

Evaluación del perfil bromatológico y de algunos parámetros físicos del follaje de plantas leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo en un bosque seco tropical semideciduo

Nicolás Korbut¹, Álvaro Ojeda^{1*} y Dorian Muñoz²

¹Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay 2101, Aragua, Venezuela. *Correo electrónico: ojedaa@agr.ucv.ve

² Instituto de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay 2101, Aragua, Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar algunos parámetros físicos y químicos del follaje de seis especies de plantas leñosas de valor forrajero para vacunos (*Coccoloba* sp., *Guazuma ulmifolia*, *Inga* sp., *Machaerium* sp., *Samanea saman* y *Senna pallida*) presentes en un bosque seco tropical semideciduo ubicado en el estado Portuguesa, Venezuela, fueron colectadas muestras mensuales durante la época seca. Las muestras se correspondieron con la fracción comestible ingerida por 10 vacunos *Bos taurus* x *Bos indicus* (390,4 kg PV) en silvopastoreo. Para las especies en estudio (16,0% PC; 51,4% FND; 1,8% Ca y 0,1% P), se determinó que los valores de densidad volumétrica (0,26 g MS/mL), tamaño medio de partícula (0,31 mm), capacidad de retención de agua (3,2 mL/g MS), solubilidad de la materia orgánica (11,3%) y de la fracción mineral (53,9%) se encontraron dentro de los rangos citados en la literatura para materiales fibrosos, resaltando una importante variación entre especies ($P < 0,01$) relacionada con el contenido y la composición química de la pared celular del follaje evaluado. Conjuntamente con otras estrategias de valoración químicas y biológicas, la sistematización de este tipo de información puede contribuir a establecer la relación entre la tasa de pasaje y de degradación de estos recursos, y consecuentemente, entre el consumo y la utilización de materiales fibrosos en sistemas de silvopastoreo con rumiantes.

Palabras clave: Parámetros físicos, silvopastoreo, selva tropical, vacunos.

Evaluation of bromatological profile and some physical parameters of trees and shrubs foliage species consumed by cattle in silvopastoral conditions at a tropical semideciduous dry forest

ABSTRACT

In order to evaluate some chemical and physical parameters of foliage of six trees and shrubs with forage value for cattle (*Coccoloba* sp., *Guazuma ulmifolia*, *Inga* sp., *Machaerium* sp., *Samanea saman* y *Senna pallida*) located in a tropical semideciduous dry forest located in Portuguesa state, Venezuela were collected monthly samples during dry season. Samples corresponded to the edible fraction of plants consumed by 10 cattle *Bos taurus* x *Bos indicus* (390.4 kg LW) in silvopastoral conditions. For the species considered (16.0% CP, 51.4% NDF, 1.8% Ca, and 0.1% P), the particle density (0.26 g MS/mL), particle size (0.31 mm), water holding capacity (3.2 mL/g MS), organic matter (11.3%) and mineral (53.9%) solubilisation were within the literature range for fibrous material, with an important variation among species ($P < 0.01$) related to the cellular wall content

and the chemical composition of foliage evaluated. Together with others strategies of chemical and biological valuation, the systematization of this information could contribute to establish the relationship between passage and degradation rates of these resources, and consequently, between intake and fibrous materials utilization in silvopastoral systems with ruminants.

Keywords: Physical parameters, silvopastoral, tropical forest, cattle.

INTRODUCCIÓN

Bajo las condiciones propias de explotación de nuestros rebaños vacunos, y en particular los de tipo doble propósito, las unidades de producción que cuentan con áreas de bosques semidecuidos en sus predios, tradicionalmente durante el periodo seco recurren a la utilización de estos ecosistemas para uniformizar la oferta de materia seca a consumir por sus rebaños. En consecuencia, el follaje de arbustos y árboles se convierte en un recurso altamente estratégico del cual puede depender el mantenimiento de los animales en épocas críticas de disponibilidad de pasturas.

Siendo el consumo y la degradabilidad ruminal de materiales fibrosos dependiente, entre otros factores, de sus características físicas (Baile y McLaughlin, 1987; Van Soest, 1994; Forbes, 1998; Giger-Reverdin, 2000), la ausencia de información relativa a variables como densidad, tamaño de partícula, capacidad de retención de agua y solubilidad es una limitante en la definición del valor nutricional de dichos materiales, lo cual es indispensable para el establecimiento de estrategias de manejo sostenible de sistemas silvopastoriles.

