

Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación

Nutritive value of maralfalfa grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) under defoliation conditions

T. Clavero y R. Razz

Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apdo 15908. Maracaibo 4005. Venezuela.

Resumen

El pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) es un pasto tropical de alta calidad el cual tiene potencial forrajero para rumiantes, sin embargo quedan interrogantes relacionadas a la respuesta en calidad de acuerdo a las prácticas de defoliación. Un estudio fue realizado en el noroeste de Venezuela dirigido a evaluar el efecto de los intervalos de defoliación sobre la calidad del pasto maralfalfa. El estudio incluyó tres frecuencias de defoliación (3, 6 y 9 semanas). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las mediciones incluyeron nitrógeno total (NT), nitrógeno soluble como porcentaje del nitrógeno total (NS/NT), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD), contenido de pared celular (CPC), lignina (L) y carbohidratos no estructurales (CNE). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Las comparaciones de las medias se realizaron a través de la prueba de Tukey. El valor nutritivo del pasto maralfalfa declinó de tres a nueve semanas de crecimiento. Para cada intervalo los contenidos de NT disminuyeron significativamente ($P < 0.05$), mientras que, el NS/NT disminuyó lentamente de 3 a 9 semanas; sin embargo en todos los tratamientos sobre el 50% del N es soluble, de fácil asimilación. El contenido de pared celular y lignina incrementaron significativamente ($P < 0.05$) entre 6 y 9 semanas. Los mayores valores de IVDMD (62.45%) fueron obtenidos con tres semanas de crecimiento y declinó en 10.35 unidades de digestibilidad entre 3 y 9 semanas. Las concentraciones de carbohidratos no estructurales aumentaron ligeramente a medida que se incrementó el intervalo de corte. Los valores estuvieron en un rango desde 13.5 hasta 20.1% para 3 y 9 semanas,

respectivamente. Este estudio indica que la calidad del pasto maralfalfa es afectada negativamente a medida que avanza la madurez de la planta lo cual puede ser debido a incrementos en la acumulación de material muerto en el perfil de la planta y la lignificación de las paredes celulares. Esto sugiere que el pasto maralfalfa debe ser cosechado alrededor de las seis semanas de crecimiento de manera de optimizar su valor nutritivo.

Palabras clave: Pasto maralfalfa, valor nutritivo, defoliación.

Abstract

Maralfalfa grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) is a high quality tropical grass which has potential as forage for ruminants but questions remain about quality response to defoliation management. A plot study undertaken on the tropical north west of Venezuela assessed the effect of defoliation interval on herbage quality of maralfalfa grass. The study included three defoliation frequencies (3, 6 and 9 weeks). Treatments were replicated three times in a randomized block design. Measurements included total nitrogen (TN), soluble nitrogen as % of total nitrogen (SN/TN), in Vitro dry matter digestibility (IVDMD), cell wall content (CWC), lignin (L) and total non-structural carbohydrates (TNC). Data were subjected to analysis of variance, using general linear models procedures of SAS statistical package. Treatments means were contrasted using Tukey test. Nutritive quality of maralfalfa grass declined from three to nine weeks of growth. At each interval TN, CP content declined significantly ($P < 0.05$). NS/NT declined slowly from 3 to 9 weeks, however, in all treatments, over 50% of N was soluble. CWC and L only increased significantly ($p < 0.05$) between six and nine weeks. The highest value of IVDMD (62.45%) was obtained on three weeks of growth and declined on 10.35 digestible units from 3 to 9 weeks. TNC concentrations increased linearly as defoliation interval increased. Values for TNC concentrations ranged from 13.5 to 20.1 % for 3 and 9 weeks, respectively. This study showed that the quality of maralfalfa grass becomes less favorable with advanced maturity, this could be due to increased and accumulation of dead tissue and the lignification of the cell walls. It is suggested that maralfalfa grass be harvested at about six weeks of growth to optimize nutritive value.

Key words: Maralfalfa grass, nutritive value, defoliation.

Introducción

El pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) es un pasto perenne con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países de

Introduction

Maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) grass is a perennial grass with a high productivity that have been introduced by producers in numerous

Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes (Correa, 2006; Moreno y Molina, 2007).

