiones con Oxisoles y Ultisoles. Esto podría ser el resultado de la eliminación del factor limitante original o de la formación de nuevos patógenos cuando las nuevas plantas están sembradas en miles de hectáreas por primera vez. Se observa lo mismo en el caso de los cultivos. La tolerancia hacia enfermedades y ataques de insectos, sin embargo, varían de acuerdo con las condiciones ecológicas y por eso, el grado de tolerancia de cada ecotipo prometedor tiene que ser comprobado localmente.

Tolerancia a la quema

Las quemas accidentales son comunes en las sabanas y una quema intencional puede ser técnica de manejo necesaria cuando las gramíneas crecen demasiado rápido y pierden su valor nutritivo. Consecuentemente, las especies adaptadas tienen que tener capacidad de rebrote después de la quema. Estudios de Jones (CIAT, 1979) demuestran que Andropogón gayanus, Panicum maximum, Brachiaria decumbens y Brachiaria humidicola rebrotan rápidamente después de la quema.

4. Suministro de nitrógeno con cepas de *Rhizobium* tolerantes a la acidez

La deficiencia de nitrógeno es un factor limitante muy extendido en la mayoría de las regiones de Oxisoles y Ultisoles, excepto durante los dos primeros años después del desmonte. En la mayoría de estas regiones, el precio del fertilizante nitrogenado es muy alto comparado con el precio de la carne en pie. La fertilización con nitrógeno para la producción de carne sobre la base de pastos generalmente no es económica. (O. Paladinaes, comunicación personal). Por lo tanto, la fertilización con N para la mayoría de estos pastos se tiene que hacer en base a la fijación simbiótica de N por las leguminosas.

Hasta hace poco se creía que la mayoría de las leguminosas forrajeras tropicales, que crecen en suelos ácidos, desarrollaban una simbiosis efectiva con cepas de *Rhizobium* del "tipo nativo de caupí", y por esto, la selectividad de cepas para ecotipos de leguminosas individuales era la excepción más bien que una regla. (Norris, 1972). Trabajos de Halliday (1979) y sus colaboradores demuestran claramente que esto ya no es el caso.

Un procedimiento de selección con cinco etapas comprendiendo etapas en el laboratorio, el invernadero y el campo, ha demostrado un importante grado de especificidad de las cepas para obtener una simbiosis efectiva en los ecotipos de leguminosas más prometedores. En el CIAT, están disponibles las recomendaciones recientes incluyendo la tecnología de la inoculación. (CIAT, 1979)

Experimentos a largo plazo en el campo demuestran, sin embargo, que la respuesta a la inoculación con razas de *Rhizobium* generalmente disminuye con el tiempo. La protección del inoculante en mezclas con cal o roca fosfatada permite una infección efectiva en un suelo ácido. El punto crítico, sin embargo, ocurre dos o tres meses más tarde cuando la población nodular original muere y se descompone. En este momento, las cepas inoculadas de *Rhizobium* tienen que valerse por si mismos en un ambiente ácido para reinfectar las raíces de las plantas. (CIAT, 1979) Por esta razón, la selección de cepas realmente tolerantes a la acidez es necesario. Date y Halliday (1979) desarrollaron una técnica de laboratorio muy simple para controlar la tolerancia hacia la acidez en las primeras fases de la selección de las cepas, empleando un medio de

agar-agar tamponado a pH 4.2. Las cepas de Rhizobium tolerantes a la acidez crecían en este medio, mientras que las susceptibles morían. La tolerancia hacia la acidez que demuestran algunas cepas de Rhizobium es, por esto, probablemente tan importante como la tolerancia a la acidez de las especies forrajeras.

Diferencias en tolerancia al Al entre cepas de Rhizobium para caupí también han sido identificadas (Keyser et al, 1979) sugiriendo que lo mismo pueden existir en cultivos anuales tolerantes al Al.

El potencial de simbiosis asociativa por las bacterias fijadoras de N₂ tales como Spirillum lipoferum en la rizosfera de gramíneas tropicales ha creado fuertes expectativas a una contribución importante a la fijación de N₂ por las gramíneas (National Academy of Sciences, 1977). Desafortunadamente, es evidente que la explotación práctica de tal simbiosis tiene poco valor práctico (Hubbell, 1979). Esto es un ejemplo de un componente dentro de la estrategia de bajos insumos que no funcionó.

5. Uso de rocas fosfatadas de baja reactividad y de bajo costo

Como se mencionó anteriormente el P es el insumo más caro durante el establecimiento y el mantenimiento de pasturas en las sabana sobre Oxisoles, debido a que muchos de estos suelos tienen una alta capacidad de fijación de P. El uso de especies de gramíneas y de leguminosas que requieren niveles más bajos de P disponible en el suelo, disminuye de una manera apreciable, las cantidades de P aplicadas al suelo. Una eficiencia aún más grande puede ser lograda si el costo por unidad de fertilizante fosforado puede disminuir mediante la aplicación directa de rocas fosfatadas. Esto es posible en América del Sur en donde hay importantes reservas de rocas fosfatadas, presentadas en la figura 4.

Todas estas reservas, excepto la de Bayóvar en Perú, están clasificadas como rocas de baja reactividad, las cuales se consideran inadecuadas para aplicación directa al suelo (Lehr y Mc Clellan, 1972). Las rocas fosfatadas con baja reactividad necesitan reaccionar con ácidos para aumentar su solubilidad, lo cual se ha realizado en la fabricación de superfosfatos simple o triple.

Si el suelo es ácido, el mismo proceso se produce en forma natural, pero pocas plantas cultivadas pueden soportar los altos niveles de Al intercambiables presentes a niveles tan bajos de pH (4.0 a 5.0). Cuando se emplean especies de plantas tolerantes al Al, sin embargo, estas rocas fosfatadas de baja reactividad pueden ser tan eficientes como los superfosfatos. El cuadro 4 presenta el efecto de varias fuentes de rocas fosfatadas y de métodos de colocación sobre la producción de pastos en un Oxisol en Carimagua, con un pH de 4.8 y aproximadamente una saturación de Al de 85%. La gramínea empleada, Brachiaria decumbens, es tolerante a la acidez y está bien adaptada a estas condiciones. Las rocas fosfatadas originarias de la zona tropical de América del Sur dieron resultados similares a los del superfosfato triple, a pesar de su diferente reactividad. Aparentemente, la química de los suelos ácidos puede efectivamente reemplazar fábricas de superfosfatos cuando se emplean plantas tolerantes a la acidez. Como el costo de un kilo de P_2O_5 en forma de roca es una tercera o quinta parte del costo de los superfosfatos, se pueden realizar ahorros importantes. Eso significa que las rocas fosfatadas de baja reactividad, pueden ser aplicadas directamente al suelo, bajo estas condiciones. Las rocas fosfatadas de alta reactividad también pueden usarse en forma directa.