Así, el presente estudio tuvo como objetivo la evaluación de algunos parámetros físicos, y su relación con variables químicas, en el follaje de árboles y

arbustos consumidos por vacunos en silvopastoreo en un bosque seco tropical semidecuido ubicada en el estado Portuguesa, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en un área de bosque seco tropical semidecuido de aproximadamente 50 ha, ubicada en las instalaciones de la Estación Experimental "San Nicolás" (8° 49' 58" N y 69° 48' 00" O), localizada en el Municipio San Genaro de Boconoito del estado Portuguesa y esta adscrita a la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Este bosque se ubica a una altitud de 133 msnm y presenta una precipitación promedio anual de 1.545 mm, 27,2°C de temperatura, evaporación de 1.893 mm, evapotranspiración de 1.514 mm y 83% de humedad relativa (Abarca, 2004).

Partiendo de una evaluación preliminar (Canelones, 2007), se colectaron muestras mensuales del follaje de las plantas leñosas seleccionadas por 10 vacunos adultos machos con peso vivo de 390,4 ± 18,0 kg manejados en silvopastoreo en el bosque antes mencionado, durante una parte del periodo seco (enero-abril) del año 2006 (Cuadro 1). Estas especies representaron 47,6% de las partículas presentes en las heces evaluadas a través de su estudio histológico (Holecek, 1982), mientras el resto estuvo conformado por partículas correspondientes a diversas especies de

Cuadro 1. Descripción taxonómica de especies leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo de un bosque seco tropical semidecuido en el estado Portuguesa.

Familia	Nombre	
	Científico	Vulgar
Leguminosae	<i>Senna pallida</i>	Flor amarillo
	<i>Machaerium humboldtianum</i>	Uña de gavilán, Uña de gato
	<i>Inga</i> sp.	Cahuabarí
	<i>Samanea saman</i>	Saman, Carabalí, Ceniceró
Polygonaceae	<i>Coccoloba caracasana</i>	Uvero, Uva, Uvero macho
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo, Guácimo dulce

gramíneas (49,3%) y plantas leñosas no identificadas botánicamente (3,1%).

Las plantas leñosas evaluadas se hallaban en las fenofases de senescencia y floración, restringiéndose las muestras a la fracción del follaje maduro localizado a una altura inferior a los 2 m y considerando 5 plantas por especie seleccionadas al azar en el área delimitada por tres transectas de longitud variable (100 a 150 m), ubicadas a lo largo del bosque en estudio. Una vez colectadas, las muestras fueron refrigeradas con CO₂ en estado sólido (hielo seco) durante su traslado para ser deshidratadas hasta peso constante en estufa de aire forzado a 40°C, para su posterior molido en criba de 1 mm de diámetro.

En dichas muestras se determinó el contenido de cenizas (Cen) y proteína cruda (PC), según lo descrito por la AOAC (1985). Los análisis de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina se efectuaron de acuerdo a la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991), con la adición de sulfito de sodio a la solución de detergente neutro para remover parcialmente los complejos taninos-proteína (Terril *et al.*, 1994). Las fracciones correspondientes a calcio (Ca) y fósforo (P) se evaluaron según metodología reportada por Fick *et al.* (1979) y Fiske y Subarrow (1925), respectivamente.

Las evaluaciones físicas fueron las siguientes:

Densidad volumétrica (DV)

Esta determinación se realizó de acuerdo a Giger-Reverdin (2000), para lo cual se tomó un cilindro graduado de 100 mL, el cual fue llenado con la muestra deshidratada y molida hasta la marca de 50 mL, para luego ser agitado manualmente durante 15 seg. Posteriormente, se añadió muestra hasta la marca de los 100 mL y se agitó nuevamente por 10 seg, para finalmente enrasar el cilindro hasta los 100 mL y pesar el material contenido en el mismo. La densidad volumétrica se expresó como la relación entre peso (g) de la muestra y volumen (mL) ocupado por esta.

Tamaño medio de partícula (D50)

A través de tamices con diámetro de 1,0; 0,75; 0,5 y 0,25 mm fueron cernidos 10 g de cada muestra. Los rechazos en cada tamiz fueron pesados para calcular su valor relativo respecto a la muestra total. Los

resultados fueron graficados contra el logaritmo de cada tamaño de tamiz y calculado el valor de tamaño medio de partícula, correspondiente éste al tamiz virtual donde se retendría el 50% de las partículas de la muestra (Melcion y de Monredon, 1991).

