

CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR Y DIGESTIBILIDAD DEL PASTO BRAQUIARIA (*Brachiaria decumbens*, Stapf) EN DOS ESTADOS DE DESARROLLO*

Carlos Gavilanes C.
Enrique Alarcón M.
Pablo Mendoza M.**

1. INTRODUCCION

El pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*, Stapf) se importó para ser cultivado en Colombia, en 1961. Se adaptó muy bien a zonas húmedas comprendidas entre 0 y 2.200 metros sobre el nivel del mar. Se ha comprobado su tolerancia a las bajas temperaturas y su resistencia a la sequía prolongada y a la quema. Estas características son propias de los Llanos Orientales de Colombia, considerados como un potencial para la cría de ganado vacuno con destino a la producción de carne.

A pesar del buen comportamiento agronómico del braquiaria, no se han realizado en Colombia estudios de su digestibilidad y poco se conoce con respecto a otros componentes de su valor nutritivo. El propósito de la presente investigación fue:

- Determinar el contenido de la pared celular y sus constituyentes.
- La digestibilidad verdadera *in vitro* (DVMSIV) e *in vivo* (DVMSVO) del pasto braquiaria, durante las épocas de verano e invierno.
- Además de estudiar el efecto de los cambios de estos componentes sobre el valor nutritivo en dos períodos de recuperación 45 y 60 días para ambas épocas.

2. REVISION DE LITERATURA.

Hughes *et al*, (1966) y Chicco (1972) indicaron que el valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química, su digestibilidad y la especie o variedad a que pertenezca.

El grado de maduración es quizás el factor que más afecta el valor nutritivo de los pastos. A medida que las plantas crecen, aumenta la necesidad de tejidos de sostén y con ello, aumentan los carbohidratos estructurales y lignina. Esto se refleja en el contenido de fibra, que puede aumentar desde un 20% de la materia seca en las plantas jóvenes hasta un 40% en las maduras (Gomide, *et al*, 1969; Combellas, *et al*, 1971; Coward, *et al*, 1974; McDonald, 1975).

Todd (1966); Coward, *et al* (1974) observaron en pastos tropicales, que el mayor cambio del valor nutritivo se presenta entre los 30 y 60 días de edad.

Johnson y Pezo, (1975) en el Perú, encontraron en el pasto braquiaria, cortado en diferentes épocas, comprendidas entre los 14 y 112 días, las siguientes variaciones:

- Proteína cruda de 3,2% a 9,8%.
- Contenido de pared celular 67% a 82%.

* Contribución del Programa de Pastos y Forrajes del ICA y del Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias UN-ICA. Adaptación y resumen de la Tesis de Grado presentada por el autor principal al Programa de Estudios para Graduados, como requisito parcial para optar al título de Magister Scientiae.

** Respectivamente: Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa de Pastos y Forrajes Centro Experimental Carimagua; Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Director Nacional del Programa de Pastos y Forrajes; e Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa de Pastos y Forrajes, Centro Experimental Tibaitatá. A.A. 151123 Bogotá.

- Fibra en detergente ácido de 38% a 47%.
- Hemicelulosa 29% a 36%.
- Celulosa de 30% a 38%.
- Lignina de 4,5% a 6,2%.
- Sílice de 2,5% a 2,6%.

La especie también influye en el mayor o menor contenido de componentes químicos. Tinnimith (1976) al observar gramíneas tropicales y de la zona templada, obtuvo en estas últimas, un mayor contenido de proteína cruda, menor pared celular, FDA, celulosa y contenido de cenizas que las especies tropicales. Así mismo, a medida que las plantas aumentaban en edad, la tasa de disminución de la proteína cruda y el incremento de su contenido de pared celular, se acentuaron más en las especies tropicales.

Van Soest, (1964) indicó que en especies y variedades forrajeras, existen correlaciones negativas y estadísticamente significativas, entre el contenido de lignina del forraje y el consumo de materia seca o la digestibilidad de la misma, aunque existen algunas excepciones.