Cuadro 4.- Eficiencia agronómica relativa (expresada como porcentaje de producción de materia seca con superfosfato) de varias rocas fosfatadas en relación al rendimiento de materia seca acumulada de *Brachiaria decumbens* en un Oxisol de Carimagua, Colombia (suma de los cortes durante 28 meses después de la siembra)

Fuente de P	P aplicado (kg P ₂ O ₅ /ha)				X
	25	50	100	400	
- % de eficiencia agronómica relativa -					
Superfosfato triple	100	100	100	100	100
Roca Gafsa (alta reactividad)	110	75	108	99	98
Roca Bayovar (alta reactividad)	125	90	87	98	100
Roca Huila (reactividad med.)	90	110	96	109	103
Roca Pesca (baja reactividad)	111	81	101	104	99
Roca Tennessee (baja reactividad)	112	78	88	106	96

Fuente: CIAT (1979)

Debido a que el P es crítico durante la fase de establecimiento, es importante que estas rocas fosfatadas reaccionen rápido con el suelo y proporcionen el P necesario para establecer la pastura. Esto ocurrió con la roca fosfatada de alta reactividad (Bayóvar) y la mediana reactividad (Huila) a la dosis recomendada de 50 kg de P_2O_5 /ha en el experimento de Carimagua presentado en el Cuadro 4. La producción de materia seca de Brachiaria decumbens hasta el primer corte (3 meses después de la siembra) con estas dos fuentes fue equivalente a la producción con superfosfatos. Resultados similares con la roca fosfatada de alta reactividad Bayovar en un Ultisol ácido, sin encalado en Yurimaguas, Perú han sido reportados por la North Carolina State University (1975).

El patrón de crecimiento de los pastos con la roca fosfatada pesca de baja reactividad en el experimento de Carimagua, a la misma dosis (50 kg P_2O_5 /ha), fue más lento durante el primer año que con Bayóvar o Huila, pero igualó a los demás dentro del primer año (CIAT, 1978). Resultados con otra roca de baja reactividad, Araxá, en Oxisoles de Brasilia, Brasil demuestran que tomó aproximadamente dos años para producir los mismos rendimientos de materia seca de Brachiaria decumbens que en el caso de una roca fosfatada de alta reactividad (Sanchez, 1977). Una combinación de fosfatos de roca de baja reactividad con aplicaciones en bandas de superfosfatos puede ser deseables en ciertos casos.

6. Corrección de otras deficiencias de elementos nutritivos

Los Oxisoles y Ultisoles muchas veces presentan deficiencias de Ca, Mg, K, S y varios elementos menores, particularmente Zn, Cu, B y Mo. Desafortunadamente se sabe muy poco sobre la distribución geográfica de estas deficiencias, particularmente la de S y los micro-elementos, en términos de niveles críticos en el suelo y los requerimientos de las especies prometedoras de gramíneas y de leguminosas. No se conoce la manera de corregir estas deficiencias salvo por medio del abono directo. Hutton (1979) atribuyó que la mayor parte de la falta de persistencia de las leguminosas en los pastos asociados de América Latina se debía a deficiencias nutritivas no fueron corregidas. Muchos ganaderos en América tropical piensan que aplicar el superfosfato

triple es suficiente para los pastos asociados de gramíneas/leguminosas. Esta fuente de fertilización sólo proporciona P y Ca. En Australia tropical, el superfosfato simple con molibdeno se emplea ampliamente como único fertilizante en Alfisoles que presentan severas deficiencias de N, P, S, y Mo. Esta fuente corrige las deficiencias de P, S y Mo lo que permite a la leguminosa proveer N a la gramínea asociada.

En vista de las diferencias fundamentales de acidéz del suelo entre los suelos de Australia tropical, donde se cultivan pastos mejorados (principalmente Alfisoles) y la región de Oxisoles-Ultisoles de América tropical, no es posible transferir directamente las prácticas de fertilización de Australia (Sánchez e Isbell, 1979). Los estudios del estado nutricional de los suelos de las regiones de Oxisoles y Ultisoles como los que fueron realizados por López y Cox (1977) en el Cerrado de Brasil, además de experimentos de campo sobre los elementos nutritivos como los que se efectuaron en Carimagua, Colombia (CIAT, 1977, 1978, 1979, Spain, 1979) y en Yurimaguas, Perú (Villachica, 1978) contribuyeron a la identificación de los tipos de deficiencias y de las prácticas de manejo para corregirlas, incluyendo posibles desequilibrios entre los elementos que pueden ser inducidos por la fertilización. Estos estudios, sin embargo, demuestran que existen otras deficiencias aparte de las de P en las regiones de Oxisoles y Ultisoles. Por eso, se necesita identificación al nivel local. Estos trabajos tienen que concentrarse en principales variedades de gramíneas y de leguminosas sobre las cuales muy poco se sabe.

El conocimiento insuficiente de las deficiencias nutricionales es el componente más débil de la estrategia descrita en este artículo. Esta falta puede ser corregida por determinaciones sistemáticas de los niveles críticos de los elementos nutritivos en el suelo y en la planta. Afortunadamente, el efecto residual más o menos prolongado de la fertilización con Ca, Mg, Zn y Cu puede reducir los costos de aplicación. También, el mantenimiento de los niveles adecuados de estos elementos incluyendo el K y S está también favorecido por un cierto

grado de reciclaje a través de los excrementos de los animales. Sin embargo, tienen que quedar claro que las deficiencias de estos elementos nutritivos tienen que ser identificadas y corregidas para que los pastos mejorados puedan persistir.

7. Empleo de métodos baratos, de establecimiento de pasturas

Los métodos convencionales del establecimiento de pasturas en las sabanas consisten de una o dos pasadas con una rastra de discos, seguido por la siembra con una sembradora acompañada de un aditamento para fertilización. Esto es fácil de realizar durante la estación de lluvias pero el costo es alto, del orden de US\$ 133/ha en los Llanos de Colombia (Spain, 1979; CIAT, 1979). Los costos de establecimiento pueden disminuir a través de dos mecanismos, uno aplicable a los Oxisoles de las sabanas, y el otro aplicable a la mayoría de las regiones de Oxisoles-Ultisoles.

Siembras ralas.- En Oxisoles de sabanas, el crecimiento de las malezas después de la preparación del terreno es muy lento cuando el suelo no es encalado o fertilizado debido a que la fertilidad nativa del suelo es extremadamente baja. Aprovechando esta situación, Spain (1976) desarrolló un sistema de siembras de baja densidad mediante el cual se puede lograr un considerable ahorro en términos del costo de semilla y de las dosis iniciales de fertilizante aplicado. Después que el terreno ha sido preparado pasando una o dos veces la rastra de discos, las semillas de la gramínea y/o de la leguminosa se colocan en huecos espaciados a más o menos 3.16 m. unos de los otros (dando una población de 1,000 plantas/ha) durante la estación de lluvias. Las plantas reciben una aplicación localizada alta de P y K, pero las cantidades máximas usadas por hectárea solo alcanzan a 9 kg P_2O_5 /Ha y 1.5 kg D_2O /Ha. Un hombre equipado solamente con una pala puede plantar y fertilizar 1 hectárea por día (Spain, 1979).

Estas plantas crecen vigorosamente durante la estación de lluvias debido al elevado tenor de fertilidad del suelo cerca de las pasturas y a la ausencia de competencia de malezas o de plantas de su misma especie. Las especies estoloníferas cubren el campo en un período de 8 meses, al comienzo de la siguiente estación de lluvias (CIAT, 1979).

Gramíneas del tipo erecto como Andropogón gayanus y Panicum maximum producen semilla al final de la estación de lluvias. En Carimagua estas semillas se esparcen ellas mismas en los surcos dejados por la rastra de discos y germinan con las primeras lluvias, adelantándose a las malezas. Las nuevas plantas tienen que ser fertilizadas poco tiempo después de su emergencia o sino mueren a causa de las deficiencias de P y K. Con sistema tal, los pastos estuvieron listos para el pastoreo 9 meses después de la siembra y que aproximadamente son 3 meses más tarde que para el caso de la preparación convencional del terreno. Los detalles están explicados con más precisión en las publicaciones de Spain (1979) y CIAT (1978, 1979). Aunque este sistema no reduce los requerimientos de fertilización relativos a la siembra convencional, los costos de las semillas son reducidos de US\$ 34 a \$ 3/ha (CIAT, 1979). Como las semillas de pastos mejorados son generalmente escasas, una ventaja adicional es que se puede utilizar la propagación vegetativa.