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se colocaron 2,5 g de muestra en remojo con 250 mL agua destilada durante 24 h, para luego proceder a filtrar en crisoles de porosidad N° 2 y pesar el residuo obtenido en el crisol, expresándose la capacidad de retención de agua como L de agua retenida en la fracción sólida por kg muestra en base seca (Robertson y Eastwood, 1981; Giger-Reverdin, 2000).

Solubilidad

La solución obtenida a partir de la evaluación de la capacidad de retención de agua fue deshidratada en estufa a 105°C durante 72 h o hasta alcanzar peso constante, se registró su peso y se procedió a colocar en mufla a 550°C por 12 h para ser pesada nuevamente. La materia seca y la ceniza contenida en el material soluble fueron expresadas como g/L ó % del peso inicial de la muestra considerada, obteniéndose de este modo la solubilidad de la materia orgánica (SolMO) y fracción mineral (SolMin), de acuerdo a lo descrito por Giger-Reverdin (2000).

Para analizar la información obtenida, se empleó un diseño completamente aleatorizado, estudiando las diferencias entre medias a través de una prueba de comparaciones múltiples (prueba de Tukey) y se caracterizó el grado de asociación entre variables físicas y químicas por medio de regresiones lineales múltiples (Steel y Torrie, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil bromatológico y fracciones constituyentes de la pared celular

En el Cuadro 2 se presentan los valores obtenidos en la determinación del perfil bromatológico y fracciones constituyentes de la pared celular de las especies evaluadas. En general, las especies evaluadas mostraron contenidos de PC (16,0 ± 3,9%), Ca (1,8 ± 0,5%) y P (0,1 ± 0,1%) que resaltan el valor estratégico de la selva seca tropical como una importante fuente de nutrientes al animal en pastoreo en época seca.

Cuadro 2. Composición química de especies leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo de un bosque seco tropical semideciduo en el estado Portuguesa.

Especie	Fracciones†								
	PC	FDN	FDA	Cel	Hemic	Lig	Cen	Ca	P
	----- g/100 g MS -----								
<i>Senna pallida</i>	16,7	32,1	18,6	11,8	13,4	7,4	8,9	1,94	0,21
<i>Machaerium</i> sp.	17,8	52,4	32,2	22,5	20,2	9,7	8,1	2,46	0,12
<i>Inga</i> sp.	17,6	68,8	55,0	28,3	13,8	26,1	8,6	1,43	0,12
<i>Samanea saman</i>	20,0	56,5	40,9	25,0	15,6	15,9	3,8	0,98	0,13
<i>Coccoloba</i> sp.	8,6	51,7	45,2	26,1	6,5	18,4	13,7	2,13	0,07
<i>Guazuma ulmifolia</i>	15,2	47,0	33,1	17,2	13,9	15,8	9,0	1,80	0,23
Media	16,0	51,4	37,5	21,8	13,9	15,6	8,7	1,8	0,1
DE	3,9	12,0	12,5	6,2	4,4	6,6	3,1	0,5	0,1

† PC: Proteína cruda (N*6,25), FDN: Fibra insoluble en detergente neutro, FDA: Fibra insoluble en detergente ácido, Ce: Celulosa, Hemic: Hemicelulosa, Lig: Lignina, Cen: Cenizas, Ca: Calcio, P: Fósforo.

Las fracciones constituyentes de la pared celular (FDN $51,4 \pm 12,0\%$; FDA $37,5 \pm 12,5\%$; celulosa $21,8 \pm 6,2\%$; hemicelulosa $13,9 \pm 4,4\%$ y lignina $15,6 \pm 6,6\%$) mostraron una importante variabilidad entre especies, con valores de FDN, FDA, lignina y celulosa que oscilaron entre 32,1-68,8%; 18,6-55,0%; 7,4-26,1% y 11,8-28,3%, respectivamente. En todos los casos antes citados, el límite inferior correspondió a *Senna pallida*, mientras el superior a *Inga* sp.

Estos resultados muestran diferencias al ser comparados con estudios similares (Narváez y Lascano, 2000; Baldizán, 2003; Baldizán y Chacón, 2004), lo que resalta la alta dependencia de la composición química de estos recursos con respecto al tipo de bosque, estado fenológico y época del año en que se realiza la evaluación, factores que deben ser considerados en la definición de su manejo en sistemas de silvopastoreo.