Pocas evaluaciones científicas se han realizado en este pasto de manera de definir cuales son las adecuadas prácticas de manejo así como su potencial forrajero y valor nutritivo. Algunas investigaciones realizadas con genotipos de *Pennisetum* sp., demuestran que el pasto maralfalfa es una alternativa forrajera para aumentar la producción animal por su productividad de materia seca y valor nutritivo (Márquez *et al.*, 2007).

Por estas razones este estudio fue conducido de manera de evaluar la respuesta del pasto maralfalfa a un rango de frecuencias de defoliación a objeto de obtener mayor información del valor nutritivo y reservas del material cosechado lo cual permitirá que este pasto sea utilizado con efectividad optimizando la persistencia del pastizal y el momento óptimo de cosecha.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área experimental. El estudio se realizó en una finca comercial ubicada en el Municipio Rosario de Perijá, estado Zulia, al nor-oeste de Venezuela. Desde el punto de vista agro ecológico, el sector es considerado como Bosque Seco Tropical, con precipitación promedio de 1100 mm.año⁻¹, temperatura media anual de 29°C, con evaporación media anual de 1600mm, a 100 msnm. El régimen pluviométrico es bimodal con mínimo

countries of Latin America (Colombia, Brazil and Venezuela, among others) because its potential as forage for ruminants (Correa, 2006; Moreno and Molina, 2007).

Few scientific evaluations have been carried out about this grass for defining which are the more adequate management practices likewise its fodder potential and nutritive value. Some researches made with genotypes of *Pennisetum* sp., shows that Maralfalfa grass is a fodder alternative for increasing the animal production by its productivity of dry matter and nutritive value (Márquez *et al.*, 2007).

For these reasons this study was carried out with the purpose of evaluating the response of Maralfalfa grass to a rank defoliation frequencies in order to get information about nutritive value and reserves of harvest material which would permit that this grass be effectively used by optimizing pastizal persistence and the optimum moment of harvest.

Materials and methods

Location and characterization of experimental area. Study was carried out on a commercial farm located in Rosario de Perijá municipality, Zulia state, to the north-west of Venezuela. From the agro ecological point of view, the area is considered like tropical dry forest, with mean rainfall of 1100 mm.year⁻¹, mean annual temperature of 29°C, with mean annual evaporation of 1600mm, to 100 msnm. Pluviometric regime is bimodal with a minimum on February and maximum on October

en el mes de Febrero y máximo en el mes de Octubre (COPLANARH, 1974). Los suelos tienen una profundidad que va desde 30-45 cm con pH de 6.4, taxonómicamente está clasificado como Typic Haplustult, con textura franco arenoso y una topografía principalmente plana.

Descripción del experimento.

El pastizal utilizado para el ensayo tenía un año de establecido, el cual se sembró con material vegetativo, con estacas de 25 cm colocadas horizontalmente en surcos superficiales, cubiertos 3-4 cm y con distancia entre hileras de 1 m. Se aplicó una lámina de riego de 60 mm en dos riegos semanales garantizándole los requerimientos hídricos al pastizal. El control de malezas se realizó de forma manual y la fertilización con una fórmula completa, (12-24-12) a razón de 250 kg.ha⁻¹, que se aplicó al pastizal a fin de mantener el crecimiento activo.

El experimento consistió en evaluar tres frecuencias de corte (3, 6 y 9 semanas). Los tratamientos fueron arreglados en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Al inicio del ensayo se le aplicó un corte de uniformidad a 10 cm de altura. Posteriormente se estudiaron las tres edades de corte por un periodo de 18 meses.

Análisis químico. Se realizaron los siguientes análisis de laboratorio al material cosechado: nitrógeno total (NT) según métodos de análisis de la AOAC (1995), nitrógeno soluble (NS) por Richard y Van Soest (1977), pared celular (CPC) por Van Soest *et al.* (1991), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) según Tilley and Terry modificado por

(COPLANARH, 1974). Soils have a deep that oscillates from 30-45 cm with pH of 6.4, taxonomically is classified like Typic Haplustult, with a sandy loam texture and a principally flat topography.

