



Pastos y Forrajes

ISSN: 0864-0394

marta@indio.atenas.inf.cu

Estación Experimental de Pastos y Forrajes

"Indio Hatuey"

Cuba

García, D.E.; Medina, María G.; Domínguez, C.; Soca, Mildrey
Composición química, factores antinutricionales potenciales y valor nutritivo de dos especies del
género *Pithecellobium*
Pastos y Forrajes, vol. 29, núm. 2, abril-junio, 2006, pp. 1-17
Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Matanzas, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121704006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Composición química, factores antinutricionales potenciales y valor nutritivo de dos especies del género *Pithecellobium*

D.E. García¹, María G. Medina², C. Domínguez¹ y Mildrey Soca³

¹ Área de Posgrado, Instituto para el Desarrollo de Sistemas Agrosustentables (IDESSA)
Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos", Apartado 4563
San Juan de los Morros, Estado Guárico, Venezuela
E-mail: dagamar8@hotmail.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela

³ Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba

Resumen

Se evaluó la composición fotoquímica integral y el valor nutritivo de la biomasa comestible de dos especies leguminosas (*Pithecellobium dulce* Roxb. (Benth.) y *Pithecellobium saman* Jacq. Benth.)) provenientes de la finca "El Reto", estado Trujillo, Venezuela, mediante un diseño totalmente aleatorizado y cinco réplicas. El forraje de *P. dulce* exhibió los niveles más elevados de celulosa, hemicelulosa, K, Ca, taninos totales, taninos que precipitan las proteínas y taninos condensados (9,58; 20,60; 1,45; 2,71; 3,02; 1,63 y 3,94% MS, respectivamente). El follaje de *P. saman* presentó considerables concentraciones de lignina ácido detergente (9,91% MS), fósforo total (0,60% MS), saponinas (3,85% MS), alcaloides (0,16% MS) y fósforo fítico (0,22% MS). Los valores de MS, PB, proteína verdadera, PB unida a la fracción fibrosa, FDN, FDA, carbohidratos solubles, nitrógeno no proteico, sodio, magnesio, cenizas, polifenoles totales y taninos hidrolizables, no mostraron diferencias significativas entre las arbóreas ($P < 0,05$). *P. dulce* presentó los mayores porcentajes de degradación de la MS (a + b: 77,3), degradabilidad a las 48 horas (68,5) y digestibilidad posruminal del nitrógeno (66,7). No se observaron diferencias sustanciales ($P < 0,05$) entre ambas especies para la velocidad de degradación de la MS y la degradabilidad de la PB y la FDN. Los resultados permiten concluir que la biomasa de *P. dulce*, aunque muestra características esencialmente polifenólicas, es un forraje de mejor calidad por presentar un mayor potencial de degradación de la MS y digestibilidad intestinal de la proteína. El menor valor nutritivo de *P. saman* quizás se deba a los considerables niveles de saponinas en su biomasa. Independientemente de las diferencias numéricas encontradas, el follaje de ambos árboles constituye una buena alternativa para la alimentación de los rumiantes.

Palabras clave: Antimetabolitos, *Phitecellobium*, valor nutritivo

Introducción

Debido a las bondades de las especies arbóreas en los sistemas de producción animal, uno de los aspectos más estudiados lo constituyen las evaluaciones del potencial nutricional de cada fuente forrajera. No obstante, la caracterización de los árboles, los arbustos y las especies promisorias para la ganadería tropical, en ocasiones, está limitada individualmente a aspectos bromatológicos (López y Montejo, 2005), análisis proximal y parámetros de valor nutritivo (Ramírez, García y González, 2003) o, en el mejor de los casos, en las determinaciones combinadas de los indicadores anteriores y cuantificaciones de polifenoles totales y taninos condensados (Pinto, Ramírez, Ku-Vera y Ortega, 2002). En este sentido, los resultados de las pruebas químicas, realizadas en una misma arbórea, se encuentran dispersos y/o se han llevado a cabo en condiciones experimentales muy diversas. Por tales motivos, en la mayoría de los casos no se pueden unificar criterios para comprender verdaderamente las ventajas y limitaciones en cada tipo de alimento.

Por otra parte, dentro de la familia *Leguminosae* el género *Pithecellobium* agrupa muchas especies de gran distribución en Latinoamérica que poseen un alto potencial de uso para los sistemas agroforestales. Al respecto, *Pithecellobium dulce* Roxb. (Benth.) y *Pithecellobium saman* Jacq. (Benth.) están entre los árboles más comunes en Venezuela y en otros países del Caribe. Asimismo, existen investigaciones puntuales en las cuales se ha evaluado su factibilidad como alimento suplementario y algunos indicadores de su composición química (Pinto, Gómez, Hernández, Medina, Martínez, Aguilar, Villalobos, Nahed y Carmona, 2003; Pedraza, La O, Estévez,

Guevara y Martínez, 2003). Sin embargo, se precisa conocer, de forma integrada, las principales características de su composición proximal, los niveles de posibles compuestos tóxicos y los principales indicadores del valor nutritivo en el follaje de estas especies.

Por tales motivos, el presente trabajo tuvo como propósito fundamental la determinación de la composición bromatológica, la cuantificación de los grupos de metabolitos secundarios mayoritarios y la estimación de algunos indicadores del valor nutritivo en la biomasa comestible de *P. dulce* y *P. saman*.

Materiales y Métodos

Características de la zona de muestreo

La recolección del material vegetal se realizó en el área forrajera de la finca "El Reto", perteneciente al núcleo "Rafael Rangel" de la Universidad de los Andes, ubicada en el municipio Pampán, estado Trujillo, Venezuela. El muestreo se llevó a cabo en cinco parcelas de 3 x 5 m, las cuales contenían las dos especies que se evaluaron. La precipitación promedio anual de la zona de muestreo es de 1 200 mm y la temperatura media de 27°C.

Recolección y preparación de las muestras

La fracción comestible (hojas y tallos finos de 180 días) de *P. dulce* y *P. saman* fue colectada, en igualdad de condiciones experimentales, a partir de plantas de cinco años de edad en el mes de febrero de 2004 a las 8:00 a.m. La totalidad del material se llevó de forma inmediata al laboratorio y se secó a temperatura ambiente, en un local ventilado y oscuro durante nueve días. Posteriormente se molinó hasta un tamaño de partícula de 1 mm y se almacenó en frascos herméticos hasta la realización de los análisis de laboratorio.

Mediciones analíticas

Bromatología

A cada muestra se le determinó el contenido de MS, proteína bruta (PB), PB unida a la FDN (FB-FDN), proteína verdadera (PV), P, K, Na, Ca, Mg y ceniza, mediante las metodologías propuestas por la AOAC (1990). La fracción fibrosa (FDN, FDA, lignina ácido detergente y celulosa) se cuantificó según los protocolos descritos por Van Soest, Robertson y Lewis (1991), los carbohidratos solubles (CHS) por la técnica de la Antrona/H₂SO₄ (García, 2003) y el nitrógeno no proteico (NNP) mediante la secuencia experimental descrita por Lezcano y González (2000).

Metabolitos secundarios

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se realizó por el método de Folin-Ciocalteu, basado en la reducción del ácido fosfomolibdico en medio básico (Makkar, 2003); los taninos totales (TT) y los que precipitan la proteína (TPP) por la metodología de la absorción sobre polímero sintético (polivinilpolipirrolidona) y el protocolo de la albúmina de suero bovino (BSA), respectivamente (Makkar, 2003; Makkar, Dawra y Singh, 1988); la cuantificación de los taninos condensados (TC) mediante el ensayo de nButanol/HCl/Fe³⁺ (Porter, Hrstich y Chan, 1986); y los taninos hidrolizables (TH), expresados como la suma de galotaninos y elagitaninos gálicos, mediante hidrólisis ácida en condiciones anaeróbicas y desarrollo de color con rodanina (Makker, 2003). Las concentraciones de alcaloides totales (AlcT) se determinaron por titulación ácida (Sotelo, Soto y Lucas, 1996) y las saponinas (Sap) empleando la extracción con metanol (80%) y posterior desarrollo de color con vainillina/H₂SO₄ (Hjai, Oura y Nakajima, 1976). Los niveles de fósforo fítico se cuantificaron mediante la metodología descrita por Godoy, Chicco, Meschy y Requena (2005): utilización de solución extractora [HCl(1,2%)+NaSO₄(10%)], adición de FeCl₃/HCl como agente precipitante, redisolución con HNO₃/H₂SO₄ y posterior calefacción con H₂O₂/HCl 3N.