Cultivos anuales como precursores. Este sistema de siembra con baja densidad probablemente no tenga éxito en áreas de sabanas que han sido fertilizadas anteriormente o en áreas de bosque recién desmontadas donde se presenta un fuerte crecimiento de malezas y del bosque secundario. En muchas de estas áreas una alternativa factible es de sembrar cultivos anuales como precursores del establecimiento de pastos, con una preparación de campo y las prácticas de fertilización requeridas por estos cultivos, pero intercalando especies de pastos para que, en el momento de la cosecha de los cultivos, el pasto ya esté establecido (Shelton y Humphreys, 1975; Kornelius et al. 1979; Toledo y Morales, 1979. En realidad, el cultivo paga ampliamente los costos del establecimiento del pasto.

Resultados recientes con un Ultisol colombiano, presentados en el cuadro 5, describen algunas de las relaciones consideradas. Cuando la yuca y Stylosanthes guianensis fueron sembrados al mismo tiempo, los rendimientos de yuca bajaron algo, y la producción del stylo fue reducida a la mitad, pero el pasto stylo estuvo listo para ser pastoreado después de la cosecha de yuca. Cuando se asociaron yuca con una

mezcla de Brachiaria decumbens y Stylosanthes guianensis, los rendimientos de yuca fueron afectados en una forma muy negativa por el fuerte crecimiento de la gramínea. Aunque la suma de los rendimientos relativos es idéntica a las del caso anterior, esta combinación disminuye fuertemente los rendimientos de la yuca.

Cuando se emplea un cultivo con crecimiento de muy corta duración, los resultados son diferentes. El cuadro 5 también presenta las mismas dos especies de pastos sembradas al mismo tiempo con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Los rendimientos del frijol no fueron afectados por la presencia de la leguminosa sola o por la mezcla de gramínea con leguminosa, aunque el crecimiento del pasto fue retardado por la presencia del frijol. Sin embargo, se estableció un pasto después de la cosecha del frijol.

El éxito de intercalar pastos con cultivos depende del lugar y del clima. Los sistemas tienen que ser comprobados localmente, particularmente en términos de proporciones relativas de los cultivos, distanciamiento entre surcos, variedades de cultivos, y fertilidad del suelo. En el mismo lugar, en Colombia, el primer experimento de arroz seco con pastos falló, porque el crecimiento de arroz fue tan intenso que los pastos no podían competir con él. Un segundo experimento en el cual se estudiaron las fechas relativas de siembra y los distanciamientos, mostró una excelente asociación de arroz seco con una mezcla de Brachairia decumbens y Desmodium ovalifolium (CIAT, 1978).

Es probable que los pastos establecidos en esta forma podrían aprovechar un nivel más alto de fertilidad del suelo siempre y cuando sean fertilizados con las dosis recomendadas para los cultivos, lo que podría producir un efecto residual beneficioso para los pastos.

8. Empleo de técnicas de recuperación de pasturas

Después del establecimiento de la pastura, el manejo se concentra en el mantenimiento de la productividad inicial y su composición botánica por la manipulación del número de cabezas de ganado por hectárea, la presión del pastoreo, la fertilización y el control de malezas.

Quadro 5. Producción de pastos y cultivos en sistema de cultivo intercalado, sembrados simultáneamente en un Ultisol de Quilichao, Colombia; fertilizado con 0.5 tm/ha de cal dolomítica, 100 Kg/ha de P_2O_5 (Superfosfato Triple)*

ESPECIES	RENDIMIENTO		PASTO (MATERIA SECA)			Suma RR		
	Cultivo Pastura ** (N° cortes)	Monocul- tivo	Cultivo in- tercalado	RR*** (%)	Monocultivo cultivo inter- calado		RR	
YUCA (raíz)	S.g. (3)	45.60	38.20	84	2.10	1.00	48	132
	B.d. +							
	S.g. (3)	42.40	17.00	40	7.00	6.40	91	131
FRIJOL (grano)	S.g. (1)	1.08	1.08	100	0.80	0.37	46	146
	B.d. +							
	S.g. (1)	1.22	1.24	102	1.70	0.93	55	157

* Adaptado del CIAT (1979)

** S.g. = *Stylosanthes guianensis* 136; B.d.=*Brachiaria decumbens*

*** RR = Rendimiento relativo = $\frac{\text{Cultivo intercalado} \times 100}{\text{Monocultivo}}$

Desafortunadamente, la mayoría de los datos disponibles están relacionados con la carga animal y la presión del pastoreo, con un conocimiento extremadamente limitado del mantenimiento de la fertilización y del control de malezas en las regiones de Oxisoles y Ultisoles. Se cree generalmente que los niveles de mantenimiento de la fertilidad del suelo tendrían que ser menos de la mitad de las cantidades óptimas de todos los elementos nutritivos aplicados en la fase de establecimiento. Los análisis suelos y plantas podrían cuantificar cuales son las cantidades de nutrimentos más económicas y cuál sería la frecuencia de su aplicación, si cada año o cada dos años. Además, estas técnicas también identificarían las deficiencias nutricionales o los desequilibrios que se presentan en el tiempo.

La degradación de la pastura en la selva amazónica ha recibido atención considerable. De acuerdo con Hecht (1979) la mayoría de los pastos de Panicum maximum en la región amazónica de Brasil están en alguna fase de degradación. En el área de Paragominas en el Estado de Para, Hecht reporta que aproximadamente el 70% de los ganaderos abandonaron su negocio a causa de los pastos degradados. Las causas principales de la degradación son el uso de especies de gramíneas con altos requerimientos nutricionales, la ausencia de fertilización y de leguminosas y muchas veces sobrepastoreo. Los costos del control del rebrote del bosque se hacen demasiado altos cuando la población de Panicum maximum disminuye, y los campos se transforman gradualmente en bosques secundarios o purmas.

Serrao et al, (1979) han encontrado que la deficiencia de P es el factor que induce este proceso. La disponibilidad de fósforo es alta inmediatamente después de la quema del bosque, se mantiene encima del nivel crítico durante 4 años y luego disminuye. La corrección de este problema es extremadamente simple y de bajo costo. Serrao et al, (1979) seguidamente recomendaron volear 50 kg P_2O_5 /Ha, la mitad en forma de superfosfato simple y la otra mitad como roca fosfatada. En estas condiciones, la población de Panicum maximum aumentó de 25 a 90%. La siembra al voleo de semillas de leguminosas también ha sido incorporada al sistema.

9. El Uso Estrategico de Pastos Mejorados

La combinación de algunos de estos componentes en experimentos de pastoreo están dando resultados prometedores. Pasturas con leguminosas en las sabanas de un Oxisol de Carimagua, sembrados en la forma tradicional, con una aplicación inicial de fertilizante de 50 kg P_2O_5 /ha, de 25 kg K_2O /ha, de 20 kg S/ha y de 20 kg Mg/ha y una proporción de mantenimiento anual igual a la mitad de esta cantidad, se espera que produzca una ganancia de peso vivo de toretes del orden de los 400 a 500 g/día, con una capacidad de carga de aproximadamente 2 animales/ha durante la estación lluviosa y 1 animal/ha durante la estación seca. La producción total de carne/ha en operaciones de engorde se espera que sea del orden de 200 a 300 kg/ha/año (Nores y Estrada, 1979).

