

Potencial forrajero para cabras de veinte especies leñosas en el estado Trujillo, Venezuela

Danny E. García^{1*}, María G. Medina¹, Pedro Moratinos¹, Adolfo Torres¹,
Luis J. Cova², Daniel Perdomo¹ y Oscar Santos¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Estación Experimental de Trujillo, Pampanito, Trujillo. Venezuela. *Correo electrónico: dagamar8@hotmail.com

²Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de los Andes. Trujillo, Trujillo. Venezuela

RESUMEN

Mediante el análisis de componentes principales (ACP) y de clasificación automática, se estudiaron las variaciones del potencial forrajero de veinte especies en el estado Trujillo, Venezuela, en función del método de propagación (semilla botánica y estaca) y la época del año. Se evaluó la producción de biomasa comestible, la aceptabilidad relativa con cabras y la composición química. Independiente de la forma de propagación, el ACP detectó una alta variabilidad para los primeros tres componentes (64,3-72,8%). Las variables que presentaron las mayores fluctuaciones entre las especies fueron los contenidos de fibra detergente neutra, cenizas y fracción fenólica. La producción de biomasa comestible, el contenido proteico y de terpenos; así como la preferencia exhibieron menos variaciones inter-específicas. Los ramones con mejores resultados integrales fueron *Morus alba*, *Chlorophora tinctoria*, *Cordia alba*, *Gliricidia sepium*, *Pentaclethra maculosa*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Wedelia aff. caracasana* y *Guazuma ulmifolia*. No obstante, mediante el índice de potencial forrajero, también se identificaron como promisorias a *Pithecellobium pedicellare* y *Bauhinia cumanensis*. *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Capparis odoratissima*, *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala* exhibieron un potencial intermedio. Sin embargo, la biomasa de *Acacia* spp., *Azadirachta indica*, *Bulnesia arborea*, *Cassia alata* y *Samanea saman* presentaron poca factibilidad de uso como forraje. La producción de material comestible y la aceptabilidad constituyeron las variables de mayor relevancia para la estimación del potencial forrajero integral. En las especies evaluadas la aceptabilidad de las cabras se encontró relacionada negativamente con los niveles de fibra ($P<0,05$) y terpenoides ($P<0,01$), y no con los compuestos fenólicos.

Palabras clave: forraje, cabras, biomasa, aceptabilidad, composición química

Fodder potential for goats of twenty woody species in Trujillo state, Venezuela

ABSTRACT

Using the main components (ACP) and automatic classification (ACA) analysis, the variations of the fodder potential of twenty species in Trujillo state, Venezuela, according to the propagation method (stake and botanical seed) were studied. The production of edible biomass, the relative acceptability by goats and the chemical composition were evaluated. Independently of the propagation form, a high variability for the first three components were detected (64.3-72.8%). The fibre neuter detergent, ash, and phenolic fraction showed the biggest fluctuations among the species. The edible biomass production, proteic and terpenoids levels and preferences showed low inter-specific variations. The species with better integral results were *Morus alba*, *Chlorophora tinctoria*, *Cordia alba*, *Pentaclethra maculosa*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Wedelia aff. caracasana*, *Gliricidia sepium*, and *Guazuma ulmifolia*. However, by the fodder potential index, *Pithecellobium pedicellare* and *Bauhinia cumanensis* were identified as promissory. *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Capparis odoratissima*, *Moringa oleifera*, and *Leucaena leucocephala* exhibited an intermediate potential. However, the

biomass of *Acacia* spp., *Azadirachta indica*, *Bulnesia arborea*, *Cassia alata*, and *Samanea saman* presented little use feasibility as forage. The production of edible biomass and the acceptability constituted the most relevant variables to estimate the fodder potential. In the evaluated species the goat acceptability related with the fibre ($P<0.05$) and terpenoids ($P<0.01$) levels. No relationship among acceptability and phenolic compounds level were observed.

Keywords: forage, goats, biomass, acceptability, chemical composition

INTRODUCCIÓN

El estudio de las características forrajeras de los árboles y arbustos de mayor distribución tropical es de vital importancia para el diseño de sistemas de alimentación sostenibles con la utilización de bajos insumos (Clavero, 1998). En este sentido, aún cuando son ampliamente reconocidas las bondades que presentan los árboles como mejoradores de los ecosistemas y el papel preponderante de la biomasa en las dietas de los animales, existe gran cantidad de especies de las cuales se desconoce su verdadero potencial en términos de producción de follaje, la calidad nutricional y la aceptabilidad de estas fuentes alimentarias (Baldizán, 2003).

