

Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia

N. Narváez* y C. E. Lascano**

Introducción

En los últimos años ha existido interés en muchas regiones del trópico por identificar especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para la alimentación de rumiantes. En gran medida este interés ha surgido de la necesidad de seleccionar especies como fuente de forraje de buena calidad para períodos prolongados de sequía que, como se sabe, tienen efectos adversos en producción animal en muchas zonas tropicales. Existen evidencias que con el uso del forraje de árboles se pueden reducir los costos de producción de rumiantes en zonas tropicales (Devendra, 1988). Sin embargo, las especies que han recibido mayor atención son leguminosas que mantienen su productividad bajo cortes frecuentes y que tienen buen valor nutritivo, o son relativamente bien consumidas por los animales (Ivory, 1989). En Africa (Le Houerou, 1980), Australia (Turnbull, 1986; 1987), India (Tejwani, 1988), Indonesia (Soedomo et al., 1986), Nepal (Sapkota, 1988) y Tailandia (Topark-Ngarm y Gutteridge, 1986) se ha identificado un amplio rango de especies arbóreas, entre leguminosas y no leguminosas, con potencial para ser usadas en la alimentación animal. Sin embargo, los factores nutricionales que afectan la utilidad

de árboles y arbustos forrajeros se han estudiado en relativamente pocas especies.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química y la digestibilidad de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas seleccionadas en el Valle del Cauca, Colombia, e identificar su potencial como forrajeras para la alimentación de rumiantes.

Materiales y métodos

Localización, clima y suelo

El trabajo se realizó con especies arbóreas colectadas en el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), localizado en la parte plana del Departamento del Valle del Cauca, a 965 m.s.n.m. en el ecosistema de Bosque Seco Tropical (Bs-T), con 24°C de temperatura promedio y una precipitación de 900 mm, caracterizado por Vertisoles de alta fertilidad y pH = 6.5.

Material arbóreo

Durante la época de máxima precipitación fueron recolectadas hojas jóvenes (terminales) y maduras (con peciolo) de las especies de árboles leguminosos: *Gliricida sepium*, *Erithryna fusca*, *Clitoria fairchildiana*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora*, *Samanea saman*, *Cassia siamea*, *Cesalpineia pelthosperoides*, *Cassia nodosa* y *Delonix regia*; y los árboles no-leguminosos: *Guazuma ulmifolia*, *Trichantera gigantea*, *Cordia alliodora* e *Hibiscus rosasinensis*. De cada especie fueron

* University of California, Animal Science Department, Davis, California, 95616.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa Forrajes Tropicales. P.O. Box 6713, Cali, Colombia. c.lascano@cgiar.org

seleccionados cuatro árboles y las muestras recolectadas fueron congeladas hasta el momento de secado por liofilización y siguiente paso a través de un tamiz de 1 mm y conservación en un ambiente oscuro hasta el momento del respectivo análisis químico.

Análisis químico

La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) se estimó utilizando la técnica de Tilley y Terry (1963), que involucra un período de incubación inicial de 48 h con microorganismos del rumen en un medio buffer y una segunda digestión con pepsina. El licor ruminal utilizado en esta prueba provenía de un animal Brahman fistulado que pastaba en estrella (*Cynodon nlemfuensis*). La determinación del contenido de proteína cruda (PC = N x 6.25) y minerales (calcio y fósforo) se hizo utilizando 0.2 g de muestra, siguiendo la metodología utilizada por la AOAC (1990). Las fibras neutra (FND) y ácida detergente (FAD) fueron determinadas por separado utilizando la técnica de Van Soest et al. (1991).

Los taninos condensados (TC) se determinaron usando una modificación al método propuesto por Terril et al. (1992). Los TC solubles se extrajeron utilizando muestras (10 mg) por duplicado con una mezcla de 2.5 ml de acetona acuosa (70%), ácido ascórbico (0.1%) y 2.5 ml de dietil éter en tubos de ensayo que se agitaron en vortex por 2 min. En este caso, la fase superior con acetona y dietil éter fue descartada, repitiendo la extracción una vez más. Las trazas del solvente en la fase acuosa fueron eliminadas usando un baño maría a 35 °C, un concentrador de muestras y un compresor de aire. El extracto fue llevado a un volumen de 5 ml con agua destilada y centrifugado a 3000 rpm por 10 min. Después de la centrifugación, el pelet fue separado de la fase acuosa y el remanente de solución extractora fue secado en horno a 35 °C durante 20 min. A partir del extracto se tomaron alícuotas de 0.5 ml que se mezclaron con 3 ml de butanol/HCl (5%). Después de una agitación previa, la mezcla se colocó en un baño maría a 95 °C durante 70 min. Los