Valor nutritivo

Las determinaciones de la MS (secado en estufa por 72 h), la PB (método Kjeldahl) y la FDN (tratamiento con surfactante neutro) se realizaron siguiendo las indicaciones de la AOAC (1990). La degradabilidad del primer indicador se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando cinco bolsas (50 micra) por cada tiempo de incubación (4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas). Se incubaron aproximadamente, 2 g de muestra en el rumen de tres ovinos de la raza Merino (97,4 ± 2,65 kg de peso vivo), los

cuales con anterioridad fueron adaptados a consumir el forraje de los dos árboles por 30 días, como suplemento de una dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon nlemfuensis*), concentrado comercial (170 g/animal/día) y agua a voluntad.

Los datos de degradabilidad de la MS se ajustaron según la ecuación propuesta por Ørskov y McDonald (1979): $p = a + b(1 - \exp^{-ct})$; para los cálculos se empleó el programa NAWAY (IFRU, Rowett Research Institute, UK, 1995).

En la ecuación: p-porcentaje de degradabilidad ruminal a tiempo (t)

a-fracción degradable en el $t = 0$

b-fracción insoluble, pero potencialmente degradable

c-velocidad de degradación (tasa de degradación de b)

Para medir la degradabilidad ruminal de la MS, la PB y la FDN se tuvo en cuenta el tiempo de incubación de 48 h y la digestibilidad posruminal *in vitro* de la PB, a partir del residuo de las bolsas incubadas (dos días); se empleó el procedimiento de los tres pasos (uso de pepsina y pancreatina), descrito por Calsamiglia y Etern (1995) y validado para su utilización en arbóreas forrajeras.

Diseño experimental y métodos estadísticos

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas. Para el ANOVA se utilizó la dúcima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) y las medias fueron comparadas para $P < 0,05$.

Resultados y Discusión

Análisis proximal

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis bromatológico en las especies evaluadas. Los niveles de MS, PB, PV, PB-FDN, FDN, FDA, CHS, NNP, Na, Mg y ceniza no mostraron diferencias significativas entre las especies. No obstante, *P. dulce* exhibió las mayores proporciones de celulosa, hemicelulosa, K y Ca; mientras que *P. saman* presentó una cantidad superior de lignina ácida detergente (LAD) y P.

Tabla 1. Composición bromatológica de la biomasa comestible de dos especies de *Pithecellobium*.
Table 1. Bromatological composition of the edible biomass of two *Pithecellobium* species.

Indicador (%)	Especie		ES $\pm$
	<i>P. dulce</i>	<i>P. saman</i>	
MS	45,65	47,73	3,28
PB	19,38	18,48	1,86
PV	15,60	14,64	1,03
PB-FDN	11,65	12,89	0,88
FDN	43,31	39,47	3,54
FDA	22,71	26,45	2,21
LAD	9,91 ^b	12,96 ^a	0,89*
Celulosa	9,58 ^a	7,82 ^b	0,94*
Hemicelulosa	20,60 ^a	13,02 ^b	2,32*
CHS	16,27	15,53	2,32
NNP	0,92	1,02	0,32
P	0,47 ^b	0,60 ^a	0,06*
K	1,45 ^a	0,88 ^b	0,09*
Na	0,22	0,16	0,08
Ca	2,71 ^a	2,10 ^b	0,09*
Mg	0,10	0,19	0,07
Ceniza	6,46	5,65	1,03

a,b Medias con superíndices desiguales, en una misma fila difieren estadísticamente mediante la dúcima de comparación de SNK para $P < 0,05^*$

Independientemente de las diferencias numéricas encontradas desde el punto de vista nutricional, ambas especies a los 180 días de rebrote se caracterizaron por presentar elevados niveles proteicos, una apreciable calidad de la proteína, adecuada fracción fibrosa y energética (CHS) y contenido de minerales similares o superiores a los informados en otras leguminosas típicas tales como leucaena, gliricidia y albizia (García, 2003).

Las diferencias encontradas en algunos de los componentes de la fracción fibrosa, sin dudas, están relacionadas con las particularidades de cada especie en cuanto a la biosíntesis de los derivados del alcohol coniferílico en el paso de condensación y formación de los heteropolímeros de lignina, y con las particularidades en la formación de la estructura secundaria de la pared celular de las leguminosas; ambos aspectos están regidos por el control genético y ambiental (Pineda, 2004).

Las diferenciadas proporciones de P, K y Ca, los cuales constituyen algunos de los macroelementos más importantes en muchas leguminosas, quizás se deban a los requerimientos particulares de cada especie para el funcionamiento de su metabolismo, aspecto que se encuentra estrechamente relacionado con la capacidad que tienen las plantas para adsorber selectivamente determinados cationes presentes en el suelo (Arzola y Fundora, 1992).

La cantidad de PB encontrada en ambas especies es comparable con los niveles clásicos de las leguminosas tropicales, y coincidente con las concentraciones informadas en *P. dulce* y *P. saman* por Pinto et al. (2002) y Pedraza et al. (2003), respectivamente.

Teniendo en cuenta los porcentajes obtenidos (N x 6,25), estas especies leguminosas también pueden ser consideradas como suplementos esencialmente proteicos en las dietas de mala calidad para los rumiantes. Dichos resultados coinciden con el alto porcentaje de nitrógeno encontrado en algunos árboles multipropósitos en África (El Hassan, Lahlou, Newbold y Wallace, 2000), en árboles promisorios en América del Sur (Baldizán, 2003), y en especies del continente asiático (Makkar y Becker, 1998).

Factores antinutricionales potenciales

Los resultados del análisis fotoquímico en el follaje de ambas especies se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de metabolitos secundarios mayoritarios en la biomasa comestible.
Table 2. Levels of the main secondary metabolites in the edible biomass.

Grupo de metabolitos (% MS)	Especie		ES ±
	<i>P. dulce</i>	<i>P. saman</i>	
FT ¹	2,96	2,53	0,66
TT ¹	2,62 ^a	1,42 ^b	0,21*
TPP ¹	1,63 ^a	0,82 ^b	0,18*
TC ²	4,54 ^a	2,03 ^b	0,85*
TH ³	0,04	0,06	0,08
Sap ⁴	1,78 ^b	3,85	0,83*
AlcT	0,05 ^b	0,16 ^a	0,04*
P fítico	0,12 ^b	0,22 ^a	0,04*

a,b Medias con superíndices desiguales, en una misma fila difieren estadísticamente mediante la dócima de comparación de SNK para P<0,05

¹ Como equivalente de ácido tánico (Merck)

² Como equivalente de leucocianidina

³ Como equivalente de ácido gálico (Merck)

⁴ Como equivalente de diosgenina/BDH

Los niveles de FT en las leguminosas coinciden con las concentraciones informadas en la mayoría de las arbóreas de mayor distribución tropical. Asimismo, la presencia cuantiosa de fenoles en las plantas de interés agrícola también ha sido reportada por muchos autores, debido fundamentalmente a que esos metabolitos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, cumpliendo funciones fisiológicas importantes en las plantas vasculares del trópico y el subtrópico (García, 2004).

