

# Valor nutritivo de la sabana bien drenada de los Llanos Orientales de Colombia\*

A. Alvarez y C. E. Lascano\*\*

## Introducción

Las sabanas de los Llanos Orientales de Colombia tienen una extensión aproximada de 17 millones de hectáreas de las cuales 20% se consideran como altillanura plana bien drenada (Cochrane et al., 1986). La productividad animal en esta extensa región es baja, alcanzándose una producción anual de 75 kg/animal y de 15 kg/ha cuando la vegetación nativa se maneja con quema y los animales tienen libre acceso a un suplemento mineral balanceado (Paladines y Leal, 1979). Esta baja productividad se ha relacionado con la baja calidad, especialmente en términos de proteína, de las gramíneas nativas predominantes. Sin embargo, un estudio reciente de Schneichel (1985) en el cual se evaluó el efecto de un banco de leguminosa como complemento de la sabana nativa sugirió que la energía podría ser tan limitativa como la proteína para alcanzar niveles adecuados de producción animal en sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia.

Para adquirir mejor conocimiento de las limitaciones nutricionales de las pasturas nativas de esta región se realizó el presente ensayo. Su objetivo específico fue medir con animales en pastoreo

la calidad nutritiva y el consumo estacional de la sabana nativa bien drenada manejada con quema y dos cargas animales.

## Materiales y métodos

**Localización.** El ensayo se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones (CNI) ICA-CIAT Carimagua, Llanos Orientales de Colombia, localizado a 4° 37' de latitud norte y 71° 13' de longitud oeste, a 175 m.s.n.m. y 2100 mm de precipitación promedio anual, distribuida de abril a noviembre. El ecosistema de la región corresponde a sabana isohipertérmica bien drenada, con suelos clasificados como Oxisoles Haplustox típico.

**Area experimental.** La sabana utilizada para el ensayo estaba dominada por *Trachypogon vestitus*, con presencia de *Paspalum pectinatum* y *Lepidocoryphium lanatum* como especies co-dominantes. Esta sabana estuvo en experimentación desde 1978 con ensayos que incluyeron bancos de *Pueraria phaseoloides* (Tergas et al., 1983) y *Stylosanthes capitata* (Schneichel, 1985), en ambos casos manejada con quema en secuencia y dos cargas animales (0.25 y 0.50 animales/ha).

A partir de enero de 1985 se cerró el acceso al área de bancos y se inició el presente experimento. Para el efecto se utilizaron dos cargas animales (0.375 y 0.750 animales/ha) y quema en secuencia de la sabana nativa. Las cargas animales se generaron utilizando pasturas de 4 y 8 ha para las cargas alta y baja respectivamente, y un número

\* Trabajo realizado por el autor principal durante su permanencia como investigador visitante en la sección de Calidad y Productividad de Pasturas y del Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

\*\* Respectivamente: Agrónomo, actualmente en estudios de posgrado en University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii; y Zootecnista jefe de la sección de Calidad y Productividad de Pasturas del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, Apdo. aéreo 6713, Cali, Colombia.

fijo de 3 animales Cebú x Criollo en pastoreo continuo en cada potrero. Para facilitar la quema en secuencia cada potrero se subdividió por medio de barreras rompedufuegos. Las quemas se realizaron en diciembre de 1984 (inicio de la época seca), marzo de 1985 (final de la época seca) y septiembre de 1985 (época de lluvias).

**Mediciones en las pasturas.** Cada dos meses a partir de febrero y hasta octubre de 1985 se realizaron cinco mediciones de disponibilidad de forraje en cada área de quema utilizando el método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). Para estimar la calidad del forraje en oferta en cada período de muestreo se determinaron los contenidos de proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) en hojas y tallos.

**Mediciones con los animales.** Para la determinación de la cantidad y calidad del forraje consumido por los animales en pastoreo se emplearon en cada pastura y período de muestreo dos animales bifistulados en el esófago y en el rumen a los cuales se les suministró a voluntad una sal mineralizada con 8% de P. La producción diaria de heces se determinó mediante la administración a cada animal vía cánula ruminal de 20 ml de cloruro de iterbio (0.1 g de Yb/ml) en la mañana y en la tarde, durante 14 días. La recolección de heces se hizo directamente del recto dos veces diarias durante los últimos siete días de aplicación del marcador externo. Tres días antes y tres días después de la aplicación del marcador externo se tomaron muestras de extrusas para medir la calidad de la dieta consumida por los animales.

El hábito de pastoreo de los animales permanentes y de los fistulados se determinó por medio de observaciones visuales desde una torre estratégicamente localizada en el área experimental. Estas observaciones se hicieron cada media hora, entre las 05:30 y las 18:00 horas durante seis días consecutivos en cada período de evaluación e incluyeron anotaciones del tiempo de pastoreo de los animales en función de la época de quema de cada área de los potreros.

**Cálculos.** La ganancia de peso de los animales permanentes se determinó cada 56 días; para los análisis de regresión los datos de ganancias de peso obtenidos en junio se corrigieron asumiendo que 75% de la ganancia era compensatoria. Esto se hizo con base en datos previos obtenidos en la sabana nativa que muestran ganancias compensatorias de 74 a 78% al inicio de las lluvias (CIAT, 1978).