TC insolubles o ligados al residuo fueron determinados por adición de 0.7 ml de agua, 4.2 ml de Butanol/HCl (5%), seguido por agitación e hidrólisis a 95 °C durante 70 min. Para la cuantificación de TC solubles e insolubles se utilizaron muestras blanco con Butanol/agua (5%). En ambos casos, las muestras fueron enfriadas antes de leer su absorción atómica a 550 nm en un espectrofotómetro Milton Roy-Spectronic 601.

Para generar las correspondientes curvas estándar se utilizaron los TC purificados de cada especie. Para la purificación, los TC se extractaron con una solución acuosa de acetona al 70% y ácido ascórbico al 0.1% y posteriormente, purificados en una columna con Sephadex LH-20. Para crear la curva estándar se hicieron reaccionar por triplicado alícuotas de 0.5 ml de concentraciones conocidas de taninos purificados con 3 ml de Butanol/HCl (5%).

El grado de reactividad o astringencia de los taninos solubles se determinó según el método de difusión radial propuesto por Hagerman (1987) y modificado por Lareo et al. (1990). Para este ensayo, se extrajeron 100 mg de muestra molida con 5 ml de la misma solución de acetona acuosa anteriormente mencionada con agitación constante durante 70 min. Se hicieron reaccionar alícuotas de 8 μ l del extracto con 9.5 ml de gel que contenía una mezcla de agarosa (1%) y albúmina de suero bovino fracción V (BSA) (0.1%) en una solución bufer de ácido acético (0.3%) y ácido ascórbico (0.1%) ajustada a un pH = 5.0 con NaOH. La cantidad de taninos activos presentes en la solución que reaccionaron con BSA fue determinada por medición del anillo formado en el medio y, la cantidad de proteína precipitada (mg) se determinó por la fórmula: Volumen (ml) x concentración de proteína (mg/ml)/peso de la muestra en alícuota.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con dos factores que definían los tratamientos: especie y madurez de la hoja. En los análisis

se incluyeron cuatro repeticiones por especie, con el árbol como la unidad experimental. Se calculó el grado de correlación entre los contenidos de, FND y FAD, TC, solubles e insolubles y el porcentaje DIVMS. Las diferencias entre medias se determinaron por la diferencia mínima significativa (DMS) (SAS, 1990).

Resultados

Composición química de leguminosas

Los resultados mostraron una alta variabilidad ($P < 0.01$) en la calidad debido a especie y estado de madurez de las hojas (Cuadros 1 y 2). Entre las especies de leguminosas, *L. leucocephala* sobresalió por su alta calidad. No obstante su relativo alto contenido de taninos totales (6.8%) presentó los mayores porcentajes promedio de DIVMS y PC (69% y 31%) y los menores contenidos de FND (19%) y FAD (13%) promedio. En general, y como era de esperar, en las hojas maduras

se observó un menor contenido de PC, una mayor concentración de fibra (FND y FAD) y una menor DIVMS, que en las inmaduras. Una excepción fue *C. pelthosperoides*, en la cual los valores de DIVMS (36% y 36%), PC (8.7% y 8.8%) y FAD (30% y 30.5%) fueron similares en hojas jóvenes y maduras, respectivamente. El contenido de PC varió entre 9% y 36% en hojas inmaduras y entre 9% y 26% en hojas maduras. También se encontró una amplia variación en DIVMS de hojas jóvenes, con un rango entre 36% y 73%, y en hojas maduras con un rango entre 35% y 68%.

El contenido de fibra también fue variable entre especies y estados de madurez. Por ejemplo, la FND en hojas jóvenes varió entre 16% en *L. leucocephala* y 45% en *C. pelthosperoides*, mientras que el contenido de FAD varió entre 10% en *L. leucocephala* y 31% en *C. fairchildiana*. Por otra parte, la concentración de TC totales

Cuadro 1. Composición química y valor nutritivo en hojas jóvenes y maduras de algunas especies leguminosas arbustivas que crecen en el Valle del Cauca (Colombia).