Por otra parte, en la mayoría de los sistemas de alimentación de rumiantes en las zonas ganaderas del estado Trujillo, Venezuela, no se considera el follaje de arbóreas y arbustivas como fuentes importantes de nutrimentos para los animales debido, entre otras razones, al desconocimiento de las potencialidades que tienen para la alimentación en sistemas de pastoreo-ramoneo (García *et al.*, 2008a).

Teniendo en cuenta estos aspectos, en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, en su sede de Trujillo, se han trazado una serie de lineamientos a mediano plazo para estudiar, dentro de los recursos fitogenéticos arbóreos y arbustivos más representativos, cuales especies exhiben las mejores potencialidades como forraje; con la premisa de implementar programas de propagación de especies forrajeras en fincas de pequeños y medianos productores ganaderos, que garanticen una mayor oferta de alimento para los rumiantes.

Considerando que la producción de rumiantes menores, a nivel de pequeños y medianos productores, constituye uno de los sistemas productivos más extendidos en la región Andina Venezolana, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el potencial

forrajero para cabras, de algunas especies arbóreas y arbustivas en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela, en función del método de propagación y la época del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona

El experimento se realizó en la Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel” de la Universidad de los Andes en el sector La Catalina, Vega Grande, parroquia La Paz, municipio Pampán del estado Trujillo, Venezuela. La Estación se sitúa entre los paralelos 9° 35' 00" y 9° 37' 19" N y entre los meridianos 70° 27' 00" y 70° 31' 39" O, a una altitud entre 270 y 300 msnm.

La formación vegetal en el área de estudio se encuentra definida como zona de transición entre Bosque Húmedo Tropical a Seco Tropical, con suelos de buen drenaje, de textura franco limosa, de baja fertilidad, profundos, fáciles de labrar y de una alta capacidad para retener humedad a través del perfil.

La zona presenta precipitación promedio menor de 60 mm en el mes más seco (junio) y no mayor de 250 mm en el mes más húmedo (octubre); por lo general se presentan dos máximos en la distribución anual de lluvias, uno en abril y otro en octubre. La precipitación promedio anual alcanza 1.220 mm, aproximadamente, la temperatura es variable durante el año, al igual que la humedad relativa. Las características edafoclimáticas que prevalecieron en el área experimental durante el periodo de recolección de información se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Especies evaluadas

Se evaluó el potencial forrajero de veinte especies en la zona baja del estado Trujillo: *Chlorophora tinctoria* (mora), *Morus alba* (morera), *Pithecellobium pedicellare* (hueso de pescao), *Gliricidia sepium*

Cuadro 1. Indicadores de la composición química del suelo.

Variable	Valor	Clasificación
pH (KCl)	8,15	Medianamente alcalino
MO, %	2,04	Medio
Nitrógeno asimilable, %	0,09	Bajo
P, cmol/kg	51,0	Alto
Carbono orgánico, %	1,18	Bajo
K, cmol/kg	29,5	Bajo
Ca, cmol/kg	244,0	Medio
Mg, cmol/kg	60,5	Bajo

Cuadro 2. Valores promedios de los indicadores climáticos más relevantes durante el periodo experimental.

Mes	Precipitación	Temperatura media	Humedad relativa
	mm	°C	%
Enero	52,3	25,6	63,2
Febrero	66,2	25,9	63,1
Marzo	73,0	26,6	67,4
Abril	154,5	26,9	67,2
Mayo	115,0	26,9	67,5
Junio	52,2	27,1	70,3
Julio	69,1	27,2	70,0
Agosto	140,7	27,7	70,3
Septiembre	141,6	26,8	67,7
Octubre	212,5	26,8	67,5
Noviembre	139,0	26,2	66,4
Diciembre	88,6	26,1	66,5

(mataratón), *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Cordia alba* (caujaro), *Trichantera gigantea* (nacedero), *Tithonia diversifolia* (tara), *Leucaena leucocephala* (leucaena), *Moringa oleifera* (ben), *Azadirachta indica* (nim), *Samanea saman* (samán), *Acacia* spp. (cuji), *Bauhinia cumanensis* (cadeno), *Bulnesia arborea* (vero), *Capparis odoratissima* (olivo), *Cassia alata* (mucuteno), *Hibiscus rosa-sinensis* (cayena), *Pentaclethra maculosa* (burra) y *Wedelia aff. caracasana* (flor amarilla). En el Cuadro 3 se muestran algunas de las características más relevantes de estos ramones.