Datos actuales de experimentos de pastoreo en Carimagua han sobrepasado estos valores estimados (CIAT, no publicado). La cantidad es aproximadamente el doble de la producción con pastura mejorada de Brachiaria decumbens sin leguminosas, y más o menos 10 veces la productividad de la sabana nativa. Aunque tales niveles de ganancia de peso vivo han sido obtenidos durante el primer y el segundo año (CIAT, 1978; Rolon y Primo, 1979), ellos tienen que ser comprobados en cuanto a su persistencia durante un período más largo de tiempo. En las condiciones de los Llanos Colombianos, una persistencia de mínimo de 6 años es necesaria de acuerdo con el análisis económico correspondiente (CIAT, 1979).

Si estas pasturas con leguminosas son realmente persistentes como lo parecen ser los aumentos de producción por unidad de área serían tan grandes, que existen varias alternativas de reducción de costos. En áreas relativamente cercanas a los mercados donde el ganado puede ser engordado, la mayor parte del área de pastoreo podría ser transformado en este tipo de pastos mejorados. En el caso de los Llanos Colombianos, esto podría duplicar la tasa de retorno sobre la inversión (Nores y Estrada, 1979).

En áreas de selva, la productividad de los pastos de gramíneas y leguminosas bien manejadas es aún más alta que en las sabanas a causa de la ausencia de una estación seca pronunciada. Toledo y Morales (1979) reportan una ganancia anual en peso vivo de 450 kg/ha con una mezcla de Hyparrhenia rufa y Stylosanthes guianensis fertilizado con superfosfato de calcio simple durante un período de tres años en un Ultisol de Pucallpa, Perú. Esto es tres veces la cantidad obtenida con solamente la gramínea sin fertilización.

En áreas empleadas para actividades de producción de toretes y leche y alejadas de los mercados, la transformación de aproximadamente el 10% del área de pastoreo en pasturas sobre la base de leguminosas mejoradas, parece ser una alternativa prometedora. Esta zona tendría que ser sometida a un pastoreo estratégico en relación al 90% restante dejado como una sabana nativa sin mejoramiento.

El pastoreo estratégico consiste en ubicar en las pasturas mejoradas a los animales con requerimientos nutricionales mas altos tales, como las vacas lactantes o terneros recién destetados, mientras que los demás animales se quedan en la sabana nativa. También los períodos de pastoreo intenso por la mayor parte del rebaño se realizan cuando el pasto parece crecer demasiado rápido y es en perjuicio de la disminución de su valor nutritivo.

Un experimento de mejoramiento de ganado fue establecido en Carimagua en 1977 para probar esta hipótesis. Tres rebaños idénticos, con 54 vacas cada uno, fueron sometidos a pastoreo en una sabana nativa con el mejor manejo de animales y las mejores prácticas de salud incluyendo suministros de sales minerales suplementarias. Otros tres rebaños idénticos recibieron el mismo tratamiento salvo que el 10% de su área de pastoreo tenía Brachiaria decumbens y Stylosanthes guianensis en praderas separadas. Al final del primer año, el uso estratégico de los pastos mejorados en 10% del área aumentó el rendimiento en peso vivo en 250% (CIAT, 1979).

Aunque estos resultados necesitan mas tiempo para comprobarlos, muestran una promesa en el uso estratégico de pastos mejorados, como fuente de energía o de proteínas o de ambos. El concepto se podría también aplicar al trópico húmedo con pastos degradados, como los descritos por Serrão et al, (1979). En los casos en donde no es posible tener un programa de regeneración de pasturas para el predio agropecuario entero, la regeneración completa de una parte de él podría tener un efecto similar al que se observa en las sabanas.

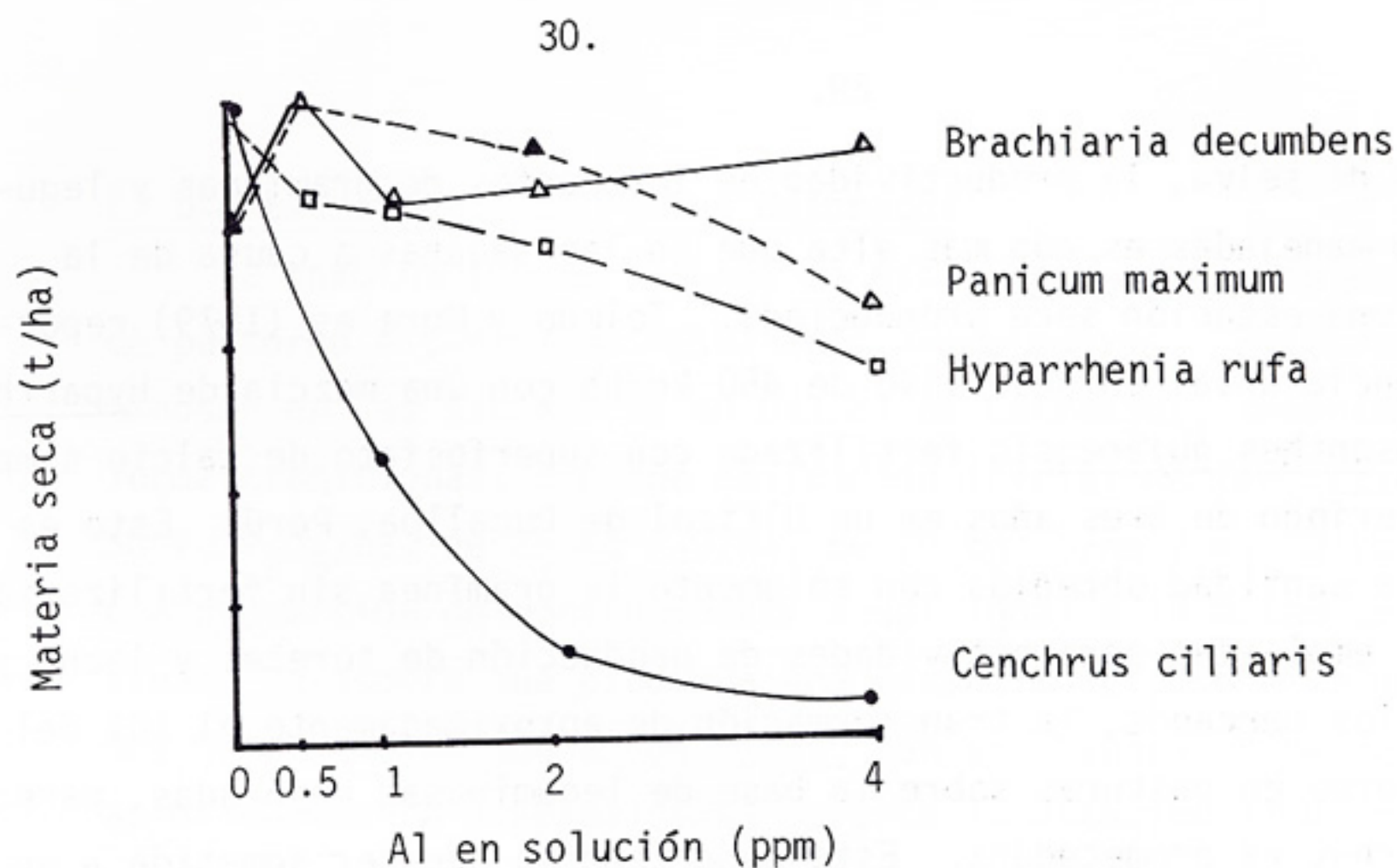


Fig. 1. Tolerancia diferencial el Al de cuatro gramíneas tropicales desarrolladas en soluciones nutritivas. Fuente: Spain (1979).

