

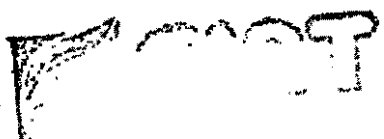
~~EL~~ ROL DE LAS LEGUMINOSAS DE PASTURAS EN SUELOS ACIDOS Y POBRES

José M. Toledo

CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

1991

La producción de pasturas tropicales está limitada por la disponibilidad de N y, aunque la aplicación de fertilizante nitrogenado puede mejorar efectivamente la productividad de la pastura, ésta resulta antieconómica en la mayoría de los sistemas de producción ganadera. Por esta razón, se está estudiando en Oxisoles y Ultisoles la función que cumplen las leguminosas en el incremento de la productividad animal y de la fertilidad de los suelos ácidos, a través de una mayor fijación de nitrógeno y un mejor reciclaje de nutrientes. Los resultados indican que las pasturas a base de leguminosas pueden contribuir significativamente a mejorar la productividad animal, en términos de ganancia de peso y de producción lechera. Además, las leguminosas fijadoras de N₂ en asociación con gramíneas tienen un gran potencial para mejorar la fertilidad del suelo para los cultivos subsiguientes, aumentando los niveles de N, los niveles de reciclaje de otros nutrientes y la actividad biológica de los suelos.



UNIDAD DE INVESTIGACION Y
DOCUMENTACION

023910

20 JUN 1996

EL ROL DE LAS LEGUMINOSAS DE PASTURAS EN SUELOS ACIDOS Y POBRES

D
José M. Toledo*

INTRODUCCION

La producción de pasturas tropicales está limitada por la disponibilidad de N, a pesar de que la materia orgánica del suelo contiene cantidades relativamente grandes de N. Esto se explica por la deficiente tasa de mineralización a la cual el N se hace disponible para la nutrición de las plantas. Sólo un 1% o menos del nitrógeno presente en el perfil de enraizamiento se mineraliza en formas que las plantas pueden absorber (Henzell, 1968). Por lo tanto, es necesario mejorar la oferta de N disponible y/o aumentar la eficiencia de su utilización.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados altamente solubles a las pasturas de gramíneas, puede ser un medio muy efectivo de mejorar la productividad de las pasturas (Vicente-Chandler, et al., 1983).

Sin embargo, para la mayoría de los productores de pasturas y ganado en los trópicos, los fertilizantes no están disponibles o son demasiado costosos. Por esta razón, la única opción viable es el N suministrado por las leguminosas.

En este trabajo se trata el papel de las leguminosas en el mejoramiento de la productividad animal y de la fertilidad de los suelos ácidos.

* Científico del Programa de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

FUNCIONES DE LAS LEGUMINOSAS EN LOS SISTEMAS DE PASTURAS

1. Las leguminosas en la nutrición animal

La producción de carne y leche en las áreas tropicales, en pasturas de sólo gramíneas, está limitada por la baja ingesta de energía digestible (Elliot et al., 1961; Hamilton et al., 1979; Alvarez y Lascano, 1987; Schneider et al., 1988). Además de la baja ingesta de energía, también puede haber deficiencia de proteína en la estación seca y parte de la estación lluviosa, lo que limitará aún más la ingesta voluntaria (Minson y Milford, 1967).

Las leguminosas en asociación con las gramíneas contribuyen a incrementar el nivel de proteína del forraje ingerido en la estación seca y también a aumentar el nivel de proteína de la gramínea durante la estación lluviosa (Gardener, 1980; Böhnert et al., 1986; Lascano y Thomas, 1989). Por otra parte, las leguminosas generalmente contienen mayores concentraciones de calcio, azufre y fósforo que las gramíneas (Whiteman, 1980). Por lo anterior, se espera que el consumo de leguminosas por los animales en pastoreo aumente las ganancias de peso (Lascano et al., 1989) y la producción de leche (Stobbs, 1976) en las pasturas tropicales.

Los mecanismos nutricionales por los cuales las leguminosas contribuyen a aumentar la producción animal no son bien comprendidos. Por ejemplo, el balance nutricional en las vacas lactantes de potencial genético

intermedio (8-10 litros/día) pastando especies tropicales, indicaría que los requerimientos proteínicos de la dieta deberían ser del orden del 12% (Glover y Dougall, 1961; Hardison, 1966). Sin embargo, se han presentado casos en que las vacas que pastan una pradera de sólo gramínea con 15% de proteína, han producido más leche al recibir un suplemento de leguminosa como Leucaena leucocephala (Florez et al., 1979). Este respuesta positiva a las leguminosas se ha relacionado con la baja solubilidad o degradabilidad de la proteína de L. leucocephala, lo que indica que hay cierto grado de proteína que no es digerida en el rumen sino en el tracto posterior (proteína sobrepasante). Otros estudios han mostrado respuestas en la producción lechera de vacas que pastan gramíneas fertilizadas con N, cuando son suplementadas con Glycine wightii (Cribeiro y Ruiz, 1976). Por esto, sería importante caracterizar las leguminosas tropicales en mezclas con gramíneas, no sólo en términos del contenido total de proteína y de forraje ingerido, sino también en términos del grado en que esta proteína suplementa N para la actividad bacteriana ruminal (o sea, nitrógeno fermentable) y aminoácidos para el tracto intestinal posterior (o sea, la proteína sobrepasante).