Parámetros físicos del follaje

En el Cuadro 3 se muestran los valores de los parámetros físicos evaluados en los follajes en estudio. La DV presentó diferencias interespecíficas ($P < 0,01$), con la mayor densidad para *Senna pallida* e *Inga* sp. ($0,31 \pm 0,02$ g/mL) y un promedio general similar al $0,26 \pm 0,04$ g/mL, reportado por Giger-Reverdin (2000) para materiales fibrosos. Alimentos con baja DV y por tanto con elevados valores de FND, presentan mayor efecto de distensión ruminal o efecto de llenado, lo que condiciona la tasa de

pasaje a partir de rumen y el consumo de materia seca. Los efectos de la DV de materiales fibrosos sobre la fisiología digestiva han sido manipulados a través del comprimido y la molienda (Montgomery y Baumgardt, 1965; Van Soest *et al.*, 1991; Wattiaux, 1993).

La D50 presentó diferencias estadísticas ($P < 0,01$) entre las especies consideradas, con los menores valores para *Senna pallida* e *Inga* sp. ($0,27 \pm 0,01$ mm). Para materiales fibrosos, se reportan valores que van desde 0,26 mm para el heno de alfalfa hasta 0,88 mm para la tusa de maíz (Giger-Reverdin, 2000). El D50 influye sobre las medidas geométricas del material en evaluación, tales como longitud, diámetro, superficie o volumen, todos relacionados con el área superficial de la pared celular que quedará directamente accesible a las secreciones digestivas y bacterianas (Savón y Gutiérrez, 1999). Una menor D50 se asocia a un menor tamaño de la estructura celular de la materia evaluada, incrementándose las posibilidades de ser completamente digerida debido a una mayor susceptibilidad al ataque de los microorganismos ruminales.

La capacidad de la pared celular para inmovilizar agua en su matriz (CRa) presentó diferencias entre las especies consideradas ($P < 0,01$), con un promedio general de $3,17 \pm 1,5$ mL/g. La literatura reporta valores de CRa para materiales fibrosos que van desde 3,80 mL/g para el heno de alfalfa hasta 8,87 mL/g para la tusa de maíz (Giger-Reverdin, 2000). Como factor

Cuadro 3. Parámetros físicos de especies leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo de un bosque seco tropical semideciduo en el estado Portuguesa

Especie	Parámetros físicos‡				
	DV	D ₅₀	CRa	SolMO	SolMin
	g/mL	mm	mL/g	----- % -----	
<i>Senna pallida</i>	0,31a†	0,27b	2,0de	22,4a	80,4a
<i>Machaerium</i> sp.	0,23d	0,31a	4,4b	10,9b	55,6c
<i>Inga</i> sp.	0,31a	0,26b	1,9e	6,6b	30,7e
<i>Samanea saman</i>	0,25b	0,34a	2,7c	9,7b	68,2b
<i>Coccoloba</i> sp.	0,24c	0,32a	2,4cd	8,6b	35,0e
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,24c	0,33a	5,6a	9,5b	53,5c
Media	0,26	0,31	3,17	11,3	53,9
DE	0,04	0,03	1,5	5,6	19,0

‡ DV: Densidad volumétrica, D₅₀: Tamaño medio de partícula, CRa: Capacidad de retención de agua, SolMO: Solubilidad de la materia orgánica, SolMin: Solubilidad de los minerales.

† Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (P<0,01).

que controla las características de los materiales fibrosos puede ser muy versátil, asociándose tanto al flujo de la digesta en el tracto digestivo hasta su susceptibilidad al ataque microbial en el rumen, y por tanto, su capacidad de ser degradada. Esto se deriva de las proporciones relativas de los polisacáridos que integran su fibra, donde la lignina tiene una capacidad higroscópica casi nula, mientras que las celulosas captan menos agua que las pectinas.