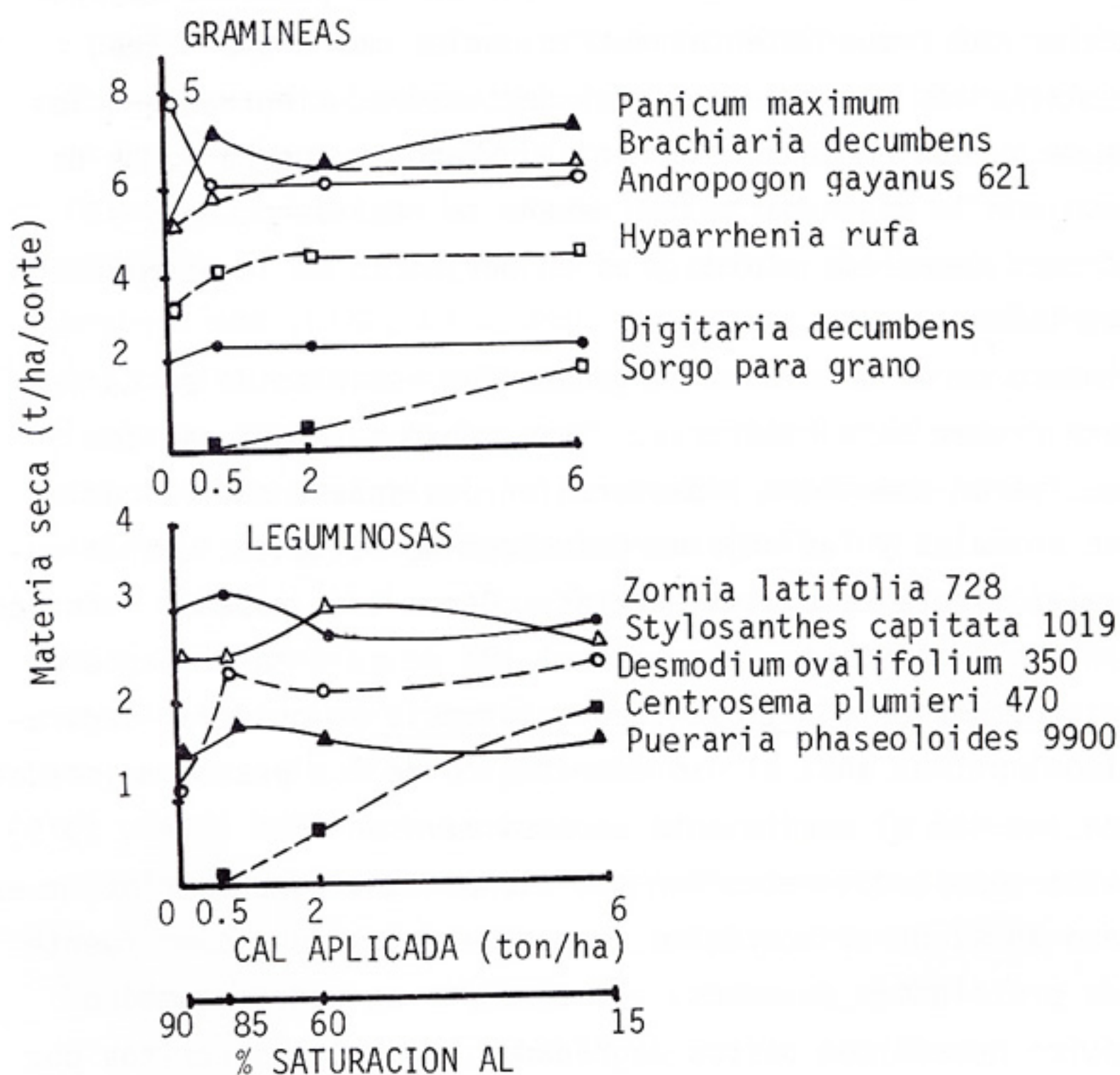


Fig. 2. Respuesta a aplicaciones de cal en campo de varias especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Carimagua, Colombia. Promedio de 4 a 5 cortes para las gramíneas y primer corte de leguminosas. Adaptado de Spain (1979).

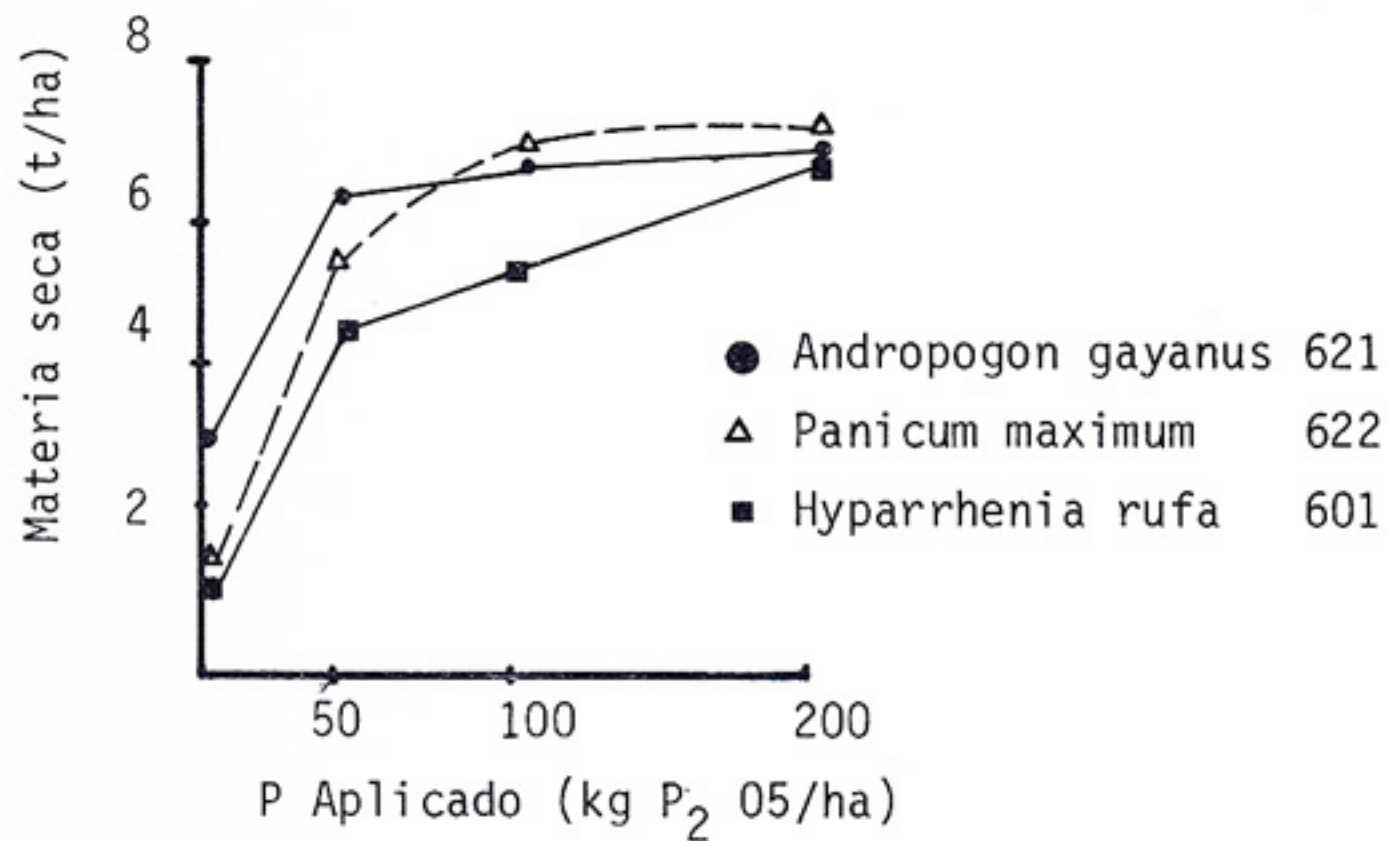


Fig. 3. Respuesta diferencial a la fertilización con P de tres especies de gramíneas durante el primer año de establecimiento en un Oxisol de Carimagua, Colombia. Suma de tres cortes durante una estación de crecimiento. Todos los tratamientos recibieron 400 kg N/Ha. Fuente: Jones (CIAT, 1979).