Especie	No.	Estado	Composición química (%)					DIVMS (%)
			PC	FND	FAD	Ca	P	
<i>L. leucocephala</i>	3	Joven	35.9	15.7	10.3	0.33	0.45	73.4
	3	Madura	25.8	22.3	16.2	1.43	0.20	65.0
<i>C. calothyrsus</i>	4	Joven	19.5	27.2	20.5	0.60	0.14	38.0
	4	Madura	15.6	29.5	26.0	0.78	0.13	25.1
<i>S. saman</i>	4	Joven	30.9	33.8	25.4	0.22	0.36	58.1
	4	Madura	22.6	47.5	36.9	0.44	0.20	41.1
<i>P. juliflora</i>	4	Joven	23.7	43.3	23.3	0.77	0.33	54.6
	4	Madura	19.9	53.4	25.2	1.80	0.18	54.5
<i>G. sepium</i>	4	Joven	26.8	37.2	16.4	0.40	0.40	68.9
	4	Madura	21.5	43.1	18.6	0.93	0.20	68.1
<i>E. fusca</i>	4	Joven	21.4	39.8	29.2	0.38	0.30	59.0
	4	Madura	20.0	55.7	38.9	0.80	0.20	48.6
<i>C. fairchildiana</i>	4	Joven	18.0	41.1	31.0	0.32	0.28	35.9
	4	Madura	14.5	50.4	37.5	0.92	0.15	35.0
<i>C. siamea</i>	4	Joven	15.5	30.8	16.9	0.80	0.26	78.0
	4	Madura	15.1	37.5	24.7	2.50	0.18	57.8
<i>C. nodossa</i>	4	Joven	15.3	19.1	16.7	0.56	0.26	54.0
	4	Madura	14.7	26.1	21.6	1.72	0.16	48.8
<i>D. regia</i>	4	Joven	21.2	16.1	15.5	0.23	0.27	42.0
	4	Madura	16.8	28.0	17.8	0.99	0.14	40.1
<i>C. pelthosporoides</i>	4	Joven	8.7	45.2	30.0	1.00	0.24	36.4
	4	Madura	8.8	48.2	30.5	1.85	0.21	36.3
Fuente de Variación			Nivel de significancia					
especie			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
estado			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
estado x especie			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

PC = Proteína cruda; FND = Fibra neutra detergente; FAD = Fibra ácida detergente; Ca = Calcio; P = Fósforo; DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca (Tilley and Terry, 1963).

Cuadro 2. Contenido de taninos condensados solubles, insolubles y astringencia en hojas jóvenes y maduras de algunas especies arbóreas leguminosas que crecen en el Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Estado	Taninos condensados y reactividad (%)			
		TCS ¹	TCI ²	TCT ³	AST ⁴
<i>C. fairchildiana</i>	Jóven	13.7	7.7	21.4	8.4
	Madura	8.9	5.1	14.0	4.2
<i>L. leucocephala</i>	Jóven	4.3	2.5	6.8	4.2
	Madura	4.5	2.2	6.7	3.9
<i>C. calothyrsus</i>	Jóven	18.3	5.0	23.2	19.1
	Madura	17.4	5.3	22.7	15.2
<i>C. pelthosperoides</i>	Jóven	8.6	3.8	12.4	43.2
	Madura	7.8	2.8	10.6	27.5
<i>C. nodosa</i>	Jóven	26.9	6.4	33.3	24.6
	Madura	14.5	4.7	19.2	12.7
<i>D. regia</i>	Jóven	29.3	6.4	35.7	20.6
	Madura	30.4	4.9	35.3	16.5
Fuente de Variación		Nivel de significancia			
especie		0.01	0.01	0.01	0.01
estado		0.01	0.01	0.01	0.01
estado x especie		0.01	0.05	0.01	0.01

1. TCS = Taninos condensados solubles; 2. TCI = Taninos condensados insolubles; 3. TCT = Taninos condensados totales; 4. AST= Astringencia o grado de reactividad.

varió desde 0% en hojas jóvenes y maduras de *S. saman*, *P. juliflora*, *G. sepium*, *E. fusca* y *C. siamea* hasta 36% en hojas maduras de *D. regia*. El contenido de TC totales disminuyó con la madurez de las hojas, excepto en *D. regia*, que no presentó un efecto de madurez. El grado de reactividad de los taninos condensados fue mayor en hojas jóvenes con rangos entre 4% y 43% y entre 4% y 27% en hojas maduras. Las hojas de *L. leucocephala* presentaron el menor grado de reactividad

tanto en hojas jóvenes (4.24%) como maduras (3.90%).