Las fracciones solubles de la materia orgánica y minerales mostraron diferencias entre especies (P<0,01), con valores ubicados en los rangos citados para materiales con alto contenido de pared celular (Savón y Gutiérrez, 1999; Giger-Reverdin, 2000). Aunque es un indicador frecuentemente asociado a la disponibilidad de nutrientes (Dehority y Johnson, 1964), se debe señalar que algunas sustancias presentes en los alimentos (cuerpos de Maillard, taninos y otros compuestos fenólicos solubles) presentan elevada solubilidad, pero son totalmente indisponibles al medio ruminal, tal como lo señala Van Soest (1994). Para ambos parámetros, con excepción de *Inga* sp., las leguminosas mostraron los mayores valores de solubilidad, lo cual coincide con observaciones

efectuadas por Singh y Narang (1991). Esta condición debe ser tomada en cuenta, ya que al ubicarse estos recursos en un medio deficiente en minerales para el animal en pastoreo, esta familia taxonómica podría ser considerada un importante aporte de minerales solubles al animal.

Relación entre parámetros químicos y físicos

En el Cuadro 4 se observa como la DV se asocia en forma directamente proporcional ($R^2=0,42$; P<0,01) con el contenido de materia orgánica y de manera inversa con la CRa ($R^2=0,58$; P<0,01). En materiales fibrosos, la relación entre la DV y el contenido de materia orgánica refleja el impacto de la pared celular sobre el volumen de los materiales, mientras que una relación inversa entre la densidad de un material y su capacidad de retención de agua es debido a que materiales con baja densidad presentan numerosos espacios vacíos en la matriz de su pared celular, los cuales pueden retener agua cuando ésta se presenta en exceso, tal como ocurre a nivel ruminal durante el proceso de inhibición de los materiales ingeridos. Esta situación se asocia a materiales que muestran elevado efecto de distensión ruminal o de llenado y

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión entre la composición química y parámetros físicos de especies leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo de una selva seca tropical semidecídua en el edo. Portuguesa.

Variabes†	$y = a + bx$	P	R ²
<u>DV (y)</u>			
Materia orgánica (x)	$y = -0,50 + 0,01x$	0,0002	0,42
CRA (x)	$y = 0,38 - 0,03x$	0,0000	0,58
<u>CRA (y)</u>			
Hemicelulosa (x)	$y = 0,73 + 0,18x$	0,0004	0,40
<u>SolMO (y)</u>			
FDN (x)	$y = 31,7 - 0,40x$	0,0001	0,66
FDA (x)	$y = 23,8 - 0,36x$	0,0001	0,53
Cel (x)	$y = 25,3 - 0,68x$	0,0001	0,49
<u>SolMin (y)</u>			
FND (x)	$y = 113,5 - 1,16x$	0,0001	0,56
FDA (x)	$y = 97,7 - 1,22x$	0,0001	0,63
Lig (x)	$y = 77,4 - 1,71x$	0,0003	0,41
Cel (x)	$y = 99,0 - 2,15x$	0,0001	0,50

† Variables: DV: densidad volumétrica, CRA: Capacidad de retención de agua, SolMO: Solubilidad de la materia orgánica, FDN: Fibra insoluble en detergente neutro, FDA: Fibra insoluble en detergente ácido, Cel: celulosa, Lig: Lignina y SolMin: Solubilidad de los minerales.

una baja tasa de pasaje (Singh y Narang, 1991; Van Soest, 1994).

Es conocido que las fibras denominadas dietarias tienen diferentes efectos sobre el sistema gastrointestinal. Algunas de éstas se hinchan o tienen una alta capacidad de retención de agua, factor éste que modula el ritmo con el que la dieta pasa a través del sistema intestinal, y por tanto, el consumo voluntario de alimentos (Robertson y Eastwood, 1981). Los resultados del presente estudio indican que la hemicelulosa juega un papel importante en la definición del impacto de la fracción fibra sobre la CRA, al evidenciarse una relación positiva ($R^2 = 0,40$; $P < 0,01$) entre ambas variables.

La solubilidad de la materia orgánica y de la fracción mineral presentaron relaciones negativas con respecto a las fracciones de fibra analizada (fibras insolubles), observándose para ambos indicadores una disminución de la solubilidad a medida que aumentan las concentraciones de la pared celular (FDN y FDA) y algunas de sus fracciones (lignina y celulosa). Esto puede estar reflejando que la fracción