Fig. 4. Depósitos de roca fosfatada en el trópico Sudamericano, 1977.
Fuente: Fenster y León (1979).

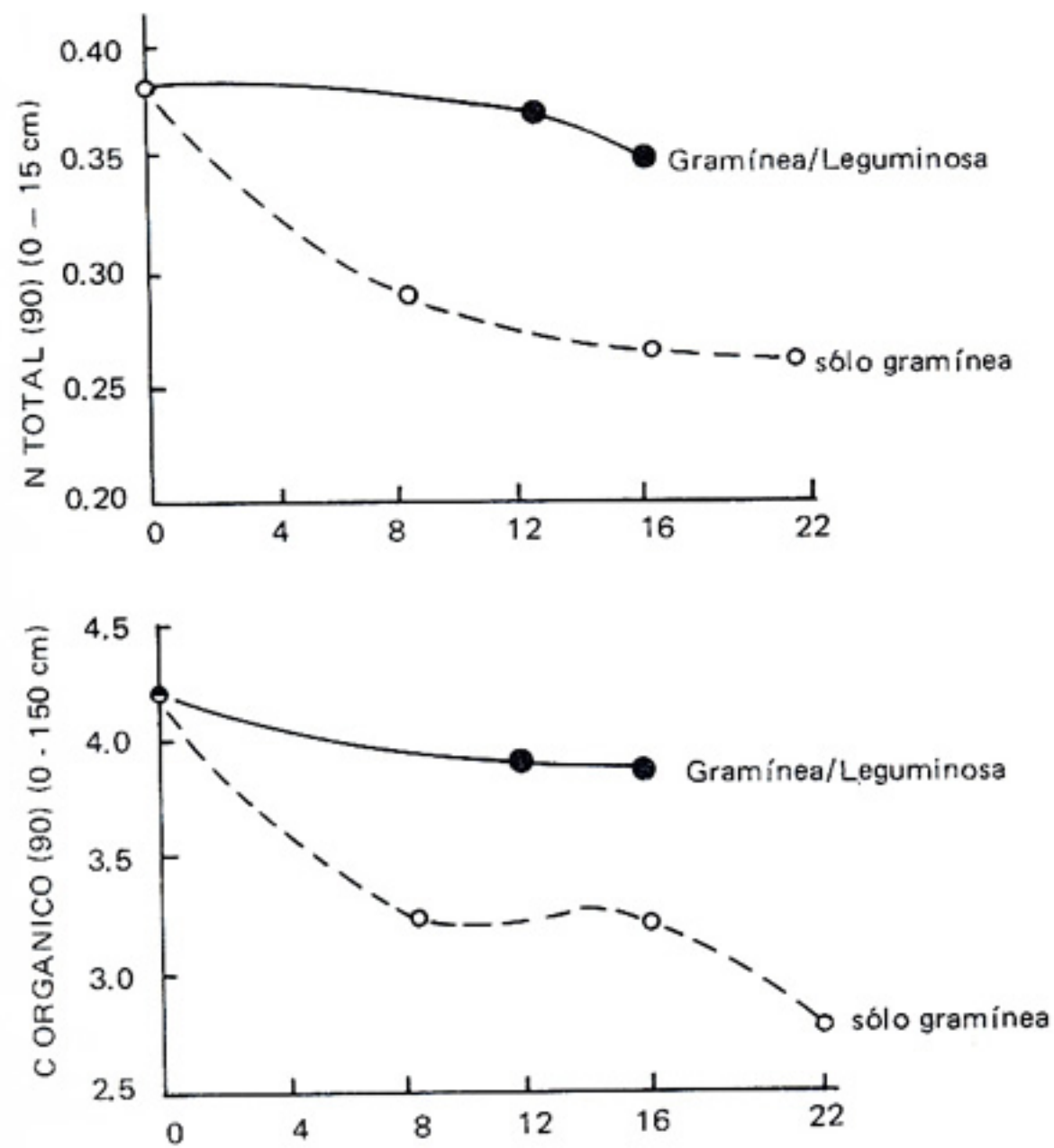
EFFECTOS DE LAS PASTURAS MEJORADAS CON LEGUMINOSAS EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

La mayoría de los pastos mejorados actuales en las regiones de Oxisoles y Ultisoles de América tropical son básicamente inestables porque les falta uno o más componentes claves descritos en esta publicación. Las limitaciones principales son el uso de especies de gramíneas poco adaptadas, la falta de fertilización, la ausencia de leguminosas persistentes, o el uso de semilla en insuficientes cantidades. La estrategia propuesta si es exitosa, tendría que tener el efecto opuesto.

Pasturas persistentes sobre la base de leguminosas pueden proporcionar una cubierta continua para proteger el suelo contra la erosión, si no están sometidas a un pastoreo excesivo. Los pastos bien manejados de este tipo han mantenido el contenido de materia orgánica de un Alfisol del Norte de Australia durante 16 años, a los mismos niveles de antes del desmonte del bosque, como se puede ver en la Fig. 5.

En la Amazonía oriental del Brasil, se ha observado, una ventaja adicional relacionada con el mantenimiento de las propiedades químicas del suelo. Serrão et al (1979) muestrearon suelos en pastos con Panicum maximum no fertilizados y de edad conocida en dos zonas del estado de Pará. Los resultados resumidos en la Fig. 6 indican que el pH del suelo aumentó desde aproximadamente 4.5 hasta 6 a 7 inmediatamente después de la quema, y permaneció constante durante 13 años. La toxicidad de Al fue completamente eliminada y los niveles de Ca y Mg mantenidos a niveles más o menos altos, al igual que la materia orgánica y el N. Los valores de potasio se mantuvieron cerca del nivel crítico, mientras que en P disponible disminuyó más o menos rápido, debajo del nivel crítico. Estos resultados son de muestras de campos diferentes, de edad conocida, después de la quema y que fueron tomadas al mismo tiempo; por eso, ellos confunden la variabilidad del tiempo y del suelo. Sin embargo, parece obvio que muchas de las propiedades químicas de estos Oxisoles, mejoraron bastante con el desmonte y el pastoreo. Esta dinámica del suelo está en un contraste pronunciado con la rápida baja de la fertilidad observada después del desmonte de los bosques húmedos tropicales seguido de la siembra de cultivos anuales en áreas údicas del Perú y Brasil (Sánchez, 1977, 1979).

Las razones de estas diferencias no están muy claras y tienen que ser estudiadas más intensamente. Algunos factores que favorecen una disminución, menos marcada en la parte Este de la Amazonía, puede ser el régimen de humedad ústico del suelo, que permite una quema más completa con abundancia de cenizas y consecuentemente un posible movimiento hacia arriba de los cationes y los aniones durante la época seca. También la quema periódica practicada en estas zonas y algún grado de reciclaje de los elementos nutritivos por el animal en pastoreo, pueden contribuir a los efectos mostrados en la Fig. 6. Cualesquiera que sean las razones, el mejoramiento de las propiedades químicas de los Oxisoles ácidos-infértiles, es significativa, y constituyen una promesa para el mejor manejo de las pasturas de gramíneas y leguminosas en la región amazónica.