No obstante, el conjunto de resultados recopilados por diferentes investigaciones, en la cuantificación de FT en las mismas especies, denotan variaciones numéricas, ocasionadas por los disímiles procedimientos analíticos, el

estado fenológico en que se encuentran las plantas y las diferentes edades de la biomasa, como aspectos fundamentales.

Al compararlas con las cuantificaciones realizadas en otras investigaciones, los resultados sitúan a las especies de *Pithecellobium* como plantas cuyos contenidos de FT son similares a los niveles cuantificados en algunas de las principales leguminosas empleadas para la producción animal en el Caribe (Valerio, 1994; García, 2003).

Sin embargo, sus concentraciones son inferiores a las de algunas de las especies de los géneros *Acacia* y *Calliandra*, las que presentan niveles de FT superiores a 8 y 6% de MS, respectivamente (Ahn, Elliott y Norton, 1997; Abdulrazak, Fujihara, Ondiek y Ørskov, 2000).

En ese sentido, los contenidos encontrados en *P. dulce* y *P. saman* no superan los límites críticos en los cuales ocasionan daños al buen funcionamiento digestivo de los rumiantes, lo que ha sido señalado en investigaciones realizadas mediante la técnica de producción de gases (Makkar, 2003).

Por otra parte, los niveles de TT en *P. dulce* se encuentran en el límite informado por Makkar (2003), en el cual se comienza a afectar la fermentación y el metabolismo animal. No obstante, la baja actividad biológica, expresada como la proporción de fenoles con características precipitantes, es un elemento positivo a tener en consideración al evaluar integralmente el potencial antinutritivo de la fracción polifenólica en dicha especie.

Asimismo, la concentración de TT en *P. saman* se encuentra en el rango en que estos metabolitos causan efectos beneficiosos en la nutrición de los poligástricos (Aerts, Barry y McNabb, 1999).

Considerando que en *P. dulce* los niveles de FT y TT son inferiores a las concentraciones de TC, los resultados sugieren que una buena parte de estos últimos presentan los grupos hidroxilos (causantes de la astringencia y la precipitación) glicosilados o impedidos para la oxidación, y que además deben tener un elevado peso molecular al perder la afinidad por la polivinilpolipirrolidona. Por tales motivos, una parte de los TC presentes no aparecen cuantificados mediante los protocolos para la determinación de los FT y los TT.

Basado en los resultados para los taninos con actividad biológica (precipitación con BSA), un porcentaje relativamente moderado de los taninos presentes en *P. dulce* y *P. saman* precipitan las proteínas, resultados que quizás corroboren lo planteado por Makkar (2003) con relación a que el análisis individual de las concentraciones de TC como indicador único, no es un indicador fidedigno para estimar las propiedades antinutricionales ni la calidad de ningún forraje arbóreo.

Desde el punto de vista nutricional este aspecto tiene una gran importancia, ya que las concentraciones de los TPP se encuentran en el rango en que no se afecta el buen funcionamiento ruminal; de esta manera aumenta la posibilidad de formación de proteína sobrepasante (*by pass*), manifestada clásicamente en una mayor respuesta animal (Makkar, 2003).

Asimismo, *P. dulce* y *P. saman* presentaron cantidades de TPP superiores a las encontradas en *Cassia siame*, *Vernonia amygdalina* y *Gliricidia sepium*, arbóreas promisorias para las regiones desérticas por presentar bajas concentraciones de compuestos fenólicos (Aregheore, Makkar y Becker, 1998).

Con relación a los valores de TC en las leguminosas estudiadas, las concentraciones son superiores a las informadas por Lamers, Buerkert, Makkar, Oppen y Becker (1996) en muestras de malezas ampliamente diseminadas en los subtrópicos (*Alysicarpus* sp., *Ovalifolius* sp., *Commelina forskalili*, *Eragrostis tremula* y *Zornia glochidiata*) y las reportadas por Makkar, Goodchild, Abd el Moneim y Becker (1996) en la biomasa de especies del género *Vicia*.

El nivel de TC en *P. dulce* es similar a los reportados en las arbóreas *Acacia nilotica* (3,6% MS) y *Carcinia indica* (4,1% MS), superiores a las cuantificaciones realizadas en la semilla de *P. saman* (0,3% MS) e inferiores a los niveles informados en la torta de *Madhuca indica* (8% MS) y la pulidura de *Panicum miliaceum* (12,4% MS).

No obstante, investigaciones recientes sugieren que la cuantificación de TC mediante el método de nButanol/HCl/Fe³⁺ parece no reflejar, en términos biológicos, las propiedades detrimentales de los taninos, debido a que puede existir mucha variabilidad en cuando al grado de polimerización, la conformación espacial y la proporción de monómeros (Makkar y Becker, 1994).

Con relación a las concentraciones de TH en el resumen realizado por Makkar (2003), de treinta y siete forrajeras evaluadas por el mismo método analítico en un proyecto integral de investigación, el 73% del total presentaron valores de TH inferiores a 0,5% MS, definido como insignificante desde el punto de vista de su repercusión fisiológica. Estos taninos, aunque han sido menospreciados en evaluaciones de calidad nutritiva por numerosos autores, también se unen a las proteínas, afectan la fermentación ruminal y pueden causar efectos adversos similares a los TC cuando se suministran en grandes cantidades. Asimismo, los valores encontrados en

P. dulce y *P. saman* son muy inferiores a las cuantificaciones realizadas en algunos árboles y arbustos representativos en los sistemas silvopastoriles de otras latitudes, tales como *Dichrostachys cinerea* (marabú: 0,73% MS), *Acacia giraffae* (1,6% MS), *Calliandra calothyrsus* (2,0%MS) y *Eucalyptus macrophylla* (3,6% MS).

Al analizar las Sap, la concentración en las hojas y los tallos tiernos de *P. saman* fue muy alta si se compara con los niveles exhibidos por su fruto (1,7% MS) y los de *Enterolobium cyclocarpum* (1,9% MS). No obstante, dicha concentración es inferior a la informada en la legumbre de *Sapindus saponaria* (jaboncillo) en pruebas de metabolismo (Hess, Kreuzer, Díaz, Lascano, Carulla, Soliva y Machmuller, 2003). Los niveles de *P. dulce* coinciden con los informados por Makkar, Becker, Abel y Pawelski (1997), considerados como intermedios, en la semilla de numerosas variedades de *Vicia faba*.

Considerando que las Sap, en sentido general, son compuestos inhibidores del consumo, presentan propiedades espumantes y defaunantes, y constituyen fuertes interferencias en la absorción intestinal (García, 2004), la fracción comestible de *P. saman* debe ser manejada con cuidado en los sistemas de alimentación, con el fin de evitar trastornos en el metabolismo digestivo de los animales. No obstante, se necesita realizar mediciones de otros indicadores que describen sus propiedades biológicas, tales como la actividad hemolítica, para poder dilucidar su verdadero efecto en la fisiología ruminal. Por otra parte, algunos autores han informado propiedades pronutricionales en animales que consumen cantidades moderadas de estos metabolitos secundarios (Aregheore, 2005).

Los valores obtenidos en *P. saman*, en crecimiento en las condiciones edafoclimáticas del Pie de Monte Venezolano, coinciden con los encontrados en Cuba en plantaciones de esta especie a los 160 días de rebrote (García y Medina, 2005), lo que sugiere que las concentraciones de Sap en esta leguminosa no varían sustancialmente con las diferentes condiciones ambientales, quizás por encontrarse directamente relacionadas con los procesos de crecimiento y la protección interespecífica (Marcano y Hasegawa, 1991).

La presencia de alcaloides en forma notable se observó en ambas especies, resultados que apoyan la hipótesis de que los compuestos alcaloidales se encuentran presentes en la mayoría de los organismos vegetales. Estas estructuras nitrogenadas se encuentran principalmente en plantas dicotiledóneas, y de forma particular en las leguminosas forrajeras del género *Erythrina* (Sotelo, Contrera y Flores, 1995).