de minerales se encuentre asociada en alguna medida a la pared celular de las especies en estudio, lo cual debe ser considerado al establecer las estrategias de uso de estos recursos. Frecuentemente, el contenido de materia orgánica y minerales solubles se hallan muy correlacionados (Van Soest *et al.*, 1991), lo cual no se evidenció en el presente trabajo. Esta relación es particularmente válida cuando la materia orgánica presenta alto contenido de carbohidratos de elevada solubilidad, como pectinas y almidones, los cuales no fueron evaluados en este estudio, y su potencial ausencia podría estar condicionando la falta de asociación entre SolMin y el contenido de materia orgánica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los valores de los parámetros físicos (densidad volumétrica, tamaño medio de partícula, capacidad de retención de agua, solubilidad de la materia orgánica y de la fracción mineral) evaluados en las plantas arbustivas y arbóreas colectadas se encuentran dentro de los rangos citados en la literatura para materiales fibrosos, resaltando una importante variación entre

especies en todos estos parámetros. El contenido y composición de la pared celular se presentan como variables químicas altamente relacionadas con dichos parámetros físicos. Conjuntamente con otros mecanismos de valoración químicos y biológicos, la sistematización de este tipo de información puede contribuir a establecer la relación entre la tasa de pasaje y de degradación de estos recursos, y consecuentemente, entre consumo y utilización de materiales fibrosos en sistemas de silvopastoreo con rumiantes.

LITERATURA CITADA

- Abarca O. 2004. Planificación del aprovechamiento de la tierra de las estaciones experimentales de la Universidad Central de Venezuela. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16^{ta} ed. Association of Official Analytical Chemist. AOAC International. Washington, EUA.
- Baile C. y C. McLaughlin. 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants: A review. *J. Anim. Sci.*, 64: 915-922.
- Baldizán A. 2003. Producción de biomasa y nutrimentos de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. Tesis Doctoral. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Baldizán A. y E. Chacón. 2004. Sistemas agroforestales con ovinos y caprinos. Memorias IV Congreso Nacional de Ovinos y Caprinos. Asoc. Nac. Ovinos y Caprinos, Universidad Nacional Francisco de Miranda. Coro, Venezuela.
- Canelones C. 2007. Estudio de la selección por vacunos y búfalos en crecimiento en silvopastoreo de una selva semicaducifolia tropical del estado Portuguesa. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Dehority B. y R. Johnson. 1964. Estimation of digestibility and nutritive value of forage by cellulose and dry matter solubility methods. *J. Anim. Sci.*, 23: 203-207.
- Fick K., L. McDowell, P. Miles, N. Wilkinson, J. Funk y J. Conrad. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. 2^{da} ed. Universidad de Florida, Gainesville, EUA.
- Fiske C. y Y. Subarrow. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66: 375-381.
- Forbes J.M. 1998. Feeding behaviour. *En* Forbes J.M. (Ed). Voluntary Feed Intake and Diet Selection in Farm Animal. CAB International, Oxon, Inglaterra. pp. 11-37.
- Giger-Reverdin S. 2000. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 86: 53-69.
- Holeček J. 1982. Sample preparation technique for microhistological analysis. *J. Range Manage.*, 35: 267-268.
- Melcion J. y F. de Monredon. 1991. Techniques d'analyse granulométrique. *En* Linden, G. (Ed). Techniques d'Analyse et de Contrôle Dans les Industries Agro- alimentaires. Apria, Paris. pp. 216-233.
- Montgomery M. y B. Baumgardt. 1965. Regulation of food intake in ruminants. 2. Rations varying in energy concentration and physical form. *J. Dairy Sci.*, 48: 1623-1628.
- Narváez N. y C. Lascano. 2000. Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Trop.*, 26: 4-5.
- Robertson J. y M. Eastwood. 1981. An investigation of the experimental conditions which could affect water-holding capacity of dietary fiber. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 819-825.
- Savón L y O. Gutiérrez. 1999. Manual Teórico Práctico de Caracterización de Productos Fibrosos. EDICA, La Habana. Cuba.
- Singh B. y M. Narang. 1991. Some physico-chemical characteristics of forages and their relationships to digestibility. *Indian J. Anim. Nutr.*, 8: 179-186.

- Steel R. y J. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2^{da} ed. Mc Graw-Hill. Bogotá. Colombia.
- Terril T., W. Windham, J. Evans y C. Hoveland. 1994. Effect of drying method and condensed tannin on detergent fiber analysis of *Serica lespedeza*. J. Sci. Food Agric., 66: 337-343.
- Van Soest P. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2^{da} ed. Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Van Soest P., J. Robertson y B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.
- Wattiaux M. 1993. A mechanism influencing passage of forage particles through the reticulo-rumen: change in specific gravity during hydration and digestion. Thesis. The University of Wisconsin, Madison, EUA.