El consumo voluntario diario se estimó utilizando la relación entre producción diaria de heces y la indigestibilidad del forraje seleccionado de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo (g de MO/100 kg de P.V.)} = \frac{\text{Producción de heces/día} \times 100}{100 - \text{DIVMO}}$$

A su vez la producción de heces se estimó con base en la relación entre el marcador externo dosificado (g de Yb/día) y el promedio de su concentración en las heces (g de Yb/g de MO en las heces) (Lascano, 1979).

Para calcular la concentración de energía digestible se empleó la relación siguiente (Heaney y Pigden, 1963):

$$\text{ED (Kcal/g)} = -0.59 + 0.056 (\% \text{ DIVMO de la dieta seleccionada}),$$

en donde: ED = energía digestible  
DIVMO = digestibilidad in vitro de la MO

Los consumos de PC y ED se calcularon mediante su concentración en el forraje seleccionado y el respectivo consumo de MO.

**Análisis.** Los resultados del ensayo se sometieron a análisis de varianza para un diseño completamente al azar con dos tratamientos de carga y dos repeticiones por tratamiento. Se realizaron cinco evaluaciones en el tiempo (épocas) en puntos independientes en cada parcela experimental, lo cual permitió considerar el factor época como sub-parcela. Para poder analizar el efecto de fecha de quema se consideró la carga animal como parcela principal, la quema como sub-parcela y la época de evaluación como sub-subparcela.

Se hicieron además análisis de regresión con un modelo de la forma:  $Y = a + bX$  para ajustar la relación entre ganancia de peso (Y) y contenido de PC (X) o DIVMO (X) de la dieta seleccionada y con un modelo de la forma:  $Y = A + Be^{-kx}$  para ajustar la relación entre consumo de MO digerible (Y) y MS verde digerible disponible/100 kg de peso (X). La MS verde digerible disponible se midió con base en la cantidad de hojas + tallos y sus respectivas digestibilidades in vitro, ponderando por la frecuencia de pastoreo en las áreas de cada pastura quemadas en diferentes épocas del año.

## Resultados y Discusión

**Disponibilidad de forraje.** Como era de esperarse la disponibilidad de forraje en la sabana nativa fue influenciada por la carga animal y la fecha de quema (Figura 1). La disponibilidad de MS total fue menor ( $P < 0.05$ ) en la carga alta (1058 kg/ha) que en la carga baja (2580 kg/ha). Cuando existió suficiente biomasa combustible en la pastura la quema disminuyó en forma significativa ( $P < 0.05$ ) la cantidad de forraje, pero al iniciarse las lluvias el crecimiento posterior fue rápido. Resultados similares encontraron Schneichel (1985) y Hoyos (1987) en sabanas de los Llanos Orientales de Colombia.

**Calidad del forraje en oferta y seleccionado.** La calidad del forraje en oferta, medida como contenido PC y DIVMS, no fue afectada ( $P < 0.05$ ) por la carga animal. Igualmente, el efecto de la quema en

la calidad no fue evidente en este estudio ya que este efecto se confundió con la época del año (Figuras 2A y 2B). La PC aumentó ( $P < 0.05$ ) en el forraje en oferta al inicio de las lluvias, independientemente de la época de quema (Figura 2A). Sin embargo, dos meses después de iniciadas las lluvias el contenido de PC en las hojas bajó ( $P < 0.05$ ) a menos de 5% en la sabana quemada al inicio y final de la época seca. Esta disminución en PC no fue evidente en la sabana quemada en épocas de lluvias, lo cual destaca la importancia de quemar en esta época.

Por el contrario, la DIVMS de las hojas disminuyó ( $P < 0.05$ ) con las lluvias en forma lineal independientemente de la fecha de quema (Figura 2B). La mayor digestibilidad de las hojas en la época seca posiblemente estuvo asociada a una menor proporción de tejido estructural en las plan-