Los niveles de AlcT de *P. dulce* y *P. saman* son inferiores a los encontrados en once especies del género *Albizia* y coinciden, en buena medida, con las cantidades halladas en *Azadirachta indica*, *Moringa oleifera*, *Morus alba* y *Trichanthera gigantea*.

Con relación a los niveles de P fítico, la concentración encontrada en *P. dulce* es similar a la reportada por Godoy et al. (2005) al evaluar este grupo de antinutrientes en algunos alimentos empleados en Venezuela para la alimentación de los rumiantes, principalmente cereales, tales como maíz, sorgo y pulidura de arroz. Por otra parte, el nivel exhibido por *P. saman* se encuentra en el orden descrito por los mismos autores para las harinas de semillas de algunas oleaginosas importantes (algodón, soya y coco) y para diversos subproductos y granos.

Si bien es conocido que las concentraciones de ácido fítico varían entre los diferentes cultivares, los tipos de suelo, el clima y las partes de la planta, cuando las concentraciones son similares a las encontradas en este estudio los fitatos son fermentados (hidrolizados) por las bacterias ruminales sin causar efecto deletéreo (Raun, Cheng y Burroughs, 1956). Por tales motivos, estos metabolitos no deben influir en la disponibilidad de los minerales que se encuentran en mayor cuantía (Ca, Mg, Na y K) ni tampoco afectar la absorción de micronutrientes tales como Cu, Mn, Zn y Fe (Ellis y Tillman, 1960).

No obstante, sería necesario realizar estudios en los cuales se cuantifique la actividad fitásica para dilucidar la verdadera disponibilidad del fósforo (Pointillart, 1994).

Adicionalmente, los contenidos de fósforo fítico en *P. dulce* y *P. saman*, en sentido general, fueron inferiores a los resultados cuantitativos y a los porcentajes relativos (fósforo fítico/fósforo total) informados por Eeckhout y de Paepe (1994) en estudios generales de calidad nutritiva.

Valor nutritivo

Con relación a la calidad nutricional de las especies evaluadas, la tabla 3 muestra las diferencias encontradas en ambas leguminosas.

P. dulce exhibió mayor degradabilidad de la MS a tiempo cero (a), fracción potencialmente degradable (b), potencial de degradación (a + b), y un aporte superior de nitrógeno a las partes bajas del tracto gastrointestinal.

Tabla 3. Valor nutritivo del follaje de dos especies de *Pithecellobium*.
Table 3. Nutritive value of the foliage of two *Pithecellobium* species.

Indicador	Especie		ES $\pm$
	<i>P. dulce</i>	<i>P. saman</i>	
Parámetro de degradabilidad <i>in situ</i> de la MS			
a (%)	51,7 ^a	41,2 ^b	2,4*
b (%)	25,6 ^a	12,2 ^b	2,1*
a + b (%)	77,3 ^a	53,4 ^b	4,4*
c (h-1)	0,096	0,109	0,012
Degradabilidad a las 48 h (%)			
MS	68,5 ^a	51,2 ^b	3,8*
PB	62,2	65,6	2,6
FDN	68,9	71,8	3,3
Digestibilidad intestinal <i>in vitro</i> (%)			
PB	66,7 ^a	31,2 ^b	3,1*

a,b Medias con superíndices desiguales, en una misma fila difieren estadísticamente mediante la dócima de comparación de SNK para $P < 0,05$

a: Fracción degradable en el $t = 0$

b: Fracción insoluble, pero potencialmente degradable

a + b: Potencial de degradación

c: Velocidad de degradación (tasa de degradación de b)

Teniendo en cuenta que la degradabilidad ruminal de los forrajes, incluyendo los árboles, está estrechamente relacionada con el consumo y la digestibilidad de los rumiantes en las condiciones naturales (Larbi, Smith, Raji, Kurdi, Adekunle y Lapido, 1997), es muy importante dilucidar las particularidades fermentativas de cada especie para realizar un uso racional de su biomasa.

En este sentido, los elevados porcentajes del parámetro *a* quizás se encuentren relacionados con la considerable proporción de nutrimentos solubles y la relativamente baja fracción fibrosa (FDN, FDA, LAD y celulosa), aspecto señalado por Pinto et al. (2002) al evaluar un numeroso grupo de árboles en el sudeste de México.

La mayor porción insoluble, pero potencialmente degradable (b), de *P. dulce* con relación a *P. saman*, quizás esté relacionada con la baja actividad biológica en términos cuantitativos de la fracción polifenólica (TPP y TC) y los relativamente bajos niveles de Sap que, quizás en el caso de *P. saman*, pueden haber influido drásticamente en la proporción de microorganismos ruminales, específicamente la población de protozoos.

Asimismo, los porcentajes del parámetro *b* son inferiores a los estimados por Estévez et al. (2004) en variedades de especies forrajeras no leguminosas (*Polyscias guilfoylei*) y por González y Cáceres (2002) en *M. alba*, especies con bajos e insignificantes valores TT y TC.

Por otra parte, el potencial de degradación de ambos forraje es adecuado y se encuentra en el rango de otras leguminosas que contienen polifenoles en su biomasa, tales como *Leucaena*, *Acacia* y *Ficus* (Pinto et al., 2002).

Un aspecto importante que se debe señalar es que el mayor potencial de degradación lo presentó la especie con más cantidad de estructuras polifenólicas. Estos resultados contradicen, en parte, los informes clásicos emitidos por algunos autores con relación a que las especies con elevadas concentraciones de polifenoles presentan una menor degradación de sus fracciones nutritivas (Ben Salem, Nefzaoui, Ben Salem y Tisserand, 1999; Abdulrazak et al., 2000). El análisis de las propiedades químico-físicas y los indicadores de la actividad biológica de estos compuestos constituyen los aspectos fundamentales para dilucidar la verdadera relación de los taninos con el valor nutritivo de los forrajes.

En este sentido, la poca cantidad de TPP en relación con la concentración de TT en el follaje de *P. dulce* con las proteínas, constituye uno de los motivos fundamentales por los cuales esta leguminosa presenta un potencial nutritivo elevado y una considerable degradabilidad de la MS a las 48 horas.

Con relación a la degradación de la fracción proteica, los resultados coinciden, de manera general, con los informados en la biomasa de *P. dulce*, *Genipa americana* y *Erythrina goldmanii*, y en el fruto de *Leucaena leucocephala* y *Acacia milleriana* por Pinto et al. (2002). No obstante, los referidos autores utilizaron un tiempo de incubación de 24 horas.

Considerando la digestibilidad del nitrógeno no degradado en el rumen, *P. dulce* presentó un mayor porcentaje con respecto a *P. saman*. Adicionalmente, la baja proporción de nitrógeno digerido en las partes bajas del tracto

gastrointestinal en la última especie, coincide con lo obtenido por Pedraza, La O, Estévez, Guevara y Martínez (2003) en las condiciones de Cuba.

Al respecto, Kaitho, Umunna, Nsahlai, Tamminga y Van Bruchem (1997) hallaron que, en sentido general, el aporte de nitrógeno al intestino de los rumiantes varía en dependencia de la cantidad de fenoles presentes en su biomasa. En este sentido, la proporción superior de TPP y TC en *P. dulce* quizás se encuentre relacionada con la mayor digestibilidad intestinal de la proteína, debido a la ruptura del complejo tanino-proteína (dependiente del pH, la estructura del tanino y la actividad microbiana) después de su llegada al abomaso.

Independientemente de los mejores resultados de *P. dulce* en cuanto a su digestibilidad intestinal *in vitro*, la mayor parte de la fracción proteica en ambos follajes fue fermentada por el ecosistema ruminal y los aportes al intestino fueron significativamente menores.