Duble, Lancaster y Holt (1971) encontraron que en gramíneas perennes en época de calor, la sílice, celulosa y el total de fracciones de la pared celular afectaron la digestibilidad en menor escala que la lignina, siendo esta última el factor más limitante.

Johnson y Pezo (1975) en *Braquiaria decumbens*, encontraron una digestibilidad verdadera *in vitro* de 82 a 67% entre los 14 y 112 días. Marshall *et al*, (1969) en Uganda, al estudiar el pasto braquiaria en estado de prefloración obtuvieron una digestibilidad *in vitro* de 53,9% e *in vivo* de 63,7%.

3. MATERIALES Y METODOS.

El forraje se obtuvo de la Estación Experimental La Libertad, Municipio de Villavicencio, departamento del Meta, situada a una altura de 450 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 26°C y una precipitación anual de 3.500 mm. Se utilizó pasto braquiaria de un lote de 6.000 m² de la terraza alta, dividido en dos parcelas correspondientes a los 45 y 60 días.

Los cortes de forraje se hicieron a 10 centímetros del suelo desde febrero de 1976 luego de haber realizado un primer corte para uniformar las dos parcelas de 45 y 60 días. El forraje de verano se obtuvo entre los meses de febrero y marzo y el de invierno, entre junio y julio.

Para las pruebas de digestibilidad *in vivo* (DVMSVO) se emplearon 12 ovinos machos de la raza Romney Marsh de 22 meses de edad, de peso uniforme, y que previamente se desparasitaron. Las ovejas se dividieron en dos grupos de seis cada uno, los cuales se localizaron en "jaulas metabólicas". El suministro de heno de braquiaria se hizo en dos períodos: en el primero se dio forraje obtenido en verano y en el segundo, forraje de invierno. La duración de cada período fue de 21 días; los primeros 14 días fueron de adaptación y los siete restantes fueron de experimentación. Los pesos de las heces y el forraje se determinaron antes de suministrar la comida de la mañana. Lo mismo se hizo con la toma de muestras para los análisis respectivos. La DVMSVO se calculó adicionando el valor estimado de las excreciones endógenas del animal como lo indica Goering y Van Soest (1970).

La digestibilidad *in vitro* se determinó mediante el método de Tilley y Terry (1963), modificado en su segunda fase por Van Soest, (1967) y se hizo para cada una de las muestras de forraje suministrado a cuatro de los seis animales.

El contenido de pared celular se determinó por el método de fibra detergente neutro (FDN) descrito por Van Soest, (1967). Los constituyentes de la pared celular por el sistema de permanganato, descritos por Van Soest y Wine, (1968). La proteína bruta se determinó por el método Kjeldahl (Harris, 1970).

Los datos se analizaron estadísticamente por el método de análisis de varianza para diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde las fuentes de variación fueron las dos edades del forraje probado. También se calcularon coeficientes de correlación simple para conocer el grado de asociación entre los diferentes componentes químicos del forraje y de digestibilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

El contenido de la pared celular (CPC), fibra en detergente ácido (FDA), hemicelulosa (H), lignina (L), celulosa(C), sílice y la relación lignina: FDA (L/FDA) y proteína cruda en dos épocas, verano e invierno y dos períodos de recuperación después del corte se presentan en las Tablas 1 y 2.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) para el porcentaje de CPC entre intervalos de corte y diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con relación a la época. La época no tuvo influencia sobre el contenido de FDA. No sucedió lo mismo con el intervalo de corte puesto que el promedio a los 45 días fue de 36,16% y a los 60 días fue de 39% siendo las diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$).

TABLA 1. Constituyentes de la pared celular y contenido de proteína del pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*, Stapf) en época de verano y en dos estados de desarrollo. (Porcentaje expresado con base seca). Villavicencio, 1977*.