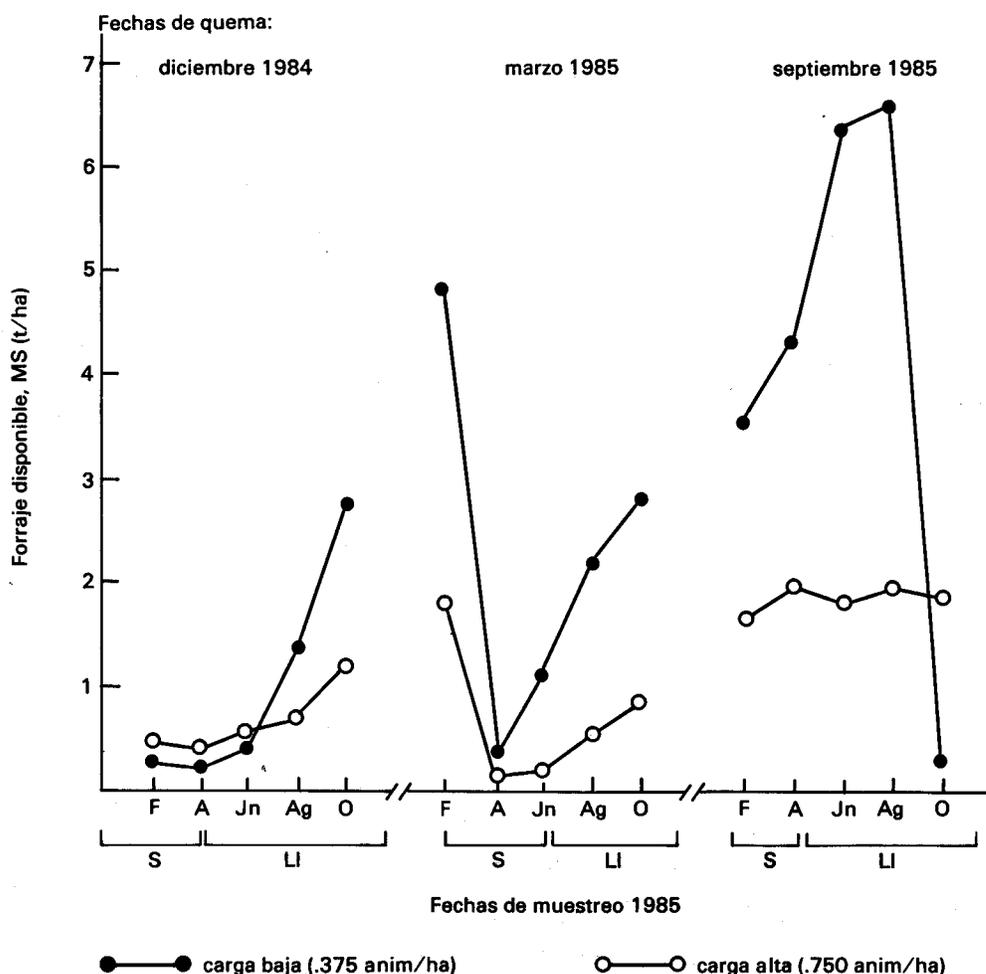


Figura 1. Efecto de la fecha de quema, la carga animal y la época seca (S) y lluviosa (LI) en la disponibilidad total de forraje de sabana nativa manejada con quema y pastoreo continuo.