Conclusiones

La biomasa comestible de *P. dulce* y *P. saman* presenta buena calidad bromatológica, fundamentalmente, en términos de la fracción proteica, fibrosa y su contenido de minerales. No obstante, *P. dulce* tiene características esencialmente polifenólicas por presentar considerables niveles de taninos; mientras que *P. saman* se distingue por sus apreciables niveles de saponinas. En sentido general, el follaje de *P. dulce* presenta un mayor valor nutritivo, comparado con *P. saman*, ya que independientemente de la presencia cuantiosa de compuestos polifenólicos en el primero, estos presentan poca capacidad para precipitar las proteínas. Aunque se observaron diferencias numéricas entre la mayoría de los indicadores evaluados para ambos forrajes, *P. dulce* y *P. saman* constituyen buenas opciones para la alimentación de los rumiantes.

Recomendaciones

Realizar un uso más intensivo de estas fuentes de alimento y diseñar pruebas de metabolismo en condiciones de experimentación con pequeños y grandes rumiantes, en las cuales se determine su factibilidad alimentaria.

Referencias bibliográficas

- Abdulrazak, S.S.; Fujihara, T.; Ondiek, J.K. & Ørskov, E.R. 2000. Nutritive evaluation of some *Acacia* tree leaves from Kenya. **Anim. Feed Sci. Technol.** 85:89
- Aerts, R.J.; Barry, T.N. & McNabb, W.C. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 75:1
- Ahn, J.; Elliott, R. & Norton, B. 1997. Oven drying improves the nutritional value of *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* as supplements for sheep given low. **J. Sci. Agric.** 75:503
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C. USA. 500 p.
- Aregheore, E.M. 2005. Effect of *Yucca schidigera* saponin on the nutritive value of urea-ammoniated maize stover and its feeding value when supplemented with forage legumes (*Calliandra calothyrsus*) for goats. **Small Rum. Res.** 56:95
- Aregheore, E.M.; Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1998. Feed value of some browse plants from Central Zone of Delta State Nigeria. **Trop. Sci.** 38:97
- Arzola, M. & Fundora, F. 1992. Agroquímica. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 300 p.
- 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 presentada en opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Maracay, Aragua, Venezuela. 288 p.
- Ben Salem, H.; Nefzaoui, A.; Ben Salem, L. & Tisserand, J.L. 1999. Intake digestibility, urinary excretion of purine derivatives and growth by sheep given fresh, air-dried or polyethylene glycol-treated foliage of *Acacia cianophylla* Lind. **Anim. Feed Sci. Technol.** 98:297
- Calsamiglia, S. & Etern, M.D. 1995. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **J. Anim. Sci.** 73:1459
- Eeckhout, W. & Paepe, M. de. 1994. Total phosphorus, phytates-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Anim. Feed Sci. Technol.** 47:19

- El Hassan, S.M.; Lahlou, A.; Newbold, C.J. & Wallace, R.J. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. **Anim. Feed Sci. Technol.** 86:27
- Ellis, L.C. & Tillman, A.D. 1960. Utilization of phytin phosphorus in wheat bran by sheep. **J. Anim. Sci.** 50:606
- Estévez, O.V.; Pedraza, R.M.; Guevara, R.V. & Parra, C.E. 2004. Composición química y degradabilidad ruminal del follaje de tres variedades de *Polyscias guilfoylei* en la época de seca. **Pastos y Forrajes.** 27:177
- García, D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. **Pastos y Forrajes.** 27:101
- García, D.E. & Medina, María Gabriela. 2005. Contenido antinutricional de la biomasa comestible en especies forrajeras del género *Albizia*. **Zootecnia Tropical.** 23 (4):345
- Godoy, Suspira, Chicco, C.; Meschy, F. & Requeña, Fanny. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. **Interciencia.** 30 (1):24
- González, E. & Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. **Pastos y Forrajes.** 25:15
- Hess, H.D.; Kreuzer, M.; Díaz, T.E.; Lascano, C.E.; Carulla, D.E.; Soliva, C. & Machmuller, A. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. **Anim. Feed Sci. Technol.** 109:79
- Hiai, S.; Oura, H. & Nakajima, T. 1976. Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. **Planta Medica.** 29 (2):116
- Kaitho, R.J.; Umunna, N.N.; Nsahlai, I.V.; Tamminga, S. & Van Bruchem, J. 1997. Utilization of browse supplements with varying tannin levels by Thiopian Menz sheep. I. Intake, digestibility and live weight changes. **Agroforestry Systems.** 39:145
- Lamers, J.A.; Buerkert, H.P.S.; Makkar, M.V.; Oppen, I. & Becker, K.I. 1996. Biomass production, feed economic value of fodder weeds as by-products of millet. **Exp. Agric.** 32:317
- Larbi, A.; Smith, J.W.; Raji, A.M.; Kurdi, I.O.; Adekunle, I.O. & Lapido, P. 1997. Seasonal dynamic in dry matter degradation of browse in cattle, sheep and goats. **Small Ruminant Res.** 25:129
- Lezcano, S.Q. & González, R. 2000. Metodología para la evaluación de alimentos de consumo animal. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 93 p.
- López, O. & Montejo, I.L. 2005. Evaluación de indicadores productivos en conejas mestizas alimentadas con morera y otros forrajes. **Pastos y Forrajes.** 28:163
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Klumer Academic Publishers. Netherlands. 102 p.
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1994. Isolation of tannins from trees and shrubs and their properties. **J. Agric. Food Chem.** 42:731
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity?. **Agroforestry Systems.** 40 (1):59
- Makkar, H.P.S.; Becker, K.; Abel, E. & Pawelzik, E. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factor in some colour-and white- flowering cultivars of *Vicia faba* beans. **J. Sci. Food Agric.** 45:511
- Makkar, H.P.S.; Dawra, R.K. & Singh, B. 1988. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. **J. Agric. Food Chem.** 36:523
- Makkar, H.P.S.; Goodchild, A.V.; ABD-El-Monein, A.M. & Becker, K. 1996. Cell-constituents, tannin levels by chemical and biological assays and nutritional value of some legume foliage and straws. **J. Sci. Food Agric.** 71:129
- Marcano, D. de & Hasegawa, M. 1991. Fitoquímica orgánica. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 451 p.
- Mehrez, A.Z. & Ørskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **J. Agric. Sci.** 88:645
- Ørskov, E.R. & Mc Donald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.** 92:499
- Pedraza, R.M.; La O, O.; Estévez, J.; Guevara, G. & Martínez, S. 2003. Nota técnica: Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. **Pastos y Forrajes.** 26:237

- Pineda, M. 2004. Resúmenes de Fisiología Vegetal. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 204 p.
- Pinto, R.; Gómez, H.; Hernández, A.; Medina, F.; Martínez, B.; Aguilar, V.H.; Villalobos, I.; Nahed, J. & Carmona, J. 2003. Preferencia ovina de árboles forrajeros del Centro de Chiapas, México. **Pastos y Forrajes**. 26:329
- Pinto, R.; Ramírez, L.; Ku-Vera, J.C. & Ortega, L. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. **Pastos y Forrajes**. 25:171
- Pointillart, A. 1994. Phytates, Phytase: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. **Prod. Anim.** 7:29
- Porter, L.J.; Hrstich, L.N. & Chan, B.G. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cianidin and delphinidin. **Phytochemistry**. 25:223
- Ramírez, R.G.; García, G. & González, H. 2003. Valor nutritivo y digestión ruminal del zacatel buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.). **Pastos y Forrajes**. 26:149
- Raun, A.; Cheng, E. & Burroughs, W. 1956. Phytates phosphorus hydrolysis and availability to rumen microorganism. **J. Agric. Food Chem.** 4:869
- Sotelo, A.; Contrera, E. & Flores, S. 1995. Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes of Yucatan Peninsula. **Plant Food**. 47:115
- Sotelo, A.; Soto, M. & Lucas, B. 1996. Comparative studies of the alkaloids composition of two Mexican *Erythrina* species and nutritive value of the detoxified seeds. **J. Agric. Food Chem.** 41:2340
- Valerio, Silvia. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. **Agroforestería en las Américas**. Julio-septiembre: 1 (3):10
- Van Soest, P.J.; Robertson, J. & Lewis, B. 1991. Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74:3583