2. Reciclaje del N

En las pasturas bajo pastoreo, a diferencia de los sistemas de cultivo, la mayoría de los nutrientes del forraje regresan al sistema suelo/planta a través de las heces del animal y de los residuos de las plantas. El equilibrio entre los procesos de reciclaje y la tasa de descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo,

determinan la ganancia o pérdida neta de N disponible para la planta dentro de la pastura (Hoglund, 1985). A medida que aumenta la utilización de la pastura, más N pasa a través del sistema digestivo-heces del animal. El paso del N por las heces del animal significa considerables pérdidas de este elemento (hasta de un 80%) por causa de la volatilización, la desnitrificación y la lixiviación del N en los pedazos de terreno donde cae la orina (Ball y Ryden 1985). Por otra parte, cuando la volatilización es baja, pasa más N a través de los sistemas de remobilización y devolución de residuos de la planta. Sin embargo, si los residuos de la planta poseen una alta relación C:N, el N puede quedar inmobilizado y no disponible para las plantas (Robbins et al., 1989). Cuando no hay leguminosas fijadoras de N_2 , el N debe provenir de reservas del suelo o de insumos fertilizantes.

3. Aumento de la disponibilidad de N

La relación entre la cantidad de N necesaria para equilibrar el ciclo de N y su utilización por la pastura, es independiente de la biomasa total y las cantidades requeridas se pueden expresar como un porcentaje del N de la biomasa. Este N puede provenir de la fijación de N_2 por la leguminosa. Así, si tomamos un rango de producción de pasturas tropicales de 3-22 t de MS/ha/año (Helyar, 1985) con un contenido de N promedio de 1.5% y un rango de utilización de 10-40%. Toledo et al. (1990) estimaron que se requiere un insumo de N de la leguminosa de 15-155 kg/ha/año para balancear el ciclo de N. Por otro lado, Cadisch et al. (1989) estimaron que las leguminosas forrajeras en los Llanos de Colombia son capaces de fijar entre 24-155 kg de N/ha/4 meses. De esta

manera, las leguminosas forrajeras tienen el potencial de suministrar a la pastura suficiente N para mantener la productividad sin requerir N fertilizante ni agotar las reservas del suelo.

4. Mejoramiento del suelo

Las pasturas tropicales, se espera que contribuyan a la materia orgánica estable del suelo valores de 18-27% de N de biomasa vegetal (Toledo et al., 1990). Esto representaría el potencial de la pastura de acumular N orgánico del suelo. Este N será mineralizado a tasas lentas a menos que se remueva el suelo (p. ej., Sylvester-Bradley et al., 1988). Generalmente, las leguminosas tienen un mayor contenido de N que las gramíneas y por lo tanto contribuirán con más N a la materia orgánica. Además de las mayores cantidades, también puede haber diferencias en la calidad de la materia orgánica y los efectos subsiguientes en la disponibilidad de N. En la Figura 4 se presenta un ejemplo: los rendimientos de arroz aumentaron cuando se sembró en una pastura de gramínea-leguminosa en comparación con una pastura de sólo gramínea. En estos suelos no había diferencias aparentes en el contenido total de materia orgánica o N. Además del N, las leguminosas pueden mejorar otras propiedades químicas y físicas del suelo a través de las mayores adiciones de materia orgánica (Whiteman, 1980). Esta adición de N y M.O. del suelo favorece el crecimiento de las gramíneas acompañantes (parte aérea y radicular) con mejoras en estructura del suelo como producto de sistemas radiculares más profundos y vigorosos. Además, ofreciendo un microambiente y un sustrato más rico en nutrientes para el desarrollo de la actividad micro y microbiológica del suelo.

RESULTADOS EN SUELOS ACIDOS DE BAJA FERTILIDAD

1. Mejoramiento de la producción animal

El Programa de Pastos Tropicales de CIAT, en colaboración con la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT) está desarrollando una nueva generación de gramíneas y leguminosas para los suelos ácidos de baja fertilidad de las sabanas y selvas y áreas de bosque ya degradadas de América tropical (Toledo y Nores, 1986). Ahora los productores tienen a su disposición gramíneas como Andropogon gayanus, Brachiaria decumbens, B. brizantha y B. dictioneura. Igualmente, hay otras leguminosas como Arachis pintoi, Centrosema acutifolium, C. brasilianum, C. macrocarpum, Stylosanthes capitata, S. guianensis, y S. macrocephala que cada vez están más disponibles para los productores de la región. Estas plantas son tolerantes a las plagas y enfermedades de la región y son adaptadas a la alta saturación de Al y acidez del suelo típicas de los Oxisoles y Ultisoles.

Los productores tropicales adoptan fácilmente las gramíneas; sin embargo, las leguminosas están en desventaja a causa de anteriores experiencias desfavorables con la introducción en el pasado de cultivares comerciales no adaptados. Además, los ganaderos de la región no están familiarizados con las leguminosas (Ferguson et al., 1989).