El contenido de minerales varió según la especie y estado de madurez de la hoja. En general, los contenidos de Ca en hojas jóvenes variaron entre 0.22% y 1.0% y los de P entre 0.14% a 0.45%, mientras que las hojas maduras presentaron valores entre 0.44% y 2.5% para Ca y entre 0.13% y 0.21% para P. El contenido de Ca fue mayor en las hojas maduras de todas las especies leguminosas en estudio, por el contrario, el contenido de P disminuyó con la madurez de las hojas.

Composición química de especies no leguminosa

Tanto el contenido de PC como la DIVMS disminuyeron, mientras que la FND y FAD incrementaron con la edad de la planta (Cuadro 3).

En estas especies el contenido de PC varió entre 13% en hojas maduras de *H. rosasinensis* y 22% en hojas jóvenes de *T. gigantea*, mientras que el mayor contenido de FND (58% - 52%) y FAD (35 - 34%) se encontró en hojas jóvenes y maduras de *G. ulmifolia*. La especie *H. rosasinensis* presentó mayor DIVMS tanto en hojas jóvenes (83%) como maduras (77%), mientras que *G. ulmifolia* presentó la menor DIVMS en hojas jóvenes (43%) y maduras (42%).

Cuadro 3. Composición química y valor nutritivo en hojas jóvenes y maduras de algunas especies arbóreas no-leguminosas que crecen en el Valle del Cauca (Colombia).

Especie	No.	Estado	Composición química (%)					DIVMS (%)
			PC	FND	FAD	Ca	P	
<i>G. ulmifolia</i>	4	Joven	17.3	58.1	35.3	0.94	0.25	43.4
	4	Madura	13.1	51.6	34.8	2.56	0.19	42.2
<i>H. rosasinensis</i>	3	Joven	13.8	36.3	17.9	1.06	0.44	82.6
	3	Madura	12.9	45.1	19.8	2.17	0.55	77.4
<i>C. alliodora</i>	4	Joven	17.3	49.2	21.0	2.15	0.36	50.5
	4	Madura	13.4	45.9	28.2	5.53	0.36	48.7
<i>T. gigantea</i>	4	Joven	22.1	36.6	17.4	4.14	0.39	65.7
	4	Madura	14.8	38.6	19.8	6.27	0.23	63.7
Fuente de Variación		Nivel de significancia						
especie		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
estado		0.01	ns	0.01	0.01	ns	ns	
estado x especie		ns	0.01	0.05	ns	ns	ns	

PC = Proteína cruda; FND = Fibra neutra detergente; FAD = Fibra ácida detergente; Ca = Calcio; P = Fósforo; DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca.

El contenido de Ca incrementó con la madurez de las hojas en todas las especies, con un rango entre 2.2% y 6.3%. El contenido de P varió entre 0.25% y 0.44% en hojas jóvenes y entre 0.29% y 0.55% en hojas maduras.

Relación entre la composición química y la DIVMS

En hojas de leguminosas y no-leguminosas arbóreas se establecieron correlaciones entre los contenidos de FND, FAD y TC solubles e insolubles y la DIVMS (Cuadro 4). Para el análisis de correlación se utilizaron los valores promedio de DIVMS y los constituyentes químicos de cuatro repeticiones para cada estado de maduración de las hojas.

En general se observó que en ambos grupos de árboles (leguminosas y no-leguminosas) las fracciones de composición química utilizadas en el análisis explican una pequeña proporción (30%) de la variabilidad encontrada en DIVMS. En leguminosas el contenido de FND, FAD y los TC presentaron, como era de esperar, una relación negativa con la DIVMS, ocurriendo la mayor relación con la fracción de FAD ($r = -0.56$).