Recibido el 28 de noviembre del 2005

Aceptado el 23 de febrero del 2006

Chemical composition, potential antinutritional factors and nutritive value of two species of the *Pithecellobium* genus

D.E. García¹, María G. Medina², C. Domínguez¹ y Mildrey Soca³

¹ Área de Posgrado, Instituto para el Desarrollo de Sistemas Agrosustentables (IDESSA)
Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos", Apartado 4563
San Juan de los Morros, Estado Guárico, Venezuela
E-mail: dagamar8@hotmail.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela

³ Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba

Abstract

The integral photochemical composition and the nutritive value of the edible biomass of two legume species (*Pithecellobium dulce* Roxb. (Benth.) and *Pithecellobium saman* Jacq. (Benth.)) from the "El Reto" farm, Trujillo state, Venezuela, were evaluated by means of a completely randomized design and five replications. The forage of *P. dulce* showed the highest levels of cellulose, hemicellulose, K, Ca, total tannins, protein precipitable tannins and condensed tannins (9,58; 20,60; 1,45; 2,71; 3,02; 1,63 and 3,94% DM, respectively). The foliage of *P. saman* showed considerable concentrations of acid detergent lignin (9,91% DM), total phosphorus (0,60% DM), saponins (3,85% DM), alkaloids (0,16% DM) and phytic phosphorus (0,22% DM). The values of DM, CP, true protein, CP bound to the fibrous fraction, NDF, ADF, soluble carbohydrates, non protein nitrogen, sodium, magnesium, ash, total polyphenols and hydrolyzable tannins, did not present significant differences between the trees ($P < 0,05$). *P. dulce* showed the highest percentages of DM degradation (a + b: 77,3), degradability at 48 hours (68,5) and post-ruminal digestibility of nitrogen (66,7). No substantial differences were observed ($P < 0,05$) between both species for the degradation rate of DM and degradability of CP and NDF. The results allow to conclude that the biomass of *P. dulce*, although showing essentially polyphenolic characteristics, is a better quality forage, as it presents a higher degradation potential of DM and intestinal degradation of protein. The lower nutritive value of *P. saman* may be due to the considerable levels of saponins in its biomass. Independently from the numerical differences found, the foliage of both trees is a good choice for ruminant feeding.

Key words: Antimetabolites, nutritive value, *Pithecellobium*

Introduction

Because of the benefits of tree species in animal production systems, one of the most studied aspects is the evaluation of the nutritional potential of each forage source. However, the characterization of trees, shrubs and promising species for tropical livestock is sometimes individually limited to bromatological aspects (López and Montejo, 2005), proximal analysis and parameters of nutritive value (Ramírez, García and González, 2003) or, as best, the combined determinations of the above-mentioned indicators and quantifications of total polyphenols and condensed tannins (Pinto, Ramírez, Ku-Vera and Ortega, 2002). In this sense, the results of the chemical tests, performed on the same tree, are widespread and/or have been carried out under very different experimental conditions. For such reasons, in most of the cases the criteria can not be unified in order to understand fully the advantages and limitations of each type of feedstuff.

On the other hand, within the *Leguminosae* family the *Pithecellobium* genus includes many species widely distributed in Latin America, which have a high potential for the use in agroforestry systems. Regarding this, *Pithecellobium dulce* Roxb. (Benth.) and *Pithecellobium saman* Jacq. (Benth.) are among the most common trees in Venezuela and other countries of the Caribbean. Likewise, there are some studies in which their feasibility as supplementary feedstuff and some indicators of their chemical composition have been researched (Pinto, Gómez, Hernández, Medina, Martínez, Aguilar, Villalobos, Nahed and Carmona, 2003; Pedraza, La O, Estévez, Guevara and Martínez, 2003). However, it is necessary to know, integrally, the main characteristics of

their proximal composition, the levels of possible toxic compounds and the main indicators of the nutritive value in the foliage of these species.

For such reasons, this work had as its main purpose the determination of the bromatological composition, the quantification of the groups of main secondary metabolites and the estimation of some indicators of the nutritive value in the edible biomass of *P. dulce* and *P. saman*.

Materials and Methods

Characteristics of the sampling zone

The collection of the plant material was carried out in the forage area of the “El Reto” farm, belonging to the “Rafael Rangel” nucleus of the University of the Andes, located in the Pampán municipality, Trujillo state, Venezuela. The sampling was carried out in five 3 x 5 m plots, which contained the two species evaluated. Annual mean rainfall of the sampling zone is 1 200 mm and mean temperature is 27°C.

Collection and preparation of the samples

The edible fraction (leaves and thin stems 180 days old) of *P. dulce* and *P. saman* was collected, under equal experimental conditions, from five-year-old plants in February, 2004, at 8:00 a.m. All the material was taken immediately to the laboratory and dried at ambient temperature, in a ventilated and dark room for nine days. Afterwards, it was ground to a particle size of 1 mm and was stored in airtight flasks until the performance of the laboratory analyses.

Analytical measurements

Bromatology

The content of DM, crude protein, CP bound to NDF (CP-NDF), true protein (TP), P, K, Na, Ca, Mg and ash, was determined to each sample, by means of the methodologies proposed by the AOAC (1990). The fibrous fraction (NDF, ADF, acid detergent lignin and cellulose) was quantified according to the protocols described by Van Soest, Robertson and Lewis (1991), soluble carbohydrates through the Anthrone/H₂SO₄ technique (García, 2003) and the non protein nitrogen by means of the experimental sequence described by Lezcano and González (2000).

Secondary metabolites

The quantification of total polyphenols (TPh) was performed by the Folin-Ciocalteu method, based on the reduction of the phosphomolybdic acid in basic medium (Makkar, 2003); total tannins (TT) and protein precipitable tannins (PPT) through the methodology of absorption over synthetic polymer (polyvinylpyrrolidone) and the protocol of the bovine serum albumin (BSA), respectively (Makkar, 2003; Makkar, Dawra and Singh, 1988); the quantification of condensed tannins was done by the nButanol/HCl/Fe³⁺ assay (Porter, Hrstich and Chan, 1986); and hydrolyzable tannins (HT), expressed as the addition of gallotannins and gallic ellagitannins, through acid hydrolysis under anaerobic conditions and development of color with rhodanine (Makkar, 2003). The concentrations of total alkaloids (TAlk) were determined by means of acid titration (Sotelo, Soto and Lucas, 1996) and saponins (Sap), using the extraction with methanol (80%) and later development of color with vanillin/H₂SO₄ (Hjai, Oura and Nakajima, 1976). The levels of phytic phosphorus were quantified through the methodology described by Godoy, Chicco, Meschy and Requena (2005): use of extracting solution [HCl (1,2%) + NaSO₄ (10%)], addition of FeCl₃/HCl as precipitating agent, redissolution with HNO₃/H₂SO₄ and later calefaction with H₂O₂/HCl 3N.

Nutritive value

The determinations of DM (drying in the stove for 72 hours), CP (Kjeldahl method) and NDF (treatment with neutral surfactant) were carried out according to the indications of AOAC (1990). The degradability of the first indicator was estimated through the procedure of nylon bags in rumen (Mehrez and Ørskov, 1977), using five

bags (50 micra) for every incubation period (4, 8, 16, 24, 48, 72 and 96 hours). Approximately 2 g of sample were incubated in the rumen of three Merino breed sheep ($97,4 \pm 2,65$ kg live weight), which had been previously adapted to eat the forage from the two trees for 30 days, as supplement of a basal diet constituted by hay *ad libitum* (*Cynodon nlemfuensis*), commercial concentrate (170 g/animal/day) and water at will.