Se está documentando la contribución potencial que hacen las leguminosas adaptadas al mejoramiento de la productividad animal y de la fertilidad del suelo. En Carimagua y en los Llanos colombianos, las pasturas de

gramíneas-leguminosas han más que duplicado las ganancias de peso por animal y han mostrado un aumento de diez veces en la productividad por hectárea, en contraste con la sabana nativa bien manejada (Figura 1). Estas pasturas de gramíneas-leguminosas también producen aumentos del 50% en las ganancias de peso por animal y aumentos de 20-30% en las ganancias de peso por hectárea, cuando se comparan con los monocultivos de gramíneas.

Los resultados experimentales de diferentes áreas en bosques degradados, indican que es posible obtener ganancias de peso anuales superiores a los 600 kg/ha cuando hay leguminosas presentes en la pastura (Cuadro 1). Esto representa un aumento de 3 veces la productividad de la pastura nativa degradada ("torurco" o "grama") y un aumento de 2 veces sobre las pasturas mejoradas de sólo gramíneas.

En la estación Quilichao (CIAT/FES), en un Ultisol del Valle del Cauca, Colombia, se está estudiando la contribución potencial de las leguminosas al aumento de la producción lechera. Los resultados preliminares muestran que la productividad aumenta 20% cuando se asocian leguminosas como C. macrocarpum y C. acutifolium con la gramínea B. dictyoneura (Figura 2).

La contribución de la leguminosa a la productividad y estabilidad a largo plazo de la pastura ha sido documentada en los Llanos de Colombia (Lascano et al., 1989). En este estudio, la pastura de gramínea-leguminosa siempre produjeron mayores ganancias que el monocultivo de gramínea en la estación seca, dependiendo de la severidad de la estación

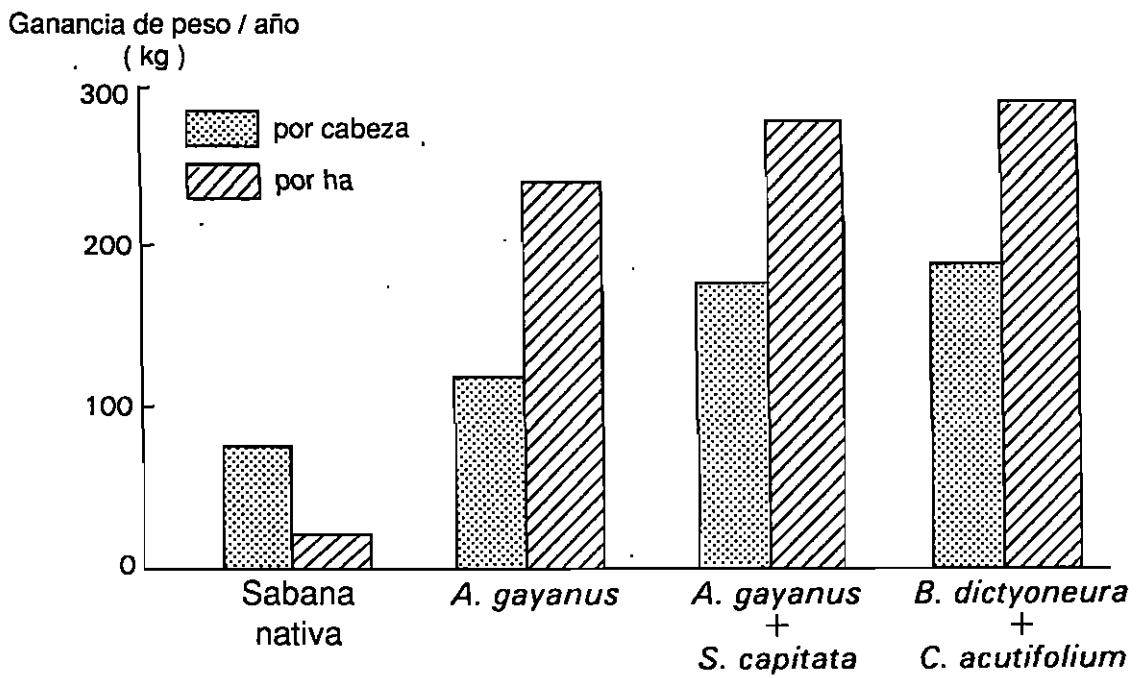


Figura 1. Productividad de la sabana nativa con el mejor manejo y de las nuevas pasturas mejoradas en los Llanos Orientales colombianos (Tomado de CIAT, 1988).

Cuadro 1. Ganancias de peso de varias pasturas después de tierras degradadas de bosque tropical.