Experiment description.

Grassland used for the essay had one year of being established, which was sowed with vegetative material, with stakes of 25 cm horizontally placed in superficial furrows, covered 3-4 cm and with a distance between rows of 1 m. An irrigation depth of 60 mm was applied in two weekly irrigations to guarantee the hydric requirements to grassland. Weeds control was made in manual way and fertilization with a complete formula, (12-24-12) at a reason of 250 kg.ha⁻¹, which was applied to grassland for keeping active growth.

Experiment consisted in evaluating three harvest frequencies (3, 6 and 9 weeks). Treatments were arrangement in an experimental design of random blocks with three replications. At the beginning of essay, a uniformity harvest was applied to 10 cm height. After, three frequencies were evaluated during a period of 18 months.

Chemical analysis. The following laboratory analysis were made to the harvested material: total nitrogen (TN) according analysis methods of the AOAC (1995), soluble nitrogen (SN) by Richard and Van Soest (1977), cell wall (CWC) by Van Soest *et al.* (1991), *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) according to Tilley and Terry modified by Van Soest (1975) and Non-structural carbohydrates (TNC) by Sniffen *et al.* (1992).

Van Soest (1975) y carbohidratos no-estructurales (CNE) por Sniffen *et al.* (1992).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron a través del paquete estadístico SAS (1989), el análisis de varianza se realizó a través del GLM. Las medias se obtuvieron mediante el procedimiento de mínimos cuadrados, utilizándose la prueba de Tukey para la comparación de las mismas.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas en el valor nutritivo del pasto maralfalfa por efecto de las frecuencias de corte (cuadro 1). Los contenidos de nitrógeno total (NT) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) disminuyeron cuando se incrementaron los intervalos de corte de 3 a 9 semanas. Durante este periodo, el NT y la IVDMD tuvieron diferencias de 1 y 10 unidades entre los valores extremos de defoliación, respectivamente. Las concentraciones de NT y IVDMD obtenidas en este trabajo fueron inferiores a los valores reportados para el pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum cv Mott*)

Statistical analysis. Data were analyzed through the statistical package SAS (1989), the analysis of variance was made through GLM. Averages were obtained through minimum squares procedures, being used the Tukey test for its comparison.

Results and discussion

Significant differences were found in the nutritive value of Maralfalfa grass by effect of frequencies of harvest (table 1). The contents of total nitrogen (TN) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) decreased when cut intervals were increased from 3 to 9 weeks. During this period, the TN and IVDMD had differences of 1 and 10 units between defoliation extreme values, respectively. TN and IVDMD concentrations obtained in this research were inferior to those reported for the dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum cv Mott*) by Clavero and Ferrer (1995) to similar ages; however, like dwarf elephant grass, the rate of decrease of digestibility is low when the mature

Cuadro 1. Valor nutritivo del pasto maralfalfa.

Table 1. Nutritive value of Maralfalfa grass.

Frecuencia (semanas)	NT %	CNE %	NS/NT %	IVDMD %	CPC %	L %
3	2.38 ^a	13.5 ^b	70 ^a	62.45 ^a	55.60 ^c	6.1 ^b
6	1.73 ^b	17.6 ^a	63 ^b	55.75 ^b	59.55 ^b	6.7 ^b
9	1.26 ^c	19.9 ^a	51 ^c	52.10 ^b	62.95 ^a	7.4 ^a

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (P<0.05).

por Clavero y Ferrer (1995) a edades similares; sin embargo al igual que el elefante enano es baja la tasa de disminución de la digestibilidad a medida que la planta madura manteniendo valores mayores a los observados en el promedio de los pastos tropicales (Clavero, 2003).