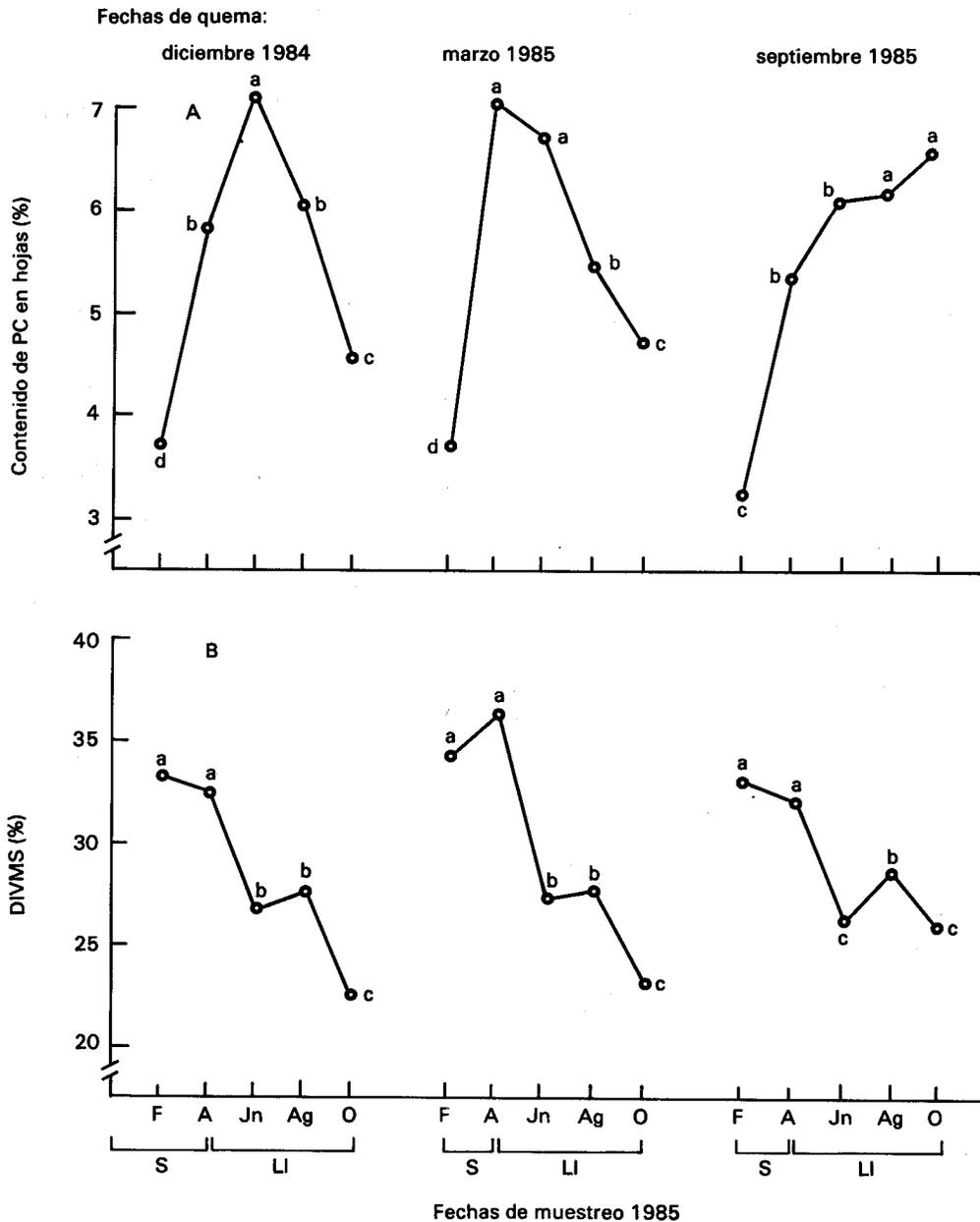


Figura 2. Efecto de la fecha de quema y la época seca (S) y lluviosa (LI) en el contenido de proteína cruda (A) y DIVMS (B) de hojas de sabana nativa. Promedios correspondientes a una misma fecha de quema con letras iguales no difieren en forma significativa ( $P < 0.05$ ), según la prueba de Duncan.

tas como resultado de un crecimiento retardado ocasionado por el déficit de agua (Calder y McLeod, 1968; Rahman et al., 1971). Por otro lado, el bajo contenido de PC en la época seca pudo deberse al movimiento del N hacia las raíces en respuesta al estrés por sequía (Blue y Tergas, 1969).

Debido a la alta selectividad de los animales en pastoreo se consideró importante evaluar la calidad de la sabana nativa en términos de PC y

DIVMS en la dieta seleccionada (Figura 3). Se encontró que el nivel de PC en la dieta (7.9%) fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el de las hojas en oferta (5.5%) y fue afectado por la carga animal y la época de muestreo, siendo mayor ( $P < 0.05$ ) en la carga baja (8.3%) que en la carga alta (7.5%) y en la época lluviosa (8.5%) que en la época seca (7.0%). En general, los niveles de PC en la dieta seleccionada fueron altos, aun en la época seca, y están dentro de los rangos encontrados por Lebdoesoeko et al.

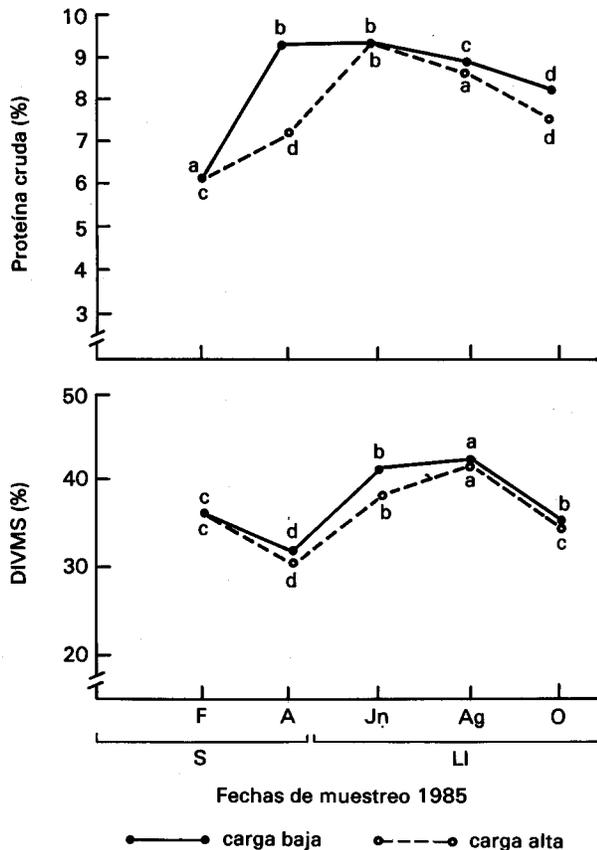


Figura 3. Efecto de la carga animal y la época seca (S) y lluviosa (LI) en el contenido de proteína cruda y DIVMS del forraje seleccionado por animales en pastoreo de sabana nativa. Promedios en una misma carga animal con letras iguales no difieren en forma significativa ( $P < 0.05$ ), según la prueba de Duncan.

(1980) con muestras recolectadas simulando pastoreo y por Schneichel (1985) y Hoyos (1987) con muestras de extrusa tomadas con animales fistulados que pastoreaban en sabana manejada con quema.

La DIVMS de la dieta seleccionada (37%) fue mayor ( $P < 0.05$ ) que en las hojas de la gramínea en oferta (29%) y fue afectada por la época del año (Figura 3) pero no por la carga animal. La DIVMS fue menor ( $P < 0.05$ ) en la época seca (34%) que en la lluviosa (39%), lo cual está de acuerdo con lo encontrado por Escuder et al. (1979) en el Cerrado brasileño y refleja la menor capacidad de selección de los animales como resultado de la baja disponibilidad de forraje en áreas quemadas. A pesar de las diferencias encontradas entre épocas del año, los valores de digestibilidad de la dieta fueron bajos, lo cual concuerda con la baja digestibilidad de las hojas en oferta (Figura 3) y se constituye en un factor limitativo del consumo y la producción animal, como se discute posteriormente.