Pastures	No. de años	Carga animal (cabeza/ha)	Ganancias peso/ha /año
<u>Pasturas nativas:</u>			
<u>Homolepis aturensis</u> ("Guaduilla") ^a	1	1.5	110
<u>Paspalum notatum</u> ("Trenza") ^b	1	3.1	204
<u>Pasturas de gramíneas mejoradas:</u>			
<u>Brachiaria humidicola</u> (CIAT 679) ^c	2	2.5	351
<u>Andropogon gayanus</u> (CIAT 621) ^c	2	2.1	340
<u>Pasturas de gramíneas-leguminosas mejoradas:</u>			
<u>A. gayanus</u> +			
<u>C. macrocarpum</u> (CIAT 5452) ^d	5	4.4	660
<u>A. gayanus</u> +			
<u>S. guianensis</u> (CIAT 184) ^e	2	3.5	650
<u>B. decumbens</u> (CIAT 606) +			
<u>D. ovalifolium</u> (CIAT 350) ^e	5	5.5	897
<u>B. dictyoneura</u> (CIAT 6133) +			
<u>D. ovalifolium</u> (CIAT 350) ^d	4	5.0	803

Fuentes: a/ Caquetá, Colombia (Maldonado, 1990). b/ Cauca, Colombia (Escobar et al., 1971). c/ Paragominas, Brasil (EMBRAPA, 1988). d/ Quilichao, Colombia (CIAT, 1988). e/ Yurimaguas, Peru (Dextre et al., 1987).

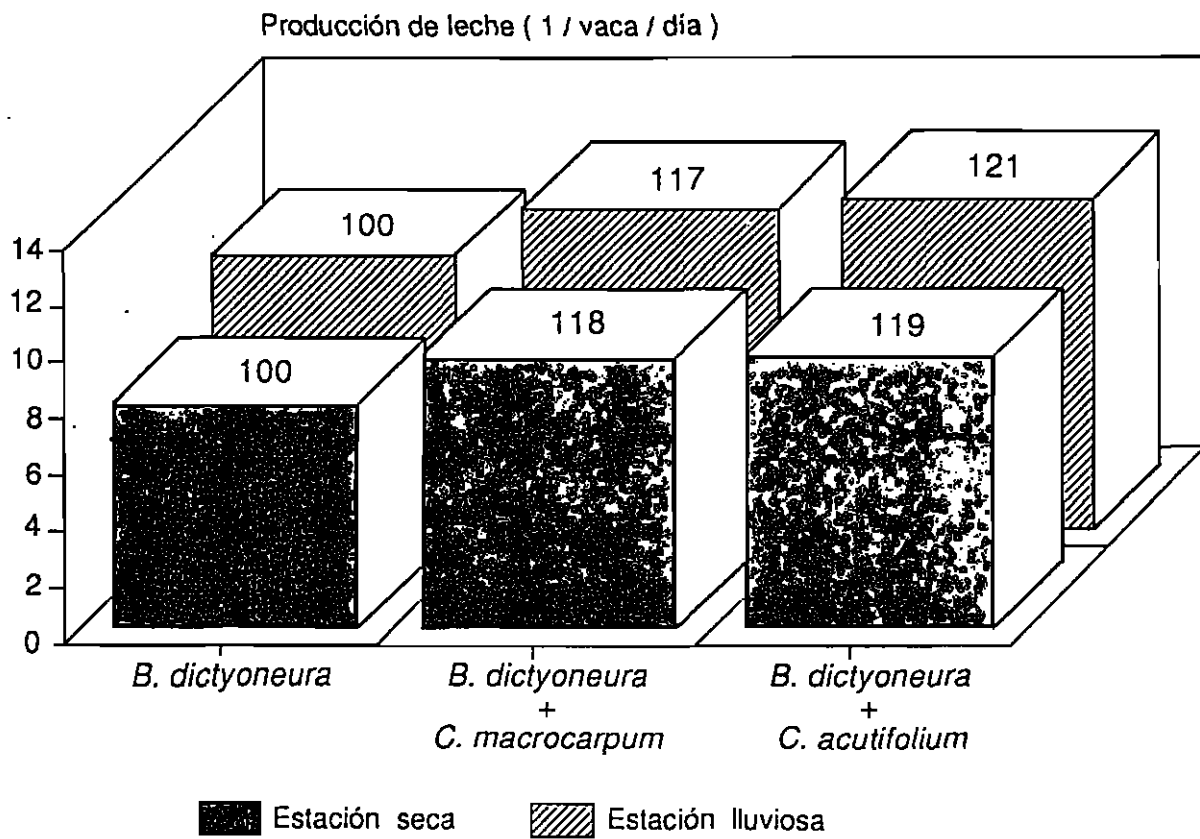


Figura 2. Producción de leche de diferentes pasturas en la Estación Experimental de Quilichao (Tomado de CIAT, 1990).

seca (Figura 3). Sin embargo, durante la estación lluviosa, cuando el agua no limitó el crecimiento de la planta, se observó una tendencia de productividad alta y estable en la pastura de gramínea-leguminosa, lo que contrasta con la tendencia a disminuir productividad en el tiempo del monocultivo de gramínea (Figura 3).