Intervalo de corte-días	Pared celular (%)	FDA** (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)	Silice (%)	L/FDA (%)	Proteína cruda (%)
45	67,75	36,16	31,60	4,95	31,73	0,31	12,35	5,54
60	72,21	38,58	33,63	5,88	32,40	0,71	13,84	4,45
Promedio	69,98	37,36	32,62	5,41	32,06	0,51	13,09	4,99

* Promedio de cuatro repeticiones

** Fibra en detergente ácido.

TABLA 2. Constituyentes de la pared celular y contenido de proteína del pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*, Stapf) en época de invierno y en dos estados de desarrollo. (Porcentaje expresado en base seca). Villavicencio, 1977*.

Intervalo de corte-días	Pared celular (%)	FDA** (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)	Silice (%)	L/FDA (%)	Proteína cruda (%)
45	70,26	36,11	34,15	4,47	30,55	0,42	13,70	5,50
60	73,38	39,22	34,34	5,33	31,83	0,52	15,05	5,28
Promedio	71,82	37,66	34,25	4,90	31,18	0,47	14,37	5,39

* Promedio de cuatro repeticiones.

** Fibra en detergente ácido.

Los contenidos de lignina, celulosa y sílice fueron mayores en la época de verano, siendo su promedio 5,4%, 32,06% y 0,51% respectivamente. En invierno estos promedios fueron de 4,80% para lignina, 31,18% para celulosa y 0,47% para sílice.

El intervalo de corte influyó más que la época en la variación de cada uno de los constituyentes anteriormente mencionados y su efecto fue mayor sobre el contenido de lignina ($P \leq 0,05$). El grado de crecimiento afecta la composición de la planta, puesto que a medida que la planta crece mayores son las necesidades de tejido de sostén. La lignina y otras fracciones químicas como la sílice ejercen esta función.

Los contenidos de sílice en general fueron bajos (Tablas 1 y 2). Sus rangos están entre 0,37% y 0,62% para los 45 y 60 días, respectivamente. Contenidos bajos de sílice en forrajes tropicales también fueron obtenidos por Parra *et al.*, (1972).

Los coeficientes de DVMSIV y DVMSVO para las dos épocas y para los dos períodos de corte se muestran en la Tabla 3.

El promedio de DVMSIV fue de 52,34% para verano y de 57,45% para invierno. A los 45 días fue de 55,39% y a los 60 días fue de 54,4% promedio de las dos épocas. Los coeficientes de DVMSVO fueron consistentemente superiores a los coeficientes de DVMSIV. En verano e invierno se obtuvieron valores de DVMSVO 67,53% y 70,94% respectivamente. Para los cortes de 45 y 60 días la DVMSVO fue de 71,74% y 66,74% respectivamente, promedio de las dos épocas. La diferencia entre edades sólo fue significativa para la DVMSVO.

Para ambos períodos, invierno y verano, los coeficientes de digestibilidad fueron mayores a los 45 días, en comparación a los cortes de 60 días. En la primera de estas dos edades hay una mayor disponibilidad de los componentes de la materia seca; es menor el CPC y sus constituyentes y desde luego es mayor el contenido celular, el cual se considera con una digestibilidad de casi el 100% (Van Soest, 1968).

Al estudiar la asociación de las digestibilidades DVMSVO y DVMSIV entre sí, únicamente, a los 45 días hubo una correlación ($r=0,82$) positiva y signifi-

TABLA 3. Digestibilidad del pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*, Stapf) en dos estados de desarrollo y en época de verano e invierno. Villavicencio, 1977.

Intervalo de corte - días	Verano		Invierno	
	DVMSIV*	DMSVO**	DVMSIV*	DVMSVO**
45	52,51	70,69	58,26	72,79
60	52,17	64,37	56,65	69,10
Promedio	52,34 ^a	67,53 ^b	57,45 ^a	70,94 ^b

* DVMSIV: Digestibilidad verdadera de la materia seca "in vitro".

** DVMSVO: Digestibilidad verdadera de la materia seca "in vivo".

a. b.: Cantidades con letras distintas diferente para ($P < 0,05$).

TABLA 4. Coeficientes de correlación simple entre la DVMSVO y los constituyentes de la pared celular en pasto braquiaria. Villavicencio, 1977.