En cuanto al contenido de pared celular (CPC) y lignina (L) se observaron incrementos significativos al avanzar la edad de corte (cuadro 1). Cuando una planta madura existen cambios en las proporciones de la planta, presentándose una mezcla heterogénea de hojas jóvenes, en desarrollo, maduras, material muerto, tallos e inflorescencias, la digestibilidad total de la masa forrajera estará en función de la proporción relativa de cada componente y de su digestibilidad individual. Cuando las plantas son defoliadas frecuentemente (3 semanas), la mayor parte del material cosechado son hojas jóvenes principalmente láminas, con gran cantidad de meristemos intercalados en expansión los cuales presentan una elevada digestibilidad comparada a las hojas totalmente expandidas. Así mismo, una vez que las hojas se han expandido totalmente y el collar aparece separando la lámina y la vaina, la digestibilidad decrece y es uniforme en toda la hoja. Cuando la planta no es cosechada, la acumulación de hojas viejas y material muerto excede a la iniciación de nuevas hojas en la planta lo cual impacta negativamente en la digestibilidad del material cosechado. La reducción en la digestibilidad con incrementos en madurez es también afectada por los aumentos en el contenido de compo-

plant keeping values higher to those observed in the average of tropical grasses (Clavero, 2003).

In relation to the cell wall content (CWC) and lignine (L) significant increases were observed when advancing the frequency of harvest (table 1). When a plant becomes mature, there are changes on plant proportions, by being showing an heterogenous mixture of young leaves, in development, matures, dead material, stems and inflorescences, the total digestibility of fodder mass will be a function of the relative proportion of each component and its individual digestibility. When plants are frequently defoliated (3 weeks), the most of harvested material are young leaves specially blades, with a high quantity of meristems inserted in expansion which shows a high digestibility compared to those leaves totally expanded. Likewise, once leaves have been totally expanded and the neck appears separated from blade and sheath, digestibility decrease and it is uniform in all the leaf. When plant is not harvested, the accumulation of old leaves and dead material exceed to beginning of new leaves in plant which have a negative impact on digestibility of harvested material. Diminishing on digestibility with increases on maturity is also affected by the increases of structural components (CWC and L). Grasses of tropical origin in the first growth stages shows a thin cell wall, with low fiber, by permitting an easy breaking and short times of digestion. When maturity increases, the vascular structures of leaves become more thicks, like the vascular tissue and the

nentes estructurales (CPC y L). Los pastos de origen tropical en los primeros estados de crecimiento presentan pared celular delgada, con poca fibra, permitiendo una fácil ruptura y tiempos cortos de digestión. Cuando incrementa la madurez, las estructuras vasculares de las hojas se hacen más gruesas, así mismo el tejido vascular y el esclerénquima tanto de las hojas como los tallos se van lignificando haciéndose físicamente más fuertes y difíciles de reducir en tamaño. A estas edades las células se unen fuertemente tanto vertical como lateralmente extendiéndose esos factores estructurales a capas del esclerénquima vascular y en los tallos a las células del parénquima entre los enlaces reduciendo los espacios intercelulares como consecuencia de lignificación entre capas y enlaces muy fuertes los cuales no dan puntos de quiebre e incrementan la resistencia a la digestión microbiana (Silva y Carvalho, 2005).

El contenido de NT declinó a una tasa constante a medida que se incrementó el intervalo de corte (cuadro 1). Estos resultados se encontraron dentro de los valores reportados por Molina (2005) y Márquez *et al.* (2007) para este pasto, pero inferiores a los encontrados por Correa (2006) en maralfalfa cosechado a los 56 y 105 días de rebrote.

Esa reducción del N se explica con lo reportado por Norton (1981) quien concluyó que la edad es el principal factor que afecta la concentración de N en las partes de la planta. Esto es debido a que con aumentos en la edad de la planta se reduce la relación lámina-vaina. Debido a que la

schlerenchyme of leaves and stems are lignified making themselves physically strong and hard to be reduced in size. At these ages, cells are strongly vertically and laterally grouped, getting these structural factors to layers of vascular schlerenchyme and in stems to cells of parenchyme between the links by reducing intercellular spaces as a consequence of lignification between layers and stronger links which do not give breaking points and increase resistance to microbial digestion (Silva and Carvalho, 2005).

Content of TN declined to a constant rate when the frequencies of harvest was also increased (table 1). These results were inside values reported by Molina (2005) and Márquez *et al.* (2007) for this grass, but inferior to those found by Correa (2006) in Maralfalfa harvested between 56 and 105 regrowth days.