The data of DM degradability were adjusted according to the equation proposed by Ørskov and McDonald (1979): $p = a + b(1 - \exp^{-ct})$; for the calculations the program NAWAY (IFRU, Rowett Research Institute, UK, 1995) was used.

In the equation; p—percentage of ruminal degradation at time (t)

a—degradable fraction in $t = 0$

b—insoluble fraction, but potentially degradable

c—degradation rate (degradation rate of b)

In order to measure the ruminal degradability of DM, CP and NDF, the 48 h incubation period and the *in vitro* post-ruminal digestibility of CP, from the residue of the bags incubated (two days) were taken into account; the three-step procedure (use of pepsin and pancreatin), described by Calsamiglia and Etern (1995) and validated for its use in forage trees, was used.

Experimental design and statistical methods

A completely randomized design with five replications was used. For the ANOVA the comparison test of Student-Newman-Keuls (SNK) was used and the means were compared for $P < 0,05$.

Results and Discussion

Proximal analysis

Table 1 shows the results of the bromatological analysis in the species evaluated. The levels of DM, CP, LW, CP-NDF, NDF, ADF, SCH, NPN, Na, Mg and ash did not show significant differences between the species. However, *P. dulce* exhibited the highest proportions of cellulose, hemicellulose, K and Ca; while *P. saman* showed a higher quantity of acid detergent lignin (ADL) and P.

Independently from the numerical differences found from the nutritional point of view, both species 180 days after regrowth presented high protein levels, a remarkable protein quality, adequate fibrous and energetic fraction (SCH) and mineral content similar to or higher than the ones reported in other typical legumes such as leucaena, gliricidia and albizia (García, 2003).

The differences found in some of the components of the fibrous fraction, undoubtedly, are related to the particularities of each species regarding the biosynthesis of the derivatives of the coniferilic alcohol in the step of condensation and formation of the heteropolymers of lignin, and with the particularities in the formation of the secondary structure of the cell wall of legumes; both aspects are ruled by genetic and environmental control (Pineda, 2004).

The differentiated proportions of P, K and Ca, which constitute some of the most important macroelements in many legumes, may be due to the particular requirements of each species for the functioning of their metabolism, aspect that is closely related to the capacity of the plants of selectively absorbing certain cations present in the soil (Arzola and Fundora, 1992).

The CP quantity found in both species is comparable to the classical levels of tropical legumes, and coincides with the concentrations reported in *P. dulce* and *P. saman* by Pinto et al. (2002) and Pedraza et al. (2003), respectively.

Taking into consideration the percentages obtained ($N \times 6,25$), these legume species may also be considered essentially protein supplements in low quality diets for ruminants. Such results coincide with the high nitrogen percentage found in some multipurpose trees in Africa (El Hassan, Lahlou, Newbold and Wallace, 2000), in promising trees in South America (Baldizán, 2003), and in species of the Asian continent (Makkar and Becker, 1998).

Potential antinutritional factors

The results of the photochemical analysis in the foliage of both species are shown in table 2.

The levels of TPh in the legumes coincide with the concentrations reported in most of the trees that are more widely distributed in the tropics. Likewise, the abundant presence of phenols in plants useful for agriculture has also been reported by many authors, mainly because those metabolites are widely distributed in the plant kingdom, fulfilling important physiological functions in the vascular plants of the tropics and subtropics (García, 2004).

However, the group of results compiled by different studies, in the quantification of TPh in the same species, show numerical variations, caused by the different analytical procedures, the phenological state of the plants and the different ages of the biomass, as fundamental aspects.

When compared to the quantifications carried out in other studies, the results present the *Pithecellobium* species as plants whose TPh contents are similar to the levels quantified in some of the main legumes used for animal production in the Caribbean (Valerio, 1994; García, 2003).

Nevertheless, their concentrations are lower than those of some species of the genera *Acacia* and *Calliandra*, which show TPh levels higher than 8 and 6% DM, respectively (Ahn, Elliott and Norton, 1997; Abdulrazak, Fujihara and Ørskov, 2000).

In this sense, the contents found in *P. dulce* and *P. saman* do not exceed the critical limits in which they cause damage to the good digestive functioning of ruminants, which has been reported in studies performed by means of the gas production technique (Makkar, 2003).

On the other hand, the TT levels in *P. dulce* are in the limit reported by Makkar (2003), in which fermentation and animal metabolism begin to be affected. However, the low biological activity, expressed as the proportion of phenols with precipitating characteristics, is a positive element to be taken into consideration when evaluating integrally the antinutritional potential of the polyphenolic fraction in this species.

Likewise, the TT concentration in *P. saman* is within the range in which this metabolites cause beneficial effects on the nutrition of polygastric animals (Aerts, Barry and McNabb, 1999).

Considering that in *P. dulce* the levels of TPh and TT are lower than the concentrations of CT, the results suggest that a large part of the latter present the hydroxyl groups (which cause astringency and precipitation) glycosylated or impeded for oxidation, and which, besides, must have a high molecular weight by losing affinity for polyvinylpyrrolidone. For such reasons, a part of the CT present is not quantified through the protocols for the determination of TPh and TT.

Based on the results for tannins with biological activity (precipitation with BSA), a relatively moderate percentage of the tannins present in *P. dulce* and *P. saman* precipitate proteins, which may corroborate the statements by Makkar (2003) regarding that the individual analysis of the CT concentrations as unique indicator, is not a reliable indicator to estimate neither the antinutritional properties nor the quality of any tree forage.

From the nutritional point of view this aspect is very important, because the concentrations of PPT are within the range in which the good ruminal functioning is not affected; thus the possibility of formation of bypass protein increases, which is classically manifested in a higher animal response (Makkar, 2003).

Likewise, *P. dulce* and *P. saman* showed PPT quantities higher than those found in *Cassia siame*, *Vernonia amygdalina* and *Gliricidia sepium*, promising trees for desertic regions as they present low concentrations of phenolic compounds (Aregheore, Makkar and Becker, 1998).

With regards to the CT values in the legumes studied, the concentrations are higher than the ones reported by Lamers, Buerkert, Makkar, Oppen and Becker (1996) in samples of weeds widely distributed in the subtropics (*Alysicarpus* sp., *Ovalifolius* sp., *Commelina forskalili*, *Eragrostis tremula* and *Zornia glochidiata*) and those reported by Makkar, Goodchild, Abd el Moneim and Becker (1996) in the biomass of species of the *Vicia* genus. The CT level in *P. dulce* is similar to the ones reported in the trees *Acacia nilotica* (3,6% DM) and *Carcinia indica* (4,1% DM), higher than the quantifications carried out in the seed of *P. saman* (0,3%DM) and lower than the levels reported in the cake of *Madhuca indica* and the meal of *Panicum miliaceum* (12,4% DM).

However, recent studies suggest that the quantification of CT through the nButanol/HCl/Fe³⁺ method does not seem to reflect, in biological terms, the detrimental properties of tannins, because there may be much variability regarding the polymerization degree, the spatial conformation and the proportion of monomers (Makkar and Becker, 1994).

With regards to the concentrations of HT in the summary carried out by Makkar (2003), from thirty-seven forage plants evaluated by means of the same analytical method in an integral research project, 73% of the total showed HT values lower than 0,5% DM, defined as insignificant from the point of view of their physiological repercussion. These tannins, although underestimated by many authors in evaluations of nutritive quality, also bind with proteins, affect ruminal fermentation and may cause adverse effects similar to CT when supplied in great quantities. Likewise, the values found in *P. dulce* and *P. saman* are much lower than the quantifications performed in some representative trees and shrubs in silvopastoral systems from other latitudes, such as *Dichrostachys cinerea* (0,73% DM), *Acacia giraffae* (1,6% DM), *Calliandra calothyrsus* (2,0% DM) and *Eucalyptus macrophylla* (3,6% DM).