DVMSVO con:	Verano	Invierno	Total***
CPS	-0,81*	-0,56	-0,51*
FDA	-0,16	-0,22	-0,50*
Hemicelulosa	-0,10	-0,53	-0,46
Lignina	-0,60	-0,19	-0,65**
Celulosa	-0,08	-0,85**	-0,36
L/FDA	-0,76*	0,16	-0,67**
Proteína	0,20	0,43	0,31
Sílice	—	—	-0,41

* Significativo al nivel de 5%.

** Significativo al nivel de 1%.

*** Conjuga los valores obtenidos para las dos épocas y en los dos estados de desarrollo.

cativa ($P \leq 0,05$). En los demás estados y épocas las correlaciones fueron bajas e inconsistentes en el signo.

La DVMSVO estuvo asociada significativa y negativamente con la relación L/FDA, lignina, FDA y CPC (Tabla 4). Los valores más altos fueron para la correlación con L/FDA y lignina. Esto sugiere, que la lignina fue el principal factor que afectó la DVMSVO. Resultados similares fueron reportados por Van Soest (1964); Mowat *et al.*, (1969).

Con relación a la época, el CPC tuvo mayor incidencia sobre la DVMSVO puesto que hubo variación en sus contenidos en comparación del contenido de FDA el cual permaneció igual (Tablas 1 y 2).

El CPC se considera como un factor que está estrechamente relacionado con la digestibilidad de la materia seca (Van Soest, 1968).

La DVMSIV estuvo asociada negativa y significativamente sólo con la FDA ($r=0,70$). Con los demás constituyentes las correlaciones fueron bajas. La hemicelulosa, parece afectar menos que la lignina pero más que la celulosa la DVMSIV. Sorprendentemente los valores de correlaciones entre DVMSIV y los constituyentes de la pared celular fueron más bajos, no significativos e inconsistentes, comparados con los obtenidos por DVMSVO.

González *et al.*, (1976) atribuyeron la baja digestibilidad de los forrajes tropicales a un bajo contenido

celular entre otros factores. En *Brachiaria decumbens*, se obtuvo un contenido celular promedio de 29,9%, entre los 45 días. Este valor se consideró bajo, comparado con el reportado para gramíneas de la zona templada. Por ejemplo, Johnson y Pezo (1975), encontraron un contenido celular de 50% para la especie *Lolium perenne* a los 60 días de edad.

Los contenidos de proteína, obtenidos en el presente trabajo con pasto braquiaria fueron bajos. A los 45 días el promedio fue de 5,52% y a los 60 días fue de 4,87% sin variar de acuerdo a la época. Estos rangos fueron reportados también por Long *et al.*, (1969) y Johnson y Pezo (1975). El bajo contenido de proteína encontrado en este pasto pudo haber afectado drásticamente la digestibilidad del mismo. El mayor o menor grado de proteína presente en el forraje puede afectar la digestibilidad de la materia seca y lo hace negativamente cuando su contenido es inferior al 7% en gramíneas tropicales, según Minson y Milford (1967).

Es importante destacar dos aspectos principales como resultados del presente trabajo:

- La digestibilidad y el contenido de proteína disminuyeron con la edad del forraje, mientras que la pared celular y sus constituyentes aumentaron.
- Se deduce que un rebrote de braquiaria de 45 días corresponde a un estado avanzado de madurez. Con mayor razón será baja la calidad a los 60 días.
- Es mayor el valor nutritivo del pasto en invierno que en verano. Si a la baja disponibilidad del forraje en el verano se añade una reducción de su valor nutritivo, es de esperarse que disminuye no sólo la capacidad de sostenimiento de la pradera sino su producción por animal. Esto puede ocurrir en menor grado en el *Braquiaria decumbens*. (Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, 1974).