This N reduction is explained with those reported by Norton (1981) who concluded that age is the main factor that affect N concentration in plant parts when plant age increases, the blade-sheath relationship is also reduced. Because chloroplast protein is the higher protein proportion found in plant cells, the fact of the green portion of sheath have a higher N than those sheath fraction independent of development stage, it would not be amazing. When plant get old the sheath relationship increases, the dead material and the shadow leaves. Like the chloroplast number is higher in the proportion of leaves exposed to light, the N concentration will be high when sheaths relationship in plant be also higher, it means, young plants.

proteína de los cloroplastos es la mayor proporción de proteína encontrada en las células de las plantas, no debe sorprender que la porción verde de la lámina contenga mayor N que la fracción de la vaina independiente del estado de desarrollo. Cuando la planta envejece se incrementa la relación de vaina, incrementa el material muerto y las hojas sombreadas. Como el número de cloroplastos es mayor en la porción de las hojas expuestas a la luz, la concentración de N será elevada cuando la relación de láminas en la planta sea alta, es decir plantas jóvenes.

Las características de la fracción nitrogenada también se vieron afectadas con la edad de la planta. El NS como porcentaje del NT disminuyó a mayor estado vegetativo. Indicando que parte del N se asocia a las paredes celulares y demás componentes de la fracción insoluble de la fibra dietética. Sin embargo, por encima del 50% del N presente en el pasto maralfalfa es de fácil disponibilidad.

Se observó en este experimento que la concentración de carbohidratos no estructurales incrementó como los intervalos se extendieron. Entre 3 y 9 semanas, el promedio de las concentraciones se incrementó en 48.8%.

Reportes de literatura (Clavero, 1993) relacionan carbohidratos no estructurales (CNE) en órganos de reserva con persistencia de las plantas y rebrote después de la defoliación. Así mismo, indican que la habilidad de los pastos tropicales perennes de rebrotar después de una defoliación severa depende en casi su totalidad de la cantidad de reservas de carbón disponible. Estas reservas de carbón

Characteristics of nitrogenated fraction also were affected with plants age. The SN like TN percentage decreased to an elevated vegetative stage, by showing that part of N is related to cell walls and the rest of components of insoluble fraction of dietetic fiber. Nevertheless, above 50% of N present in Maralfalfa grass is easily available.

In this experiment it was observed that non-structurals carbohydrates concentration increased when the intervals were extended. Between 3 and 9 weeks, the average of concentrations increased in 48.8%.

Literature reports (Clavero, 1993) makes a relationship between non-structural carbohydrates (NSC) in reserve organs with plants persistence and regrowth after defoliation. They shows that ability of tropical grasses of regrowth after a severe defoliation depend in almost its totality of the available carbon reserves quantity. These reserves of carbon could be affected by frequent defoliations (3 weeks) because a reduction in foliar area which reduces the photosynthetic capacity and the possibility of acumulate excedents of it. Also, defoliated plants with many frequency reduces the rhizomes mass, with thin basal stems, superficial roots with little weight and develop and increase on senescence of the radicle material, all this have an negative impact on carbohydrates concentration (Clavero, 1993; Clavero, 2003). When these plants are defoliated with little frequency, increase the rhizomes and other reserves accumulation areas likewise its

pueden afectarse por defoliaciones frecuentes (3 semanas) debido a una reducción en área foliar la cual reduce la capacidad fotosintética y la posibilidad de acumular excedentes de la misma. Además, plantas defoliadas con mucha frecuencia reducen la masa de rizomas, con tallos basales delgados, raíces superficiales con menos peso y desarrollo e incremento en la senescencia de material radicular, todo esto impacta en forma negativa en la concentración de carbohidratos (Clavero, 1993; Clavero, 2003). Cuando estas plantas son defoliadas con menos frecuencia, incrementan los rizomas y otras áreas de acumulación de reservas así como su área foliar residual incrementando su actividad fotosintética permitiendo una restauración de las reservas de las plantas con rangos de respuesta mínimas entre 6 y 9 semanas.