2. Mejoramiento de la fertilidad del suelo

Los primeros resultados de la siembra de un cultivo de arroz secano después de diferentes pasturas en un Oxisol en Carimagua, documentan el potencial de las pasturas para mejorar la fertilidad del suelo para los cultivos subsiguientes. Más de 3 toneladas de arroz/ha después de una pastura de leguminosa-gramínea de 10 años de edad fueron obtenidas, sin respuestas significativas al N (Figura 4). Después de la gramínea sola, los rendimientos de arroz fueron también de más de 3 toneladas/ha pero con la aplicación de 80 kg de N/ha. En contraste, los máximos rendimientos de arroz obtenidos después de sabana nativa fueron sólo de 2 toneladas/ha.

Hay otros factores diferentes al N del suelo que pueden explicar la obtención de 1 ton/ha adicional de arroz después de las pasturas mejoradas. Se espera que los sistemas radiculares profundos y profusos de las plantas (gramíneas y leguminosas) adaptadas tengan efectos importantes, mejorando la estructura del suelo, facilitando el acceso de las raíces del arroz al agua más profunda y haciendo que la capa superior del suelo disponga de mayores concentraciones de nutrientes,

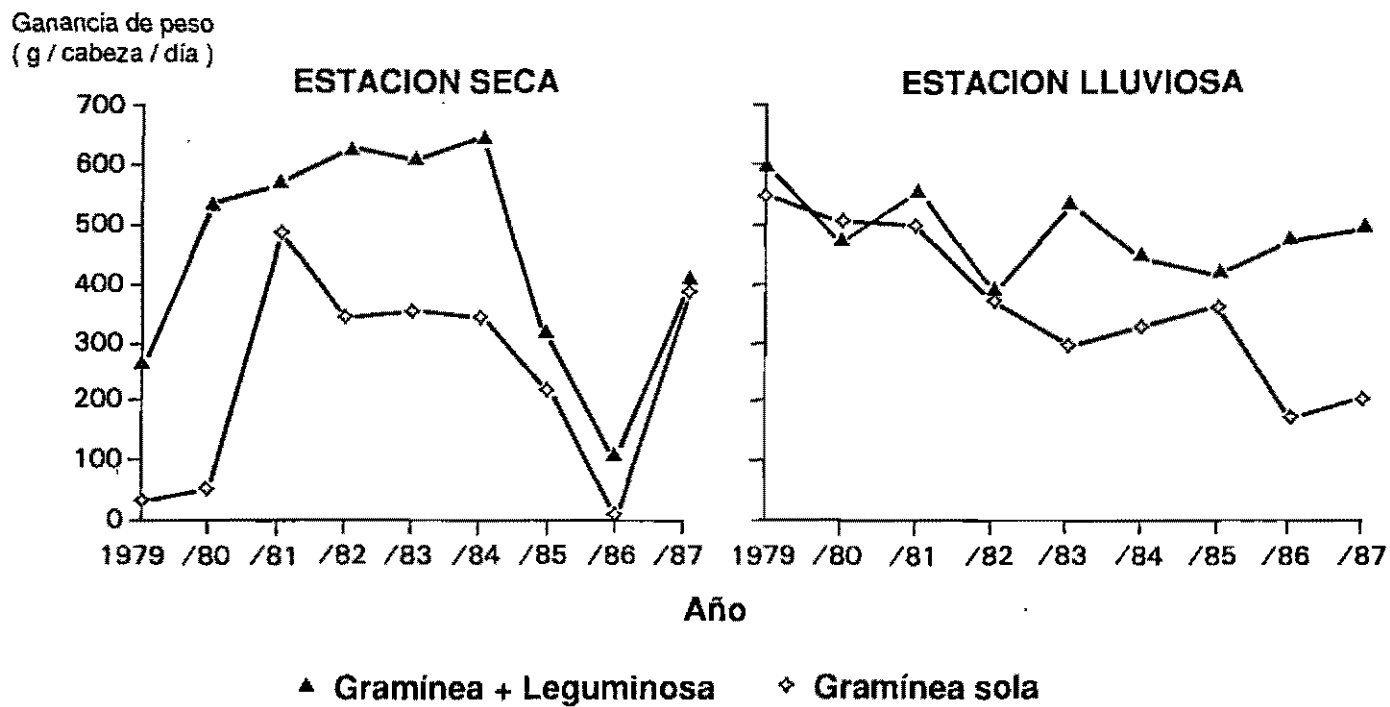


Figura 3. Ganancia de peso de novillos en pasturas de *B. decumbens* y *B. decumbens* + *P. phaseoloides* en Carimagua, Llanos de Colombia (Tomado de Lascano y Estrada, 1989).

como resultado de un proceso de reciclaje más efectivo. Además, el potencial de inóculo de micorriza al comienzo de las lluvias aumenta a una tasa más rápida en las pasturas mejoradas que en la sabana nativa (Figura 5), lo que puede tener un efecto importante en la absorción de P por las plantas de arroz. En forma similar, Pashanasi y Lavelle (1988) hallaron que la biomasa de la macrofauna (insectos y lombrices de tierra) en la capa superior de 10 cm de un Ultisol bajo gramíneas-leguminosas en Yurimaguas, Perú, era dos veces mayor que la encontrada bajo bosque primario y cerca de 15 veces mayor que la biomasa de macrofauna bajo cultivos (Figura 6). Parecería que los niveles de N y la actividad biológica de los suelos con pasturas de leguminosas-gramíneas fijadoras de N_2 , son claramente superiores a los hallados en pastos de solo gramíneas en Oxisoles y Ultisoles de las zonas tropicales.