En el grupo de especies arbóreas no-leguminosas, al igual que para leguminosas, la FAD fue el constituyente químico que más se asoció con la DIVMS ($r = -0.82$), aún cuando sólo explica el 62% de la variabilidad en digestibilidad de este grupo de especies.

Cuadro 4. Correlación entre componentes químicos y digestibilidad in vitro en hojas de árboles de especies leguminosas y no leguminosas.

DIVMS ₁	FND ₂	FAD ₃	TCT ₄
Leguminosas	-0.22	-0.56	-0.40
No-leguminosas	-0.77	-0.82	—

1. DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia;
2. FND = Fibra neutra detergente;
3. FAD = Fibra ácida detergente;
4. TCS = Taninos condensados totales.

Discusión

Los resultados de este estudio muestran una gran variabilidad en los componentes nutritivos de especies arbóreas tanto leguminosas como no-leguminosas debido a diferencias entre especies y estado de maduración. Tanto *L. leucocephala* como *G. sepium* fueron las leguminosas con los mayores niveles de digestibilidad y proteína y con los más bajos contenidos de fibra. Sobresalieron también especies como *P. juliflora* y *C. siamea* por su alta digestibilidad y contenido de proteína. Sin embargo, es necesario mencionar que en este grupo, *C. siamea* se encuentra dentro de las especies que no fijan nitrógeno y que *L. leucocephala* y *G. sepium* son especies no adaptadas a suelos ácidos de baja fertilidad (Perdomo, 1991).

Otras leguminosas como *C. fairchildiana*, *C. calothyrsus*, y *C. pelthosporoides* presentaron un bajo contenido de PC, alto contenido de fibra y taninos, lo cual estuvo asociado con una muy baja digestibilidad. En contraste, *G. sepium*, *C. siamea*, *P. juliflora* presentaron un bajo contenido de FAD, ausencia de TC y una alta DIVMS. Por otra parte, *C. nodosa* y *D. regia*, a pesar de tener un muy bajo contenido de fibra, presentaron una digestibilidad bastante baja, lo cual posiblemente esté asociado con su alto contenido de TC. En Australia, Forwood y Owensby (1985) encontraron que la digestibilidad del forraje de especies arbóreas varía en función de la presencia o ausencia de taninos en el follaje.

Es importante resaltar que la digestibilidad de especies no-leguminosa (58%) fue mayor a la obtenida en leguminosas (50%); no obstante, y como era de esperar, sucedió lo contrario con el contenido de PC, siendo mayor en las leguminosas (19.4%) que en las no-leguminosa (15.7%) (Cuadro 5), lo que coincide con los resultados encontrados por Le Houerou (1980), Soedomo et al. (1986), Little et al. (1989) y Brewbaker (1986). Es evidente que aún en las especies no-leguminosa el contenido de proteína en el

Cuadro 5. Efecto del estado de madurez en la composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas que crecen en el Valle del Cauca (Colombia).

Especies	Estado	DIVMS ¹	PC ²	FND ³	FAD ⁴	TCT ⁵	Ca ⁶	P ⁷
Leguminosas	Joven	53.95 a*	21.21 a	32.12 b	21.65 b	22.18 a	0.51 b	0.29 a
	Madura	46.90 b	17.56 b	40.58 a	26.96 a	18.20 b	1.28 a	0.17 b
No-leguminosas	Joven	59.08 a	17.87 a	45.66 a	23.26 b	—	2.14 b	0.35 a
	Madura	56.70 a	13.57 b	45.32 a	26.04 a	—	4.26 a	0.32 a

* Promedios con letra distinta dentro de una misma columna no difieren en forma significativa ($P < 0.01$).

1. DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia; 2. PC = Proteína cruda; 3. FND = Fibra neutra detergente;

4. FAD = Fibra ácida detergente; 5. TCT = Taninos condensados totales; 6. Ca = Calcio; 7. P = Fósforo.

follaje fue superior que en los forrajes tradicionalmente utilizados en la alimentación animal, superando en más del doble al de la mayoría de las gramíneas tropicales (3% - 10%). Esto está de acuerdo con lo señalado por Benavides (1983) y Rodríguez et al. (1992) y sugiere un gran potencial de estas especies para uso como suplemento alimenticio para rumiantes. Además, los árboles no-leguminosa se caracterizaron por la ausencia de taninos en las hojas.