**Hábito de pastoreo y consumo en sabana nativa.** Debido a que la sabana se quemó en diferentes épocas del año se consideró importante estudiar la distribución del tiempo de pastoreo de los animales en las diferentes áreas quemadas en cada potrero. En la Figura 4 se observa la frecuencia del tiempo de pastoreo para cada carga animal en las tres fechas de quema. A pesar de la baja disponibilidad de forraje (Figura 1), los animales, tanto los fistulados como los no fistulados, permanecieron 50% o más del tiempo efectivo de pastoreo diurno en áreas de la pastura con quema reciente, sobre todo en la carga baja en la cual fue posible realizar la quema por acumulaciones de materia seca. Estos resultados indican que los animales tendieron a seleccionar la sabana por su calidad nutritiva.

El consumo de MO no varió entre las cargas animales, siendo de 1.92 y 1.78 kg MO/100 kg PV/día para las cargas alta y baja respectivamente. Por el contrario, entre épocas de evaluación las diferencias entre el consumo de MO fueron significativas ( $P < 0.05$ ) y variaron de 1.4 a 2.2 kg MO/100 kg PV/día entre épocas seca y lluviosa, respectivamente (Figura 5A). Además se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) del consumo de MO al inicio del período de transición entre época seca y lluviosa (abril) en relación con el período seco (febrero), lo cual pudo estar asociado con la concentración del pastoreo en áreas quemadas en marzo (Figura 4), cuando la cantidad de forraje fue muy limitativa (Figura 1). A partir de abril y hasta agosto se observó un aumento en el consumo de MO, tendiendo posteriormente a disminuir. Las ganancias de peso en ambas cargas (Figura 5B) variaron en forma similar a lo observado en el consumo, con pérdida diaria de peso en parte de la época seca (-126 g/animal) y ganancia durante la época de lluvias (156 g/animal). La correlación entre estas dos variables fue positiva y altamente significativa ( $r = 0.79^{**}$ ).

**Relación entre atributos de calidad de la sabana nativa y ganancia de peso animal.** Para mejor interpretación de los resultados de este ensayo se determinaron las relaciones entre ganancia de peso animal (Y) y contenido de PC (X) y DIVMS de la dieta seleccionada (X) (Figuras 6A y 6B). En el caso de la PC no se encontró relación con la ganancia de peso ( $r = 0.32$ ), pero sí con la DIVMS del forraje seleccionado ( $r = 0.92^{**}$ ) lo cual concuerda con los datos de Romero y Siebert (1980) para el norte de Australia. La correlación entre contenido de PC y DIVMS de la dieta seleccionada fue baja y no significativa.

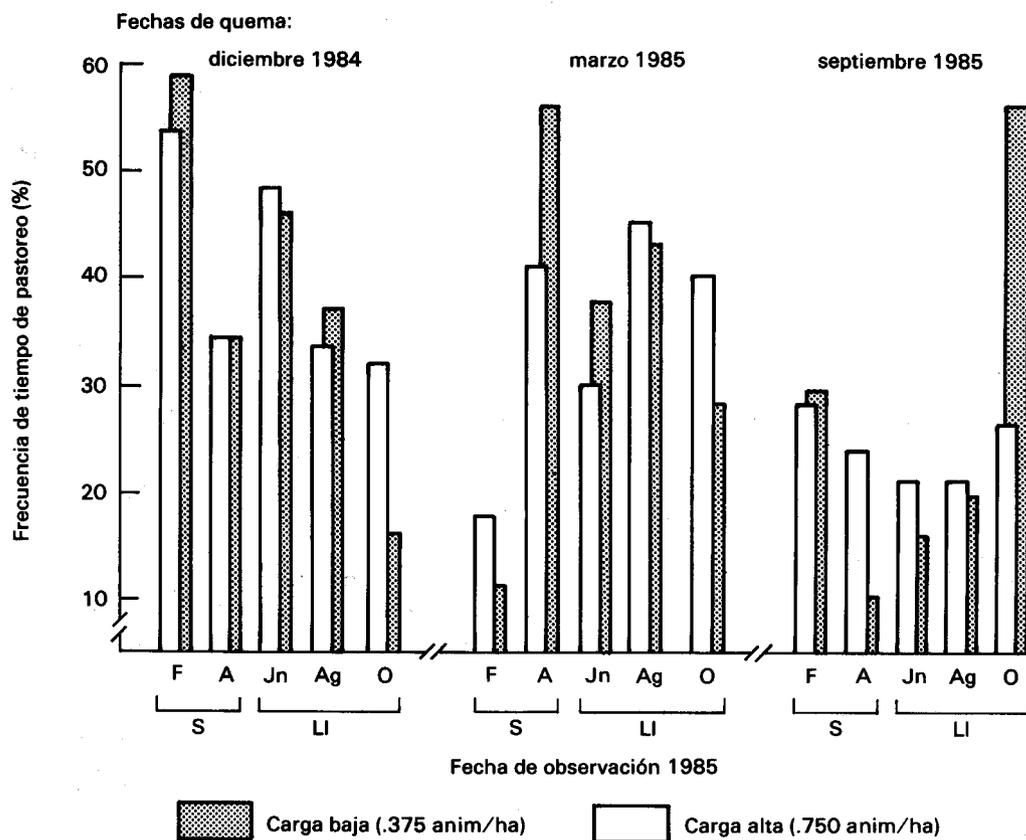


Figura 4. Frecuencia de tiempo de pastoreo de animales en áreas de sabana quemada en diferentes fechas en relación con la carga animal y la época del año.