COMENTARIOS FINALES

A pesar de las dificultades para la adopción de pastos a base de leguminosas en América tropical, su contribución potencial para mejorar la producción animal, la fertilidad y la actividad biológica del suelo parece ser tan significativa, que se justifican todos los posibles esfuerzos de investigación para seleccionar un mayor rango de leguminosas adaptadas a las limitaciones bióticas y edáficas de las zonas con suelos ácidos. Además, para demostrar la validez ecológica y económica de las pasturas de gramíneas-leguminosas y facilitar su adopción por los productores, se requiere implementar proyectos agresivos de producción de semillas en una base regional.

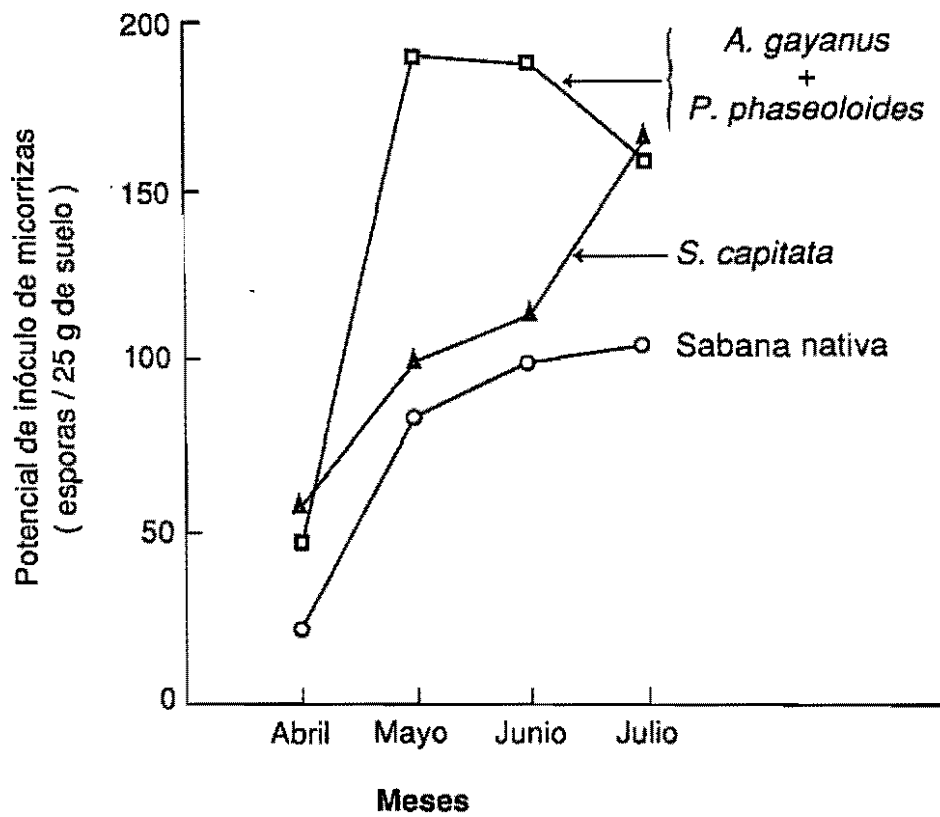


Figura 5. Potencial de inóculo de micorrizas al inicio de las lluvias en un Oxisol de Carimagua (Tomado de CIAT, 1982).