When analyzing Saps, the concentration in the leaves and fresh stems of *P. saman* was very high as compared to the levels shown by its fruit (1,7% DM) and those of *Enterolobium cyclocarpum* (1,9% DM). Nevertheless, such concentration is lower than the one reported in the legume of *Sapindus saponaria* in metabolism tests (Hess, Kreuzer, Díaz, Lascano, Carulla, Soliva and Machmuller, 2003). The levels of *P. dulce* coincide with the reports by Makkar, Becker, Abel and Pawelski (1997), considered as intermediate, in the seed of many varieties of *Vicia faba*.

Considering that Saps, in general, are intake inhibiting compounds, show foaming and defauning properties, and constitute strong interferences in intestinal absorption (García, 2004), the edible fraction of *P. saman* must be carefully managed in feeding systems, with the objective of avoiding disorders in the digestive metabolism of animals. However, it is necessary to perform measurements of other indicators that describe their biological properties, such as the hemolytic activity, in order to determine their real effect on the ruminal physiology. On the other hand, some authors have reported pro-nutritional properties in animals that eat moderate amounts of these secondary metabolites (Aregheore, 2005).

The values obtained in *P. saman*, growing under the edaphoclimatic conditions of the Venezuelan Mount Foot (García and Medina, 2005), coincide with the ones found in Cuba in plantations 160 days after regrowth (unpublished data), which suggests that the Sap concentrations in this legume do not vary substantially with the different environmental conditions, maybe as they are directly related to the processes of growth and interspecific protection (Marcano and Hasegawa, 1991).

The remarkable presence of alkaloids was observed in both species, which supports the hypothesis that alkaloidal compounds are present in most plant organisms. These nitrogen structures are found mainly in dicotyledonous plants, and particularly in the forage legumes of the *Erythrina* genus (Sotelo, Contrera and Flores, 1995).

The levels of TAlk of *P. dulce* and *P. saman* are lower than the ones reported in eleven species of the *Albizia* genus and coincide, to a good extent, with the quantities found in *Azadirachta indica*, *Moringa oleifera*, *Morus alba* and *Trichantera gigantea*.

With regards to the levels of phytic P, the concentration found in *P. dulce* is similar to that reported by Godoy et al. (2005) when evaluating this group of antinutritional factors in some feedstuffs used in Venezuela for feeding ruminants, mainly cereals, such as corn, sorghum and rice bran. On the other hand, the level shown by *P. saman* is within the range described by the same authors for the meals from seeds of some important oil plants (cotton, soybean and coconut) and for different by-products and grains.

Although it is well known that the concentrations of phytic acid vary among the different cultivars, soil types, climate and parts of the plant, when the concentrations are similar to the ones found in this study the phytates are fermented (hydrolyzed) by the ruminal bacteria without causing a deleterious effect (Raun, Cheng and Burroughs, 1956). For such reasons, these metabolites should neither influence the availability of the minerals that appear in higher quantities (Ca, Mg, Na and K) nor affect the absorption of such micronutrients as Cu, Mn, Zn and Fe (Ellis and Tillman, 1960).

Nevertheless, it would be necessary to carry out studies in which the phytasic activity is quantified in order to determine the true availability of phosphorus (Pointillart, 1994).

In addition, the contents of phytic phosphorus in *P. dulce* and *P. saman*, in general, were lower than the quantitative results and the relative percentages (phytic phosphorus/total phosphorus) reported by Eeckhout and de Paepe (1994) in general studies of nutritive quality.

Nutritive value

Regarding the nutritional quality of the species evaluated, table 3 shows the differences found in both legumes. *P. dulce* exhibited higher degradability of DM at zero time (a), potentially degradable fraction (b), degradation potential (a + b), and a higher contribution of nitrogen to the low parts of the gastrointestinal tract.

Taking into consideration that the ruminal degradability of forages, including trees, is closely related to the intake and digestibility of ruminants under natural conditions (Larbi, Smith, Raji, Kurdi, Adekunle and Lapido, 1997), it is very important to determine the fermentative particularities of each species in order to make rational use of its biomass.

In this sense, the high percentages of parameter *a* may be related to the considerable proportion of soluble nutrients and the relatively low fibrous fraction (NDF, ADF, ADL and cellulose), aspect pointed out by Pinto et al. (2002) when evaluating a numerous group of trees in southeast Mexico.

The highest insoluble portion, but potentially degradable (b), of *P. dulce* as compared to *P. saman*, may be related to the low biological activity in quantitative terms of the polyphenolic fraction (PPT and CT) and the relatively low Sap levels which, perhaps in the case of *P. saman*, may have had a drastic influence on the proportion of ruminal microorganisms, specifically the population of protozoa.

Likewise, the percentages of parameter *b* are lower than the ones estimated by Estevez et al. (2004) in varieties of non leguminous forage species (*Polyscias guifoylei*) and by González and Cáceres (2002) in *M. alba*, species with low and insignificant values of TT and CT.

On the other hand, the degradation potential of both forages is adequate and within the range of other legumes that contain polyphenols in their biomass, such as *Leucaena*, *Acacia* and *Ficus* (Pinto et al., 2002).

An important aspect that must be stated is that the highest degradation potential was shown by the species with the highest quantity of polyphenolic structures. These results contradict, in part, the classical reports by some authors stating that the species with high concentrations of polyphenols show a lower degradation of their nutritive fractions (Ben Salem, Nefzaoui, Ben Salem and Tisserand, 1999; Abdulrazak et al., 2000). The analysis of the chemical-physical properties and the indicators of biological activity of these compounds constitute the fundamental aspects to determine the true relationship of tannins with the nutritive value of forages.

In this sense, the little amount of PPT with regards to the concentration of TT in the foliage of *P. dulce* with proteins, is one of the main reasons for which this legume shows high nutritive potential and remarkable DM degradability at 48 hours.

Regarding the degradation of the protein fraction, the results coincide, in general, with the ones reported in the biomass of *P. dulce*, *Genipa americana* and *Erythrina goldmanii*, and in the fruit of *Leucaena leucocephala* and *Acacia milleriana* by Pinto et al. (2002). However, these authors used an incubation period of 24 hours.

Considering the digestibility of non degraded nitrogen in the rumen, *P. dulce* showed a higher percentage as compared to *P. saman*. In addition, the low proportion of digested nitrogen in the low parts of the gastrointestinal tract in the last species coincides with the results obtained by Pedraza, La O, Estévez, Guevara and Martínez (2003) under Cuban conditions.

Regarding this, Kaitho, Umunna, Nsahlai, Tamminga and Van Bruchem (1997) found that, in general, the nitrogen contribution to the intestine of ruminants varies depending on the quantity of phenols present in the biomass. In this sense, the higher proportion of PPT and CT in *P. dulce* is perhaps related to the higher intestinal digestibility of protein, due to the rupture of the tannin-protein complex (dependent on pH, tannin structure and microbial activity) after its arrival to the abomasum.

Independently from the best results of *P. dulce* regarding its *in vitro* intestinal digestibility, most of the protein fraction in both foliages was fermented by the ruminal ecosystem and the contributions to the intestine were significantly lower.

Conclusions

The edible biomass of *P. dulce* and *P. saman* presents good bromatological quality, mainly in terms of the protein, fibrous fraction and its mineral content. Nevertheless, *P. dulce* has essentially polyphenolic characteristics for presenting considerable levels of tannins; while *P. saman* stands out for its remarkable levels of saponins. In general, the foliage of *P. dulce* has a higher nutritive value, in comparison with *P. saman*, because independently from the abundant presence of polyphenolic compounds in the former, they show little

Pastos y Forrajes, Vol. 29, No. 2, 2006, p. 177

capacity for precipitating proteins. Although numerical differences were observed between most of the indicators evaluated for both forages, *P. dulce* and *P. saman* constitute good choices for ruminant feeding.

Recommendations

To make a more intensive use of this feed sources and to design metabolism tests under trial conditions with small and large ruminants, in which their feeding feasibility is determined.