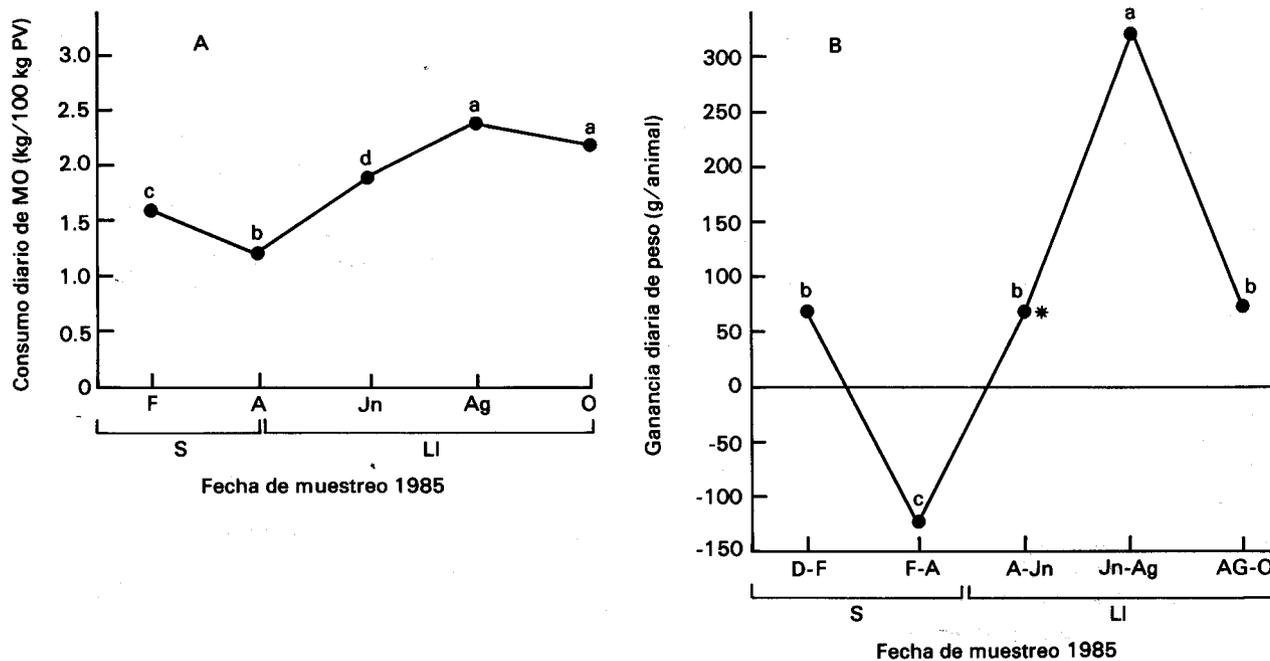


Figura 5. Efecto de la época seca (S) y lluviosa (LI) en el consumo de materia orgánica (A) y la ganancia de peso de animales (B) en sabana nativa manejada con quema y pastoreo continuo. \* = valor ajustado asumiendo 75% de ganancia compensatoria. Promedios seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa ( $P < 0.05$ ), según la prueba de Duncan.

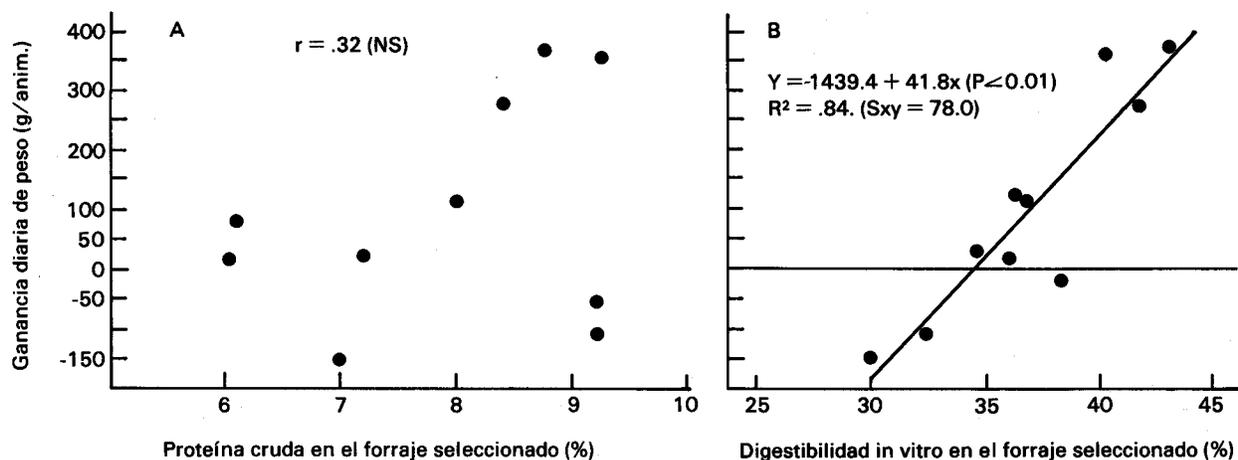


Figura 6. Relación entre ganancia de peso y proteína cruda (A) y entre ganancia de peso y DIVMS (B) del forraje seleccionado en sabana nativa manejada con quema y pastoreo continuo.