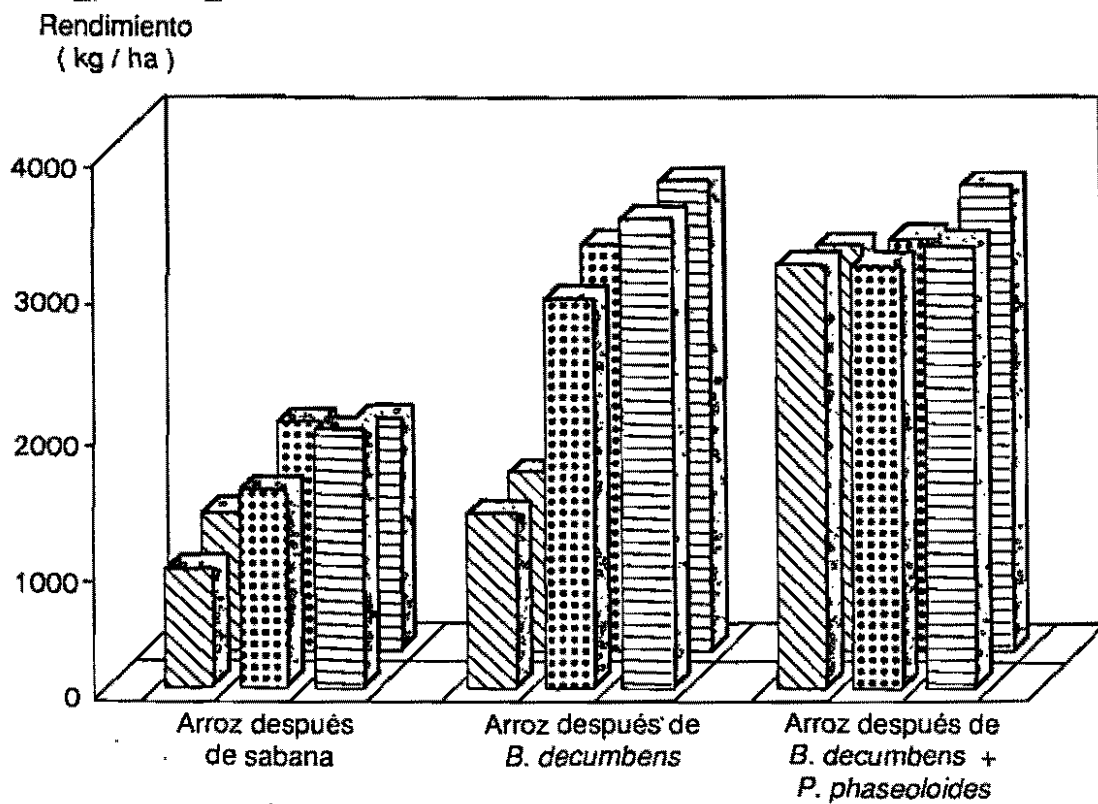





Figura 4. Rendimiento de arroz después de 10 años de pasturas mejoradas y sabanas en respuesta a fertilización con 25 kg de P / ha (columna de atrás) y 50 kg de P / ha (columnas de adelante) con 3 niveles de N / ha ; ( =80 kg / h  =40 kg N / ha ;  = sin N) (Tomado de CIAT 1990).

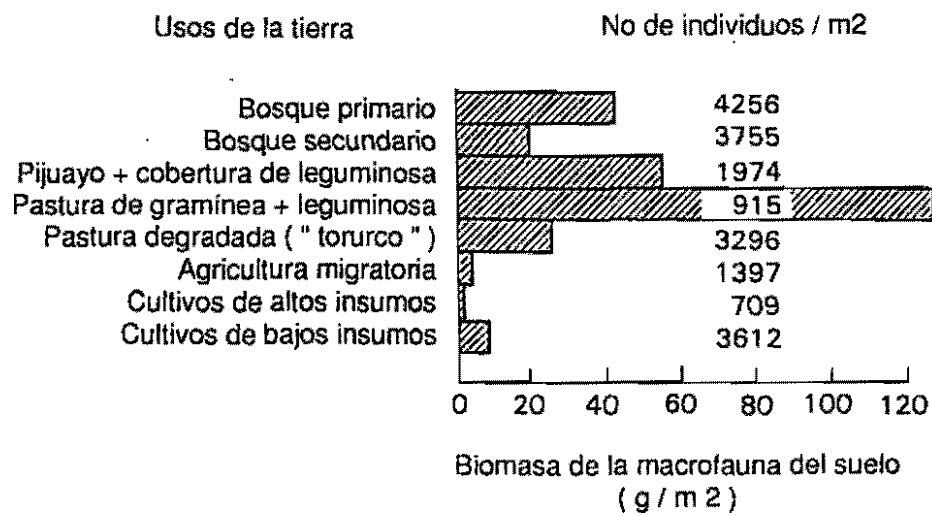


Figura 6. Biomasa de macrofauna y número de individuos en los 10 cm superficiales del suelo bajo diferentes usos de tierra en Yurimaguas, Perú (Adaptado de Pashanasi y Lavette, 1989).

REFERENCIAS

- Alvarez, A. y Lascano, C.E. 1987. Valor nutritivo de la sabana bien drenada de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 9(3):9.
- Ball, P.R. and Ryden, J.G. 1984. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant and Soil* 76: 23-33.
- Böhnert, E., Lascano, C. and Weniger, J.H. 1986. Botanical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia. II. Chemical composition of forage available and selected. *Sanderdruck aus Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie* 102:69.
- Cadisch, G., Sylvester-Bradley, R. and Nosberger, J. 1989. ¹⁵N-based estimation of nitrogen fixation by eight tropical forage-legumes at two levels of P:K supply. *Field Crops Research* 22:181-194.
- CIAT. 1983. *Tropical Pastures Program, Annual Report 1982*. Cali, Colombia.
- CIAT. 1990. *Tropical Pastures Program, Annual Report 1989*. Cali, Colombia.
- Croibeiro, T. y Ruiz, T. 1976. Utilización de la glicina (*Glycine wightii*) para la producción de leche. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. Boletín No.2.
- Dextre, R., Ayarza, M.A., and Sánchez, P.A. 1987. Legume-based pastures: central experiments. In: *TropSoils Technical Report 1985-1986*. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. pp. 12-15.
- Elliot, R.C., Fokkema, K. and French, C.H. 1961. Herbage consumption studies by beef cattle. *Rhodesia J. Agr.* 58:124.
- Escobar, G., Ramírez, A., Michelin, A., and Gómez, J. 1971. Comportamiento de novillos cebú en pastoreo continuo y rotacional en pasto "trenza". En: Quiroz, J.E. and Ramírez, A. (eds.). *Producción de carne con forrajes en el Valle del Cauca*. ICA Boletín 15:67-68.
- Ferguson, J.E., Vera, R. and Toledo, J.M. 1989. *Andropogon gayanus* and *Stylosanthes capitata* in the Colombian Llanos. The path from the wild towards adoption. In: *Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice, France*. pp. 1343-1344.
- Florez, J.F. the Lote T.H. Stobbs and D.J. Minson. 1979. The influence of the legume *Leucaena leucocephala* and formal-casein on the production and composition of milk from grazing cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 92:351.