AÑOS DE PASTOREO

Fig. 5 Efectos a largo plazo de pasturas de gramínea guinea sin fertilizante, con y sin *Centrosema pubescens*, sobre el contenido de la materia orgánica de la capa superior del suelo después del desmonte del bosque pluvial en South Johnstone, Australia.
Fuente: adaptado de Bruce (1965).

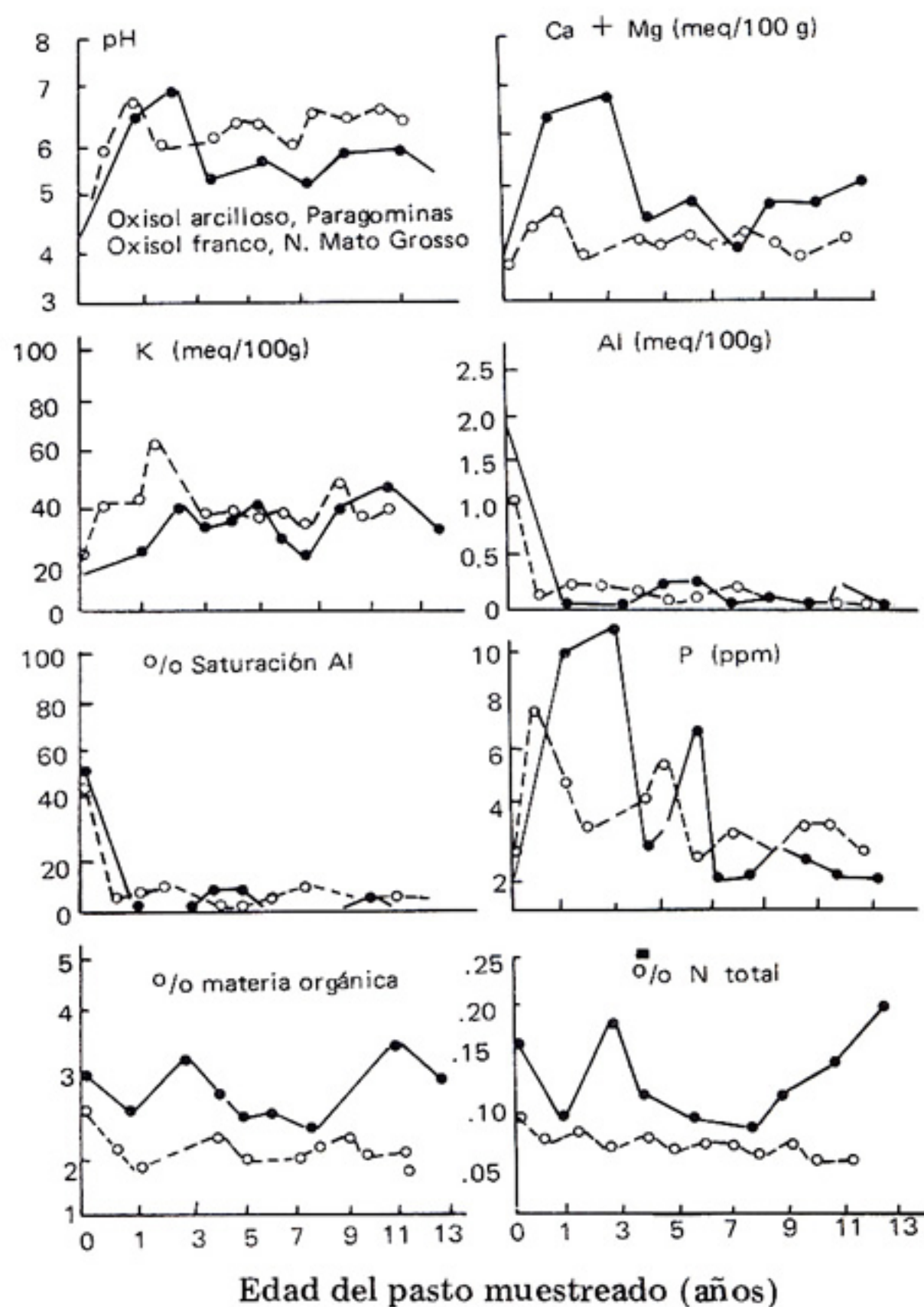


Fig. 6 Cambios en las características de la capa superior del suelo de las pasturas de gramínea guinea, de edad conocida, en la parte oriental de la Amazonía (muestreadas al mismo tiempo)
Adaptado de: Serrao et al. (1979).

RESUMEN

Los resultados logrados por equipos multidisciplinarios del Programa de Pastos Tropicales de CIAT y sus colaboradores en Colombia, Brasil y Perú sugieren la aparición de una estrategia de manejo de suelos con el uso de bajos insumos químicos aprovechando la infertilidad de los suelos ácidos en vez de corregirla a través de aplicaciones fuertes de cal y fertilizantes. La siembra de pasturas a gramíneas-leguminosas para la producción de carne, tiene ventajas comparativas para la expansión de la frontera agrícola en América tropical hacia las regiones extensas de Oxisoles y Ultisoles.

Esto puede dar una alternativa para disminuir la presión demográfica en las regiones susceptibles a la erosión, y con suelos con alta saturación de bases. Aunque no todos los componentes de esta estrategia se conocen suficientemente, se puede concluir que los principales son:

- 1) El uso de estudios de evaluación de recursos de tierras para seleccionar suelos convenientes para sistemas de pastos, evitando aquellos que tienen impedimentos físicos severos; 2) El uso de sistemas de desmonte apropiados, en áreas boscosas, que prevengan la compactación del suelo y que además incluyan quemas para aprovechar el valor fertilizante gratuito de la ceniza; 3) La selección y/o el mejoramiento de variedades de gramíneas y de leguminosas compatibles y persistentes, tolerantes a los altos niveles de saturación de Al, bajos niveles de P disponible en el suelo, ataques de enfermedades e insectos más comunes, falta de agua y quema; 4) Proporcionar N al sistema, inoculando las leguminosas con cepas de Rhizobium tolerantes a la acidez; 5) Emplear rocas fosfatadas de baja reactividad; cuyo fósforo se hace fácilmente disponible mientras el suelo permanezca ácido y se cultiven plantas tolerantes al Al; 6) Corregir las demás deficiencias nutricionales, particularmente K, S y micro-elementos; 7) Emplear métodos de establecimiento de pastos de bajo costo, tales como siembras ralas o intercalados pastos con cultivos; 8) Emplear técnicas de bajo costo de recuperación de pasturas; y 9) Para operaciones extensivas de cría y re cría sembrar pastos mejorados en aproximadamente el 10% del área total de la línea.