Estos resultados son interesantes ya que indican que la baja digestibilidad de las gramíneas nativas es un factor limitativo para la producción animal en sabanas manejadas con quema en los Llanos Orientales de Colombia. Esto se confirma con la alta correlación ( $r = 0.88^{**}$ ) entre ganancia de peso (Y) y consumo de energía digerible (X), lo cual está de acuerdo con lo encontrado por Escuder et al. (1979) en los Cerrados de Brasil y por otros investigadores en regiones subtropicales (Elliot et al., 1961; Holmes et al., 1966).

Con los datos disponibles en este ensayo se estableció una relación entre consumo de MO digerible (Y) y MS digerible disponible (X) corregida con base en la frecuencia de pastoreo de las áreas quemadas en diferentes fechas (Figura 7). Esta

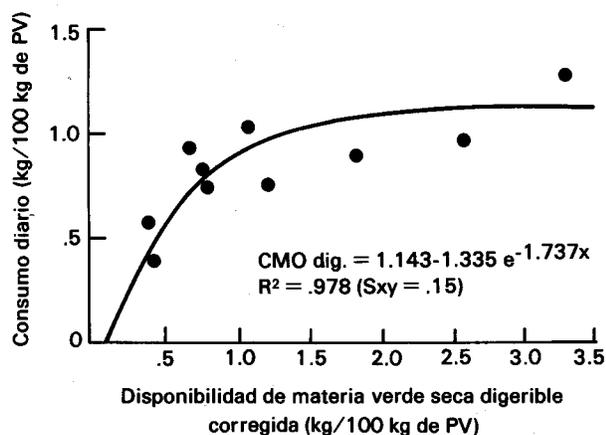


Figura 7. Relación entre el consumo de MO digerible y la disponibilidad de materia verde seca digerible en sabana nativa manejada con quema y pastoreo continuo.

relación se ajustó a un modelo exponencial y muestra en forma clara que existe un nivel de disponibilidad (1.14 kg de MS verde digerible/100 kg de peso vivo) por debajo del cual se limitó el consumo y en consecuencia la producción animal.

En términos generales esta relación sugiere que las bajas ganancias de peso observadas en animales que pastorean en sabanas bien drenadas y manejadas con quema se deben principalmente a bajo consumo, determinado por la baja disponibilidad de MS digerible en la sabana nativa.

La limitación que ejerce la baja digestibilidad de las gramíneas nativas sobre la producción animal en los Llanos Orientales de Colombia puede también inferirse de los resultados obtenidos con gramíneas mejoradas. Estudios realizados en esta zona con *Andropogon gayanus* muestran ganancias de peso potenciales de 120 kg/animal/año, lo cual se ha asociado con niveles promedios de 7% de PC y 53% de DIVMS en la dieta seleccionada y una disponibilidad no limitativa de forraje (Bohnert et al., 1986). En el presente estudio la máxima ganancia de peso fue de 68 kg/animal/año en la carga baja y estuvo asociada con niveles de PC y DIVMS en la dieta seleccionada de 8% y 38%, respectivamente.

Es evidente que las mayores ganancias de peso que se obtienen con gramíneas mejoradas están más relacionadas con digestibilidad que con PC. Sin embargo, debe indicarse que tanto en sabana nativa como en gramíneas mejoradas la PC puede limitar el consumo y en consecuencia la producción animal cuando se encuentra en niveles inferiores a 7% (Minson y Milford, 1967), lo cual es

común en época seca. Una alternativa para corregir estas deficiencias de PC es el uso de pasturas mejoradas de gramíneas/leguminosas, tal como lo demuestran algunos estudios realizados en los Llanos Orientales de Colombia (Bohnert et al., 1986). El uso estratégico de estas pasturas mejoradas también constituiría un buen complemento de la sabana nativa para ayudar a corregir su bajo valor energético.

## Conclusiones

De los resultados de este ensayo se puede concluir que la baja digestibilidad del forraje en oferta y seleccionado por los animales en pastoreo a través del año es un factor nutricional limitativo para la producción animal en sabanas bien drenadas y manejadas con quema. Específicamente, la baja digestibilidad del forraje, conjuntamente con su poca disponibilidad en áreas quemadas preferidas por los animales en pastoreo, resultan en un bajo consumo de nutrimentos digeribles a través del año y en consecuencia en una baja ganancia de peso.

## Summary

A grazing experiment was conducted in 1985 at the ICA-CIAT Carimagua research station in the Colombian eastern plains to measure seasonal quality and voluntary intake of native grasses managed with burning and two stocking rates (0.375 and 0.750 an/ha) in a well-drained savanna site. The savanna was burnt in each paddock, in a sequential manner, in December (beginning of the dry season), March (end of the dry season), and September (rainy season). Measurements of quality of the forage on offer and selected by esophageal-fistulated steers as well as voluntary intake and grazing behavior were performed every two months during the dry and wet seasons.