5. CONCLUSIONES.

Se puede concluir que:

- El intervalo de corte influyó más que la época de la práctica del mismo, en la variación de los componentes químicos estudiados. Así el contenido de pared celular (CPC), celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice aumentaron con la edad del rebrote, de los 45 a los 65 días.
- En la época de invierno hubo mayor contenido de CPC y sus constituyentes. Los valores promedios fueron de 71,82% y 9,98%.

- En época de verano los contenidos encontrados para lignina (5,41%), celulosa (32,05%) sílice (0,51%) fueron mayores que para la época de invierno.
- Tanto la DVMSIV como la DVMSVO fueron mayores en invierno y a los 45 días en ambas épocas.
- La DVMSIV y la DVMSVO estuvieron correlacionadas positiva y significativamente ($r = 0,82$) únicamente a los 45 días.
- En general hubo disminución de la digestibilidad a medida que aumentaron los contenidos de CPC, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina y sílice.
- La DVMSIV estuvo más afectada por el contenido de FDA; en cambio la DVMSVO fue más afectada por el contenido de lignina.
- A los 45 días de edad la digestibilidad del pasto braquiaria descendió, por lo tanto su mejor aprovechamiento debe ser antes de esta edad.

6. RESUMEN.

El pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*, Stapf) presenta muy buenas características agronómicas, para utilizarlo en regiones de condiciones adversas para otros pastos, como es el caso de los Llanos Orientales en Colombia. A pesar de la importancia del braquiaria poco se conoce con respecto a su valor nutritivo.

El presente trabajo se planeó con los siguientes objetivos:

Determinar el contenido de la pared celular y sus constituyentes y conocer la digestibilidad del pasto *Brachiaria in vitro* e *in vivo*, durante las épocas de verano e invierno y a las edades de 45 y 60 días.

El forraje se obtuvo durante el año de 1976 de la Estación Experimental La Libertad, Municipio de Villavicencio a 460 m.s.n.m. con una temperatura promedia de 26°C y una precipitación anual de 3.500 mm.

Para las pruebas de DVMSVO se utilizaron 12 ovinos machos, de 22 meses de edad, localizados en jaulas metabólicas y divididos en grupos de seis. Diariamente se tomaron datos de forraje consumido y de heces. La DVMSIV, se determinó mediante el método de Tilley y Terry (1963) modificado en su segunda fase por Van Soest (1967). El CPC se obtuvo por el método de fibra detergente neutro y los constituyentes de pared celular por el sistema de

permanganato, descritos por Van Soest (1967 y 1968). La proteína cruda se analizó por el método de Kjeldahl.

Los datos se analizaron estadísticamente, siguiendo la metodología para el análisis de varianza de un diseño completamente al azar. El grado de asociación entre los constituyentes y la digestibilidad se midió a través del cálculo de correlaciones simples.

El CPC, FDA, celulosa, hemicelulosa y sílice aumentaron con la edad del forraje en cambio el contenido celular y la proteína disminuyeron. En la época de invierno los contenidos de CPC, hemicelulosa y proteína fueron de mayor valor. En contraste en el verano fueron mayores los contenidos de lignina, celulosa y sílice. El contenido de los valores promedios de FDA fue similar tanto en invierno como en verano.

El pasto braquiaria presentó mejores valores de DVMSIV y DVMSVO a los 45 días y en la época de invierno que en el verano y a la edad de 60 días. La DVMSIV fue más afectada por el componente FDA mientras que la DVMSVO por la lignina. Para ambos casos las correlaciones fueron altas y significativas. El contenido de sílice además de su bajo valor, no afectó la digestibilidad.

Parece que el contenido de proteína encontrado para el braquiaria en este estudio tuvo un efecto negativo sobre la digestibilidad. El porcentaje de proteína de la materia seca siempre estuvo por debajo del 7%.

En general el pasto braquiaria tuvo alta producción de forraje y ésta fue superior a los 45 días, lo cual permite confirmar su alta capacidad de sostenimiento animal por hectárea. La calidad de este forraje disminuye con el grado de maduración de la planta. A los 45 días se comprobó baja calidad, por lo tanto el mejor aprovechamiento será antes de la edad señalada, especialmente en la época de verano en donde el valor nutritivo es menor que en invierno.