Producción de biomasa

La evaluación agronómica se realizó en el banco forrajero de la Estación en un área total de 0,76 ha en la cual las especies evaluadas (1 planta/especie/parcela) se encontraban distribuidas al azar en cinco parcelas de 4 x 10 m (4 surcos con 5 plantas cada uno), para un total de 20 plantas/parcela y 5.000 plantas/ha. La plantación, en las que se encontraban todas las especies, tenía tres años de establecida y con anterioridad había sido sometida a cortes periódicos cada 60 días durante 2 años. Todas las especies se

Cuadro 3. Características generales de las especies evaluadas en el estado Trujillo, Venezuela.

Especie	Familia	Porte	Uso tradicional	Distribución en Trujillo
<i>Acacia</i> spp.	Leguminosae	Arbóreo	S†	M (AN)‡
<i>A. indica</i>	Meliaceae	Arbóreo	S, O, CV	M (AI)
<i>B. cumanensis</i>	Leguminosae	Herbáceo	Me	A (AN)
<i>B. arborea</i>	Zygophyllaceae	Arbóreo	S, Md, CV	A (AN)
<i>C. odoratissima</i>	Capparidaceae	Arbóreo	S, CV	M (AN)
<i>C. alata</i>	Leguminosae	Arbustivo	Me	A (AN)
<i>C. tinctoria</i>	Moraceae	Arbóreo	S, Md	A (AN)
<i>C. alba</i>	Esterculeaceae	Arbóreo	S, CV	A (AN)
<i>G. sepium</i>	Leguminosae	Arbóreo	F, CV	A (AN)
<i>G. ulmifolia</i>	Esterculiaceae	Arbóreo	F, S	A (AN)
<i>H. rosa-sinensis</i>	Malvaceae	Arbustivo	O, CV	M (AI)
<i>L. leucocephala</i>	Leguminosae	Arbóreo	F	M (AN)
<i>M. oleifera</i>	Moringaceae	Arbóreo	F	L (AI)
<i>M. alba</i>	Moraceae	Arbustivo	F	L (AI)
<i>P. pedicellare</i>	Leguminosae	Arbóreo	S, CV, Md	A (AN)
<i>P. macroloba</i>	Leguminosae	Arbóreo	S, CV	M (AN)
<i>S. saman</i>	Leguminosae	Arbóreo	S, Md	A (AN)
<i>T. gigantea</i>	Acanthaceae	Arbustivo	CV	L (AN)
<i>T. diversifolia</i>	Asteraceae	Arbustivo	Me	A (AN)
<i>W. aff. caracasana</i>	Asteraceae	Arbustivo	Me	L (AN)

† S: sombra, O: ornato, CV: cerca viva, Me: medicinal, Md: madera, F: forraje.

‡ L: distribución limitada M: distribución media A: amplia distribución, AN: acesión nativa, AI. Acesión introducida.

encontraban sembradas a 1 m entre surcos y 2 m entre plantas.

Las especies *C. tinctoria*, *M. alba*, *G. sepium*, *C. alba*, *T. gigantea*, *T. diversifolia* y *H. rosa-sinensis* se plantaron por estacas y en el caso de *P. pedicellare*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *M. oleifera*, *A. indica*, *S. saman*, *Acacia* spp., *B. cumanensis*, *B. arborea*, *C. odoratissima*, *C. alata*, *P. macroloba* y *W. aff. caracasana* a partir de plántulas de 8 semanas de edad, las cuales fueron inicialmente sembradas en

vivero utilizando semilla botánica y escarificación específica en cada caso (Medina, 2006).

Durante la evaluación se realizaron seis cortes con tijeras de podar (tres en el periodo poco lluvioso y tres en el lluvioso) con una frecuencia de 60 días. Los cortes se realizaron teniendo en cuenta la altura prefijada (1 m). Después del establecimiento no se aplicó ningún tipo de fertilizante.

Los resultados obtenidos a partir de los cortes consecutivos, en función de cada época del año, se promediaron para analizar la influencia de la época

en la producción de biomasa, y por consiguiente en el potencial forrajero. Sobre la base de las plantas seleccionadas se determinó el peso total de la biomasa