En el presente estudio se encontró una alta variación en los contenidos de Ca y P de hojas de especies leguminosas y no-leguminosas, lo cual coincide con los resultados obtenidos en Australia por Brewbaker (1986) trabajaron con varias especies utilizadas como alimento en sistemas de corte y acarreo o para ramoneo.

La astringencia de los taninos en especies de leguminosas disminuyó considerablemente con la maduración de la planta, lo cual puede ser explicado por un cambio en la naturaleza química de los fenoles con capacidad para ligar proteína. Lo anterior coincide con los resultados encontrados por Makkar et al. (1991) en estudios sobre la capacidad de los taninos presentes en hojas jóvenes y maduras para precipitar proteína de especies de roble.

Los resultados que muestran que la FAD fue la fracción química que más afectó negativamente la digestibilidad tanto de especies leguminosas ($r = -0.56$) como no leguminosas ($r = -0.82$), no eran previsibles, ya que se esperaba que la concentración de

TC sería la fracción química con mayor efecto negativo sobre la digestibilidad.

Conclusiones

Este estudio se encontró una alta variabilidad en el contenido de nutrientes y digestibilidad de algunas especies arbóreas adaptadas a las condiciones del Valle del Cauca, Colombia, debido tanto a la especie como al grado de maduración de la planta. Las leguminosas arbustivas *L. leucocephala*, *G. Sepium*, *P. juliflora* y *C. siamea* sobresalieron por su alto contenido de proteína y digestibilidad; mientras que entre las no-leguminosas sobresalieron *H. rosasinensis* y *T. gigantea* por su alto valor nutritivo, lo cual estuvo asociado con la ausencia de taninos. Tanto en especies leguminosas como no-leguminosas el nivel de FAD fue la fracción química más relacionada con digestibilidad, lo cual indica que es un parámetro clave en la evaluación de especies arbóreas como suplemento para rumiantes.

Summary

In a study to define the potential of different tree species as a source of feed for ruminant animals, immature and mature leaves were collected from 11 leguminous trees (*Gliricida sepium*, *Erithryna fusca*, *Clitoria fairchildiana*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora*, *Samanea saman*, *Cassia siamea*, *Cesalpineia pelthosperoides*, *Cassia nodosa* and *Delonix regia*) and four non-leguminous trees (*Guazuma ulmifolia*, *Trichantera gigantea*, *Cordia alliodora* e *Hibiscus rosasinensis*), grown in the Cauca Valley (Colombia) during the wet season. The

chemical composition (crude protein-CP, neutral detergent fiber-NDF, acid detergent fiber-ADF, condensed tannins-CT, and astringency) and in vitro digestibility (IVDMD) of forage was determined in freeze-dried samples. Quality parameters varied greatly among the different species and maturity. In general, mature leaves had lower CP content, higher fiber content and also lower IVDMD compared with immature leaves. As the best legumes were found *L. leucocephala*, *G. sepium*, *C. siamea* and *P. juliflora* with IVDMD ranged from 55 to 69% and CP contents from 15 to 31%. Species with high concentration of CT such as *C. fairchildiana*, *C. calothyrsus*, *C. pelthosperoides*, *C. nodossa* and *D. regia* were characterized by the lowest IVDMD (range 32 to 51%). Non-leguminous such as *H. rosasinensis* y *T. gigantea* had the highest IVDMD (65 and 80%). *T. gigantea* presented the highest CP content (18.5%), whereas, *G. ulmifolia* had the highest NDF (55%) and ADF (35%) contents. The IVDMD in leguminous and non-leguminous species was associated to ADF content ($r=-0.56$ and -0.82 , respectively). The CT content, a fraction commonly associated with low IVDMD in legumes, explained only the 16% of its variability.