7. SUMMARY.

Cell wall constituents and digestibility of Braquiariagrass (*Brachiaria decumbens*, Stapf) at two stages of development.

Braquiariagrass (*Brachiaria decumbens*, Stapf) presents good agronomic characteristics to be utilized in regions where most grasses do not grow well. This is the case of the western plains of Colombia known as the Llanos Orientales. Despite of the importance of this grass, little is known with respect to its nutritive value. The present study was conducted to determine the dry matter content of

cell wall and its constituents as well as the *in vitro* and *in vivo* digestibility of braquiariagrass in two seasons: rainy and dry and at the ages of 45 and 60 days.

The grass was planted and the forage obtained from La Libertad Experimental station Located in Villavicencio at 460 meters of elevation with an average temperatura of 26°C and annual rainfall of 3.500 mm. The chemical analysis and the digestibility determinations were made at the Tibaitatá Experimental Station situated in the Sabana of Bogotá at 2540 meters of altitude with a near temperature of 13.2°C and 631 mm of annual rainfall.

Twelve male sheeps of 22 months of age lodged in metabolic cages and divided in two groups of six were utilized for the *in vivo* digestibility (DVMSVO) determinations. Forage intake and taeces production was daily recorded. *In vivo* dry matter digestibility (DVMSTV) was determined by the two stages procedure described by Tilley and Terry (1963) with modifications of the second stage as proposed by Goering and Van Soest (1970). Cell wall contents (CPC) and cell wall constituents (FDA) were made using the method described by Van Soest (1967 and 1968). Crude protein was analysed using the method of Kjeldahl.

All data were analysed using the procedure described for the analysis the studied characteristics was measured through the calculation of simple correlation coefficients.

The percentage of CPC, FDA, cellulose, hemicelulose, and silica increased with the age of forage. In contrast, the cell contents and crude protein percentage decreased from the 45 days of age to 60 days. The contents of CPC, hemicelulose and protein were higher in the rainy than in the dry season. The forage obtained during the dry season gave high contents of lignin, cellulose and silica than the herbage cut in the rainy period. FDA content of the forage harvested in the rainy and the dry season was similar.

Braquiariagrass gave superior DVMSIV and DVMSVO values at 45 days of age and during the rainy season. DVMSIV was mainly affected by the FDA content while lignin content was the main factor controlling DVMSVO. The correlation coefficients were high negative and highly significant in both cases. Silica content in the forage was low and it did not affect dry matter digestibility.

The crude protein content of the forage was analysis less than seven percent. It seems that the low percentages of protein encountered for braquiariagrass in the study affected the negatively the digestibility.

The quality of the grass is low at 45 days of age decreases with the age of the plant. The best use of braquiariagrass, therefore, is at earlier stages of growth being this consideration more important for the dry season in which the nutritive value of this species is low.