The results showed that crude protein (CP) and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of the forage on offer and selected were not affected by stocking rate. Expected variations resulting from burning, in the quality of forage on offer were confounded by the season of the year. The CP in the leaves of available forage increased at the beginning of the rainy season but dropped to levels of 5% towards the end of the rainy season, regardless of the date of burning. In contrast, IVDMD of the forage on offer was less in the wet season than in the dry season.

In the forage selected by animals, the CP and IVDMD were greater than the corresponding values in the available forage. Levels of CP in the forage selected were 7% or greater throughout the year. In contrast, IVDMD values in the diet selected were low (34%-39%), particularly during the dry season. In spite of low forage availability, both permanent and fistulated animals spent 50% or more of their grazing time in areas recently burnt.

Voluntary intake of organic matter (OM) was not affected by stocking rate, but did vary between seasons, being greater in the rainy season (2.2 kg of OM/100 kg of body weight) than in the dry season (1.4 kg of OM/100 kg b.w.). Liveweight gain per animal was not correlated with CP of the forage selected ( $r = 0.32$ ), but was highly correlated with IVDMD of the diet selected ( $r = 0.92^{**}$ ) and with intake of digestible nutrients ( $r = 0.88^{**}$ ). On the other hand, intake of digestible nutrients was related to availability of digestible green dry matter.

From the results of this study, it is concluded that low digestibility of the forage available and selected by grazing animals throughout the year is a nutritional factor that limits animal performance on well-drained savannas managed with fire. Specifically, low forage digestibility, together with limited forage availability in burnt areas where cattle prefer to graze, results in low intake of digestible nutrients and, consequently, poor animal performance.

## Referencias

- Blue, W. G. y Tergas, L. E. 1969. Dry season deterioration of forage quality in the wet tropics. *Proc. Soil Crops Sci. Soc. Fla.* 29:224-238.
- Bohnert, E.; Lascano, C.; Weniger, J. H. 1986. Botanical and chemical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia. 2. Chemical composition of forage available and selected. *Zeitschrift fur Tierzuechtung und Zuechtungsbiologie* 103(1):69-79.
- Calder, F. W. y MacLeod L. B. 1968. In vitro digestibility of forage species as affected by fertilizer application, stage of development and harvest date. *Can. J. Plant Sci.* 48:17-24.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Pasture utilization. En: *Tropical Pasture Program. Annual Report 1977.* p. A68.

- Cochrane, T. T.; Sánchez, L. G.; Porras, J. A.; de Azevedo, L. G.; Garver, C. L. 1985. Land in tropical America. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Planaltina, D. F., Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. V. 1. 164 p.
- Elliot, R. C.; Fokkema, K.; French, C. H. 1961. Herbage consumption studies by beef cattle. II. Intake studies on africaner and mashona cows on veld grazing. Rhodesia Agric. J. 58: 124-130.
- Escuder, C. J.; Rodríguez, N. M.; De Almeida Lima, M. 1979. Alguns factores que influem no consumo de forragens e ganho em peso de bovinos em pastagens nativas de Cerrao. Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. Minas Gerais. 31:235-245.
- Haydock, K. P. y Shaw, N. M. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15:663-670.
- Heaney, D. P. y Pigden, W. J. 1963. Interrelationships and conversion factors between expressions of the digestible energy value of forages. J. Anim. Sci. 22:956-960.
- Holmes, J. H.; Franklin, M. C.; Lambourne, L. J. 1966. The effects of season, supplementation and pelleting on intake and utilization of some sub-tropical pastures. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 6:354-362.
- Hoyos, P. 1987. Características nutritivas y botánicas de sabana nativa sin quema suplementada con leguminosas en los Llanos Orientales de Colombia. Tesis Mag., Sc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 153 p.
- Lascano, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Ph.D. Thesis. Texas, Texas A & M University. 200 p.
- Lebdoesoekojo, S.; Ammerman, C. B.; Raun, N. S.; Gómez, J.; Littell, R. C. 1980. Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. J. Anim. Sci. 51(6):1249-1260.
- Minson, D. J. y Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportion of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7:546-551.
- Paladines, O. y Leal, J. A. 1979. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 331-346.
- Rahman, A. A.; Shalaby, A. F.; El Monayeri, M.O. 1971. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulations. Plant and Soils 34:65-90.
- Romero, A. y Siebert, B. D. 1980. Seasonal variations of nitrogen and digestible energy intake of cattle on tropical pastures. Aust. J. Agric. Res. 31(1):393-400.
- Schneichel, M. 1985. Quantitative und qualitative Futte-raufnahme von Rindern auf Savanne mit zusätzlicher leguminosenweide in den Llanos Orientales Kolumbiens. Dr. Sc. Agr. dissertation. Tech. Univ. of Berlin. D. 83 No. 150.
- Tergas, L. E.; Paladines, O.; Kleinheisterkamp, I.; Velásquez, J. 1983. Productividad animal de praderas naturales con pastoreo complementario en *Pueraria phaseoloides* en los Llanos Orientales de Colombia. Prod. Anim. Trop. 8(3):203-211.