Los resultados preliminares muestran que esta estrategia es muy prometedora. Pastos bien manejados dan una cubierta protectora contra la erosión del suelo, favorecen el reciclaje de elementos nutritivos, y mejoran ciertas características químicas del suelo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIM, P.T. 1977. The balance between conservation and utilization in the humid trionics, with special reference to the Amazonia of Brazil.p.347-352. In G.T. Prance and T.S. Elias (ed) Extinction is forever. New York Botanical Garden, N.Y.
- BRUCE,R.C. 1965. Effect of *Centrosema pubescens* on soil fertility in the humid tropics. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 22:221-226.
- BUOL, S.W., P.A. SANCHEZ, R.B. CATE, AND M.A. GRANGER. 1975. Soil fertility capability classification: A technical soil classification for fertility management. p. 126-141. In E. Bornemisza and A. Alvarado (ed.) Soil management in tropical America. North Carolina State Univ., Raleigh.
- CIAT. 1977, 1978, 1979. Beef program. Annu. Rep. for 1976, 1977 and 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- COCHRANE, T.T. 1979. An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of tropical America for beef cattle production. p. 1-12. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed). Pasture production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- , J.A. PORRAS, L.G. DE AZEVEDO, P.G. JONES, AND L.F. SANCHEZ.1979. An exploratory manual for CIAT's computerized land resource study of tropical America. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- DATE, R.A., AND J. HALLIDAY.1979. Selecting Rhizobium for acid infertile soils of the tropics. Nature 227 (5691): 62-64.
- EMBRAPA. 1979. Relatorio técnico anual da UEPAE de Manaus 1978. EMBRAPA, Manaus, Brazil. 294 p.
- FENSTER, W.E., AND L.A. LEON. 1979. Management of phosphorus fertilization in establishing and maintaining improved pastures on acid, infertile soils of tropical America. p. 109-122. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. Colombia.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 1979. Agriculture towards the year 2000. FAO. Rome.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION-UNESCO (FAO-UNESCO). 1971. Soil map of the world. Vol. IV South America. UNESCO, Paris.
- GONZALEZ-ERICO, E., E.J. KAMPRATH, G.C. NADERMAN, W.V.SOARES, AND E. LOBATO. 1975. Efeito da profundidade e incorporacao de calcareo na cultura do milho em solo acido de Cerrado do Brasil Central.p. 299-302. Em: Anais XV Congr. Bras. Ciencia de Solo (Campinas).
- HALLIDAY, J. 1979. FIELD responses by tropical legumes to inoculation with Rhizobium.p. 123-138. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

- HANCOCK, J.K., R.W. HILL AND G. H. HARGREAVES. 1979. Potential evapotranspiration and precipitation deficits for tropical America. A resume of the preliminary climatic data used for the Land Resources Evaluation Study of Tropical America. CIAT. Cali, Colombia. 398 p.
- HARGREAVES, G.H. 1977. World water for agriculture. Climate, precipitation probabilities and adequacies for rainfed agriculture. Utah State Univ., Logan.
- HECHT, S.B. 1979. Amazonian cattle-pasture research. Unpublished data. Geography Dep., Univ. of California. Berkeley.
- HUBBELL, D.H. 1979. The potential of associative symbioses between nitrogen-fixing bacteria and forage grasses. p. 139-144. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- HUTTON, E.M. 1979. Problems and successes of legume-grass pasture, especially in tropical America.p. 81-94. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- KEYSER, H.H., D.N. MUNNS and J.S. HOHENBERG. 1979. Acid tolerance of Rhizobia in culture and in symbiosis with cowpea. Soil Sci. Soc. Am. J.43:719-722.
- KÖRNELIUS, E., M.G. SAURESSIG, and W.J. GOEDERT. 1979. Pastures establishment and management in the Cerrado of Brazil.p. 147-166. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- LAL, R. 1980. Erosion as a constraint to food production in the tropics. p. 405-425. In Priorities for Alleviating Soil Constraints in the Tropics. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.
- LEHR, J.A., AND G.H. MCCLELLAN. 1972. A revised laboratory scale for evaluating phosphate rock for direct application. Tennessee Valley Authority Bull. Y-43
- LOPES, A.S. AND F.R. COX 1977. A survey of fertility status of surface soils under Cerrado vegetation in Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:742-747.
- MARIN, J.G. 1977. Fertilidad de suelos con enfasis en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá 299 p.
- MINISTERIO DAS MINAS ENERGIA, BRAZIL. 1973-1979. Projeto RADAM-Brasil. Vol. I-XI. Departamento Nacional de Producao Mineral. Rio de Janeiro, Brazil.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1977. World food and nutrition study: The potential contributions of research. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 192 p.

- NORES, G.A., AND R.D. ESTRADA. 1979. Economic evaluation of beef production Systems in the Llanos Orientales of Colombia. p. 327-341. In P. A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- NORRIS, D.O. 1972. Leguminous plants in tropical pastures. Trop. Grassl. 6:159-170.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. 1975. Agronomic-economic research on tropical soils. Annu. Rep. for 1974. p. 42-47. Soil Science Dep., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C.
- PALADINES, O.P., and J. LEAL. 1979. Pasture management and productivity in the Llanos Orientales of Colombia. p. 311-322. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- RAMALHO FILHO, A.E. G. PEREIRA, AND K.J. BEEK. 1978. Sistema de avaliacao da aptidao Agricola das terras. Servico Nacional de Levantamento e Conservacao de Solos. EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brazil.
- ROLON, J.D. AND A.T. PRIMO. 1979. Experiences in regional demonstration trials in Brazil. p. 417-430. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- SALINAS, J.G. 1978. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of Central Brazil. Ph.D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh. (Libr. Congr. Card No. Mic. LD 3921 Soil Sci. S12) 326 p. (Diss. Abstr. 7905509).
- SANCHEZ, P.A. 1977. Advances in the management of Oxisols and Ultisols in tropical South America. p. 535-566. In Proc. Int. Seminar on Soil Environment and Fertility management.
- , 1979. Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. p. 79-124. In H.O. Mongi and P.A. Huxley (ed.) Soil research in agroforestry, ICRAF (International Council for Research in Agroforestry), Nairobi, Kenya.
- , and T.T. COCHRANE, 1980. Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America. p. 107-140. In Soil Constraints Conference. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
- , and R.F. Isbell. 1979. A comparison of the soils of tropical America and tropical Australia. p. 25-54. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- SERRAO, E.A.S., I.C. FALESI, J.B. VEIGA, AND J.F. TEXEIRA. 1979. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil. p. 195-226. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

- SEUBERT, C.E., P.A. SANCHEZ, AND C. VALVERDE, 1977. Effects of land clearing methods on soil properties and crop performance in an Ultisol of the Amazon Jungle of Peru. *Trop. Agric. (Trin.)* 54:307-321.
- SHELTON, H.M., and L.R. HUMPHREYS. 1975. Undersowing rice with *Stylosanthes guianensis*. *Exp. Agric.* 11:89-112.
- SPAIN, J.M. 1979. Pasture establishment and management in the Llanos Orientales of Colombia. p. 167-176. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) *Pasture production in acid soils of the tropics*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- , C.A. FRANCIS, R.H. HOWELER, AND F. CALVO. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. p. 308-329. In E. Bornemisza and A. Alvarado (ed.) *Soil Management in tropical America*. North Carolina State Univ., Raleigh.
- TOLEDO, J.M. AND V. A. MORALES. 1979. Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon. p. 177-194. In P.A. Sanchez and L.E. Tergas (ed.) *Pasture production in acid soils of the tropics*. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia.
- VALVERDE, C., D.E. BANDY, P.A. SANCHEZ, AND J.J. NICHOLAIDES. 1979. Algunos resultados del Proyecto Yurimaguas en la Zona Amazonica. Instituto Nacional de Investigacion Agraria, Lima, Peru. 26 p.
- VICENTE-CHANDLER, J.F. ABRUNA, R. CARO-COSTAS, J. FIGARELLA, S. SILVA, AND R.W. PEARSON. 1974. Intensive grasslands management in the humid tropics of Puerto Rico. *Univ. Puerto Rico Agric. Exp. Stn. Bull.* 223.
- VILLACHICA, J.H. 1978. Maintenance of soil fertility under continuous cultivation in the Amazon Jungle of Peru. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. (Libr. Congr. Card No. Mic. LD 3921 Soil Sci. V54) (Diss. Abstr. 7905538).
- WATTERS, R.F. 1971. Shifting cultivation in Latin America. *FAO Forestry Development*. Paper 17.305 p.