Conclusiones

Con la información obtenida en esta investigación se puede concluir que el pasto maralfalfa posee un valor nutritivo ligeramente superior al observado en la mayoría de los pastos tropicales. Valores de digestibilidad, nitrógeno total, NS/NT disminuyeron con la edad mientras que valores de pared celular, lignina y carbohidratos de reserva incrementaron, lo cual no difiere de otros pastos tropicales actualmente utilizados en forma comercial. Sin embargo, el decrecimiento en IVDMD y N con la madurez de la planta es lento, no presentando mayores diferencias a edades entre 6 y 9 semanas.

El valor nutritivo obtenido en este estudio indica que el pasto maralfalfa

foliar residual foliar increasing its photosynthetic activity by permitting a reserves restore of plants with response ranks minimum between 6 and 9 weeks.

Conclusions

With the information obtained in this research it can be concluded that Maralfalfa grass have a nutritive value lightly superior to those observed in the most of tropical plants. The digestibility values, total nitrogen, SN/TN decreased with age whereas values of cell wall, lignin and reserve carbohydrates increased, which not differs of another tropical grasses actually used in commercial way. Nevertheless, the decreasing on IVDMD and N with plant maturity is slow, do not show high differences at ages between 6 and 9 weeks.

The nutritive value obtained in this research show that the Maralfalfa grass can be used in livestock production with animals in lactation and in growth in where a fodder material of medium to elevate quality.

Results of this experiment shows that with non-structural carbohydrates reserves, the Maralfalfa grass can be persistent and survive to stress periods when is managed by using defoliation intervals equal or superior to 6 weeks.

End of english version

puede utilizarse en producción ganadera con animales lactantes y en crecimiento donde se requiere un material forrajero de mediana a elevada calidad.

Resultados de este experimento indican que con las reservas de carbohidratos no estructurales, el pasto maralfalfa puede ser persistente y sobrevivir a periodos de estrés cuando se maneja con intervalos de defoliación iguales o superiores a las seis semanas.

Literatura citada

- AOAC. Association of Oficial Analytical Chemists. 1995. 16th ed. Arlington, UA. 684 pp.
- Clavero, T. 1993. Efectos de la defoliación sobre los niveles de carbohidratos no estructurales en pastos de origen tropical. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 10:126-132.
- Clavero, T. 2003. Pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum cv Mott*): Biología, agronomía y utilización en la alimentación animal. Centro de transferencia de tecnología de pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela. 76 pp.
- Clavero T. y O. Ferrer. 1995. Valor nutritivo del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum cv Mott*). Rev. Fac. Agron (LUZ). 12:365-372.
- COMISION DE PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS (COPLANARH). 1974. Atlas: Inventario Nacional de Tierras. Región lago de Maracaibo. Venezuela. 91 pp.
- Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. 18(6):2006. (En línea). <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd18/6/corr18084.htm>
- Márquez, F., J. Sánchez, D. Urbano y C. Dávila. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia tropical. 25(4): 253-259.
- Molina, S. 2005. Evaluación agronómica y bromatológica del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el valle del Sinu. Rev. Fac. Nac. Agron. Colombia. 58(1):39-45.
- Moreno, F. y D. Molina. 2007. Buenas practicas agropecuarias en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. MANA-FAO. Impresión CTP Print Ltda. Colombia. 139 p.
- Norton, B. 1981. Differences between species in forage quality. In: J. Hacker (ed.). Nutricional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureau, Farnham Royal, UK., 89-110 .
- Silva S. y P. Carvalho. 2005. Foraging behavior and herbage intake in the favorable tropics/subtropics. In: D. A. McGilloway(ed.) Grassland: a global resource. Wageningen Academia publishers The Netherlands, 81-95.
- Richard, G. y P. Van Soest. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf. Department of Animal Science. Cornell University. Itheca, NY. P. 91.
- SAS. Statistical Analysis System Institute. 1989. User's guide. 4th ed. Vol. 2. 846 pp.
- Sniffen, C., J. Connor, P. Van Soest, D. Fox y J. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70:2562-2567.
- Van Soest, P. 1975. Forage fibre análisis. Agricultura Handbook N° 379. Agricultural Research Serv. US Dep. Agricultura, USA.
- Van Soest, P. J. Robertson y A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.