Referencias

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemist, Washington D.C.
- Benavides, J. E. 1983. Investigación en árboles forrajeros. En: Babbar, L. (comp.). Curso Intensivo Agroforestal. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 11p.
- Brewbaker, J. L. 1986. Leguminous trees and shrubs for Southeast Asia and the South Pacific. En: G. J. Blair, D. A. Ivory and T. R. Evans (eds.). Forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture. Proceedings of an International Workshop held at Cisarua, Indonesia, ACIAR. p. 43.
- Devendra, C. 1988. Forage supplements: nutritional significance and utilization for draught, meat and milk production in buffaloes. En: Proceedings of the 2nd World Buffalo Congress. Vol. 2. New Delhi, India. Indian Council Agric. Res. p. 409-423.
- Forwood, H. R. and Owensby, C. E. 1985. Nutritive value of tree leaves in the kanas flint static. J. Range Manage. 38:61-64.
- Hagerman, A.E. 1987. Radial diffusion method for determining tannins in plants extracts. J. Chem. Ecol. 13:437-449.
- Ivory, D. A. 1989. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. En: Devendra, C. (ed.). Shrub and tree fodders for farm animals. Denpasar, Indonesia. Proceedings of a workshop. Ottawa, Canada. IDRC. p. 22-40.
- Lareo, L. R.; Barona, E.; and Sarria, A. 1990. Radial difussion as a screening method for tannin-protein binding capacity in foods and feeds. Proceedings XV International Conference of the Group Polyphenols. JIEP'90. University Louis Pasteur, Strasbourg, France. July 9-11. p. 248-252.
- Le Houèrou, H. N. 1980. Browse in Northern Africa. En: Le Houerou, H.N. (ed.). Browse in Africa selbstverlag. Addis Ababa, Ethiopia. International Livestock Centre for Africa. p. 261-297.
- Little, D. A.; Supriati, K.; and Petheram, R. J. 1989. Mineral composition of indonesian forages. Trinidad. Tropical Agriculture 66:33-37.
- Makkar, H. P.; Dawra, R. K.; and Singh, B. 1991. Tannin levels in leaves of some oak species at different stages of maturity. J. Sci. Food Agric. 54:513-519.

- Perdomo, P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Trabajo dirigido de grado en Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.
- Rodríguez, C.; Quiñones, J.; y Vargas, H. 1992. Evaluación de gramíneas de pastoreo en Cuyuta. En: Mejoramiento de sistemas de producción bovina de doble propósito en Guatemala. Guatemala. IICA. p. 29-30.
- Sapkota, M. 1988. Multipurpose tree species for small-farm use in Nepal. En: Withington, D.; MacDicken, K. G.; Sastry, C. B.; and Adams, N. R. (eds.). Multipurpose tree species for small-farm use. Proceedings of an International Workshop, 2-5 November, 1988. Pattaya, Thailand. p. 48-52.
- SAS. 1990. SAS/STAT User's Guide (4th ed.). SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Soedomo, R.; Ginting, P. M.; and Blair, G. J. 1986. Nonleguminous trees and shrubs as forage for ruminants. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; and Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asia and South Pacific agriculture. Proceedings of an International Workshop held at Cisarua, Indonesia, 19-23 August, 1985. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. ACIAR Proceedings no. 12:51-54.
- Tejwani, K. G. 1988. Small farmers, multipurpose trees and research in India. En: Withington, D.; MacDicken, K. G.; Sastry, C. B.; and Adams, N. R. (Eds.). Multipurpose tree species for small-farm use. Proceedings of an International Workshop. 2-5 November, 1988. Pattaya, Thailand. p. 13-25.
- Terrill, T. H.; Rowan, A. M.; Douglas, G. B.; and Barry, T. N. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. J. Sci. Food and Agric. 58:321-329.
- Tilley, J. M. and Terry, R. 1963. A two-stage technique for in vitro digestion of forage crops. J. Br. Gras. Soc. 18:104-111.
- Topark-Ngarm, A. and Gutteridge, R. C. 1986. Forages in Thailand. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; and Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asia and South Pacific agriculture. Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, 19-23 August, 1985. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia. ACIAR Proceedings no. 12:96-103.
- Turnbull, J. W. 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs: lesser-known species for fuelwood and agroforestry. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. ACIAR Monograph no. 1. 316 p.
- _____. 1987. Fodder potential of selected Australian tree species. Proceedings of an International Workshop, Forestry Training Centre, Gympie, Queensland, Australia, 4-7 August, 1986. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. ACIAR Proceedings no. 16.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Waterman, P. G.; Mbi, C. N.; McKey, D. B.; and Gartlan, J. S. 1980. African rainforest vegetation and rumen microbes: phenolic compounds and nutrients as correlates of digestibility. Oecologia 47:22-33.