The low nutritive value of braquiariagrass obtained in this study does not mean that this is a poor quality species. The high yield of dry matter produced by this grass, the good individual animal production observed in steers grazings at 35 days of age less and its drought tolerance, show braquiariagrass as a very promisory species to substitute the native grasses of the Llanos.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. COMBELLAS, J.; GONZALEZ, E. y PARRA, R. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el Trópico. I. Digestibilidad aparente y verdadera de las fracciones químicas. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 21:483-494. 1971.
2. COWARD, J.; ARROYO, J. and GARCIA, O. Proximate nutrient composition of 10 tropical forage grasses. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 58(3):305-311. 1974.
3. CHICCO, C.F. Interpretación de los análisis químicos y digestibilidad *In*: Seminario de utilización de animales en la evaluación de la pradera. Medellín. IICA. 1972. pp. 105-128.
4. DUBLE, R.L.; LANCASTER, J.A. and HOLT, E.C. Forage characteristics limiting animal performance on warm season grasses. *Agronomy Journal (EE.UU)* 63:795-798. 1971.
5. GOMIDE, J.A.; NOLLER, C.H.; MOTT, G.O.; CONRAD, J.H. and HILL, D.L. Effect of plant age nitrogen fertilization on the chemical composition and *in vitro* cellulose digestibility of tropical grasses. *Agronomy Journal (EE.UU)* 61:116-120. 1969.
6. GOERING, H.K. and VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Research Center*. 1970. p. 19 (*Agriculture Handbook* ac, 379).
7. GONZALEZ, E.; PARRA, R. y COMBELLAS, J. Composición y valor nutritivo de los forrajes producidos en los trópicos. 3. Consumo y digestibilidad de la materia seca. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 22(6):613-622. 1972.
8. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. PROGRAMA NACIONAL DE PASTOS Y FORRAJES. Informe Anual de Progreso. Bogotá, 1974. p. 159.
9. HARRIS, L.E. Método para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Trad. por Juan Salazar Pavillon. Fla. Center for Tropical Agriculture. 1970. pp. 5301-5309.
10. HUGHES, H.O.; HEATH, M. y METCALEF, D.S. Forrajes. Evaluación de la producción de forrajes. Trad. de la 2a. ed. por José Luis de la Loma. México, Continental. 1966. pp. 132-141.
11. JOHNSON, E.L. and Pezo, P. Cell-fractions and *in vitro* digestibility of peruvian feedstuffs. *Journal of Animal Science (EE.UU)*. 41(1):185-197. 1975.
12. LONG, M.L.; THORTHON, D.D. and MARSHAL, B. Nutritive value of grasses in Ankole and the Queen Elizabeth National Park. Uganda. II. Crude protein, crude fiber and soil nitrogen. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 46(1):31-42. 1969.
13. MARSHALL, B.; LONG, M.I. and THORTHON, D. Nutritive value of grasses in Ankole and the Queen Elizabeth National Park. Uganda. III. *In vitro* dry matter digestibility. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 46(1):43-46. 1969.
14. McDONALD, P.; EDWARDS, R.A. y GREENHALGH, J.F.D. *Nutrición Animal*. Zaragoza, Acribia. 1975. pp. 344-374.
15. MINSON, D.J. and MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legumes and mature pangolagrass (*Digitaria decumbens*). *Australian Journal Experimental Agricultural Animal Husbandry* 7:546-551. 1967.
16. MOWAT, D.N.; KWAIN, M.L. and WINCH, J.E. Lignification and *in vitro* cell-wall digestibility of plant party. *Canadian Journal of Plant Science*. 49:499-504. 1969.
17. PARRA, R.; COMBELLAS, J. y GONZALEZ, E. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico 2. Fracciones químicas que afectan la digestibilidad de los componentes fibrosos. *Agronomía Tropical (Venezuela)*. 22:217-230. 1972.
18. TILLEY, J.M. and TERRY, R.A. A two technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*. 18:104-111. 1963.
19. TINNIMITH, P. Forage evaluation using various laboratory technique. *Dissertation Abstracts International*. B. 35(3):1135-1136. 1974. (Res. en Herb. Abst. 46(8):35-36. 1976).

20. TODD, J.R. Investigations into the chemical composition and nutritive value of certain forage plants at medium altitudes in the tropics. III. The digestibility and nutritive value of grasses and legume hays and "Standing haep". *Journal of Agriculture Science (EE.UU)* 47:225-231. 1956.
21. VAN SOEST, P.J. Symposium in nutritive and forage pasture new chemical procedures for evaluation forages. *Journal Animal Science (EE.UU)* 23:838-845. 1964.
22. -----: Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. *J. An. Sci.* 26:119-129. 1967.
23. -----: Structural and chemical characteristics which limit the nutritive value of forage. In: *Forages Economics Quality*. Madison Wisconsin, American Soc. of Agronomy 1968. pp. 63-76. (Special publication, No. 13).
24. ----- and WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official analytical Chemists. (EE.UU)* 50(1):50-55. 1968.