- Gardener, C.J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on Stylosanthes hamata - Native grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 31:379.
- Glover, J. and Dougall, H.W. 1961. Milk production from pastures. J. of Agric. Sci. Camb. 56:261.
- Hamilton, R.I., Lambourne, L.J., R. Rai, and Minson, D.J. 1970. Quality of tropical grasses for milk production. Proc. of the 11th Int. Grassl. Cong. Surfers, Paradise. p. 860.
- Hardison, W.A. 1966. Chemical composition nutrient content and potential milk producing capacity of fresh tropical herbage. Dairy Training and Research Institute, University of Phillipynes, Research Bulletin No.1.
- Henzell, E.F. 1968. Sources of nitrogen for Queensland pastures. Tropical Grasslands 2:1-17.
- Henzell, E.F. and Ross, P.J. 1973. The nitrogen cycle of pasture ecosystems. In: G.W. Butler and R.W. Bailey (eds.). Chemistry and Biochemistry of Herbage, p. 227-245. Academic Press. London.
- Helyar, K.R. 1985. The distribution and use of forage legumes in Australia. In: Forage legumes for energy efficient animal production, p. 2-19. U.S.D.A.
- Hoglund, J.H. 1985. Grazing intensity and soil nitrogen accumulation. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 46:65-69.
- Lascano, C.E. and Thomas, D. 1988. Forage quality and animal selection of Arachis pintoi in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. Grass and Forage Science 43:433.
- Lascano, C. and Estrada, J. 1989. Long-term productivity of legume-based and pure grass pastures in the eastern plains of Colombia. In: Proceedings of XVII International Grassland Congress, Nice, France. pp. 1179-1180.
- Maldonado, G. 1990. Capacidad de carga y ganancia de peso en novillos pastoreando gramíneas nativas. Memorias de la Reunión RIEPT-Amazonia. (In press).
- Milford, R. and Haydock, K.P. 1965. The nutritive value of protein in subtropical pasture species grown in southeast Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 5:13-17.
- Minson, D.J. and Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (Digitaria decumbens). Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:546.

- Pashanasi, B. and Lavelle, P. 1989. Soil macrofauna as affected by management practices. In: TropSoils Technical Report 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. pp. 119-121.
- Robbins, G.B., Bushell, J.J. and McKeon, G.M. 1989. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in aging pastures of green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*). *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 113:401-406.
- Robson, M.J. and Deacon, M.J. 1978. Nitrogen deficiency in small closed communities of S24 ryegrass. II changes in the weight and chemical composition of single leaves during their growth and death. *Annals of Botany* 42:1199-1213.
- Schneichel, M., Lascano, C. and Weniger, J.H. 1988. Qualitative and quantitative intake of steers grazing native grasslands supplemented with a legume in the eastern plains of Colombia. II. Legume selection, nutrient intake and grazing behavior. *J. Anim. Breed. Genet.* 105:154.
- Steele, K.W. and Vallis, I. 1988. The nitrogen cycle in pastures. In: J.R. Wilson (ed.). *Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems*, p. 274-291. C.A.B.
- Toledo, J.M., Lascano, C. and Thomas, R. 1990. Legume contribution to pasture productivity and improvement of acid soils. Paper presented in the 26th Meeting of the Caribbean Society for Feeding Crops. Puerto Rico, 29 July - 4 August 1990.
- Sylvester-Bradley, R., Mosquera, D. and Mendez, J.E. 1988. Inhibition of nitrate accumulation in tropical grassland soils: effect of nitrogen fertilization and soil disturbance. *Journal of Soil Science* 39:407-416.
- Toledo, J.M. and Nores, G.A. 1986. Tropical pasture technology for marginal lands of tropical America. *Outlook on Agriculture*, Vol.15, No.1, pp. 1-9.
- Vallis, I. 1983. Uptake by grass and transfer to soil of nitrogen from ¹⁵N-labelled legume materials applied to a Rhodes grass pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* 34:367-376.
- Vincente-Chandler, J.; Caro-Costas, R.; Abruna, F. y Silva, S. 1983. Producción y utilización intensiva de las forrajeras en Puerto Rico. Río Piedras. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Boletín 271, 230 p.
- Whiteman, P.C. 1980. *Tropical pasture science*. Oxford University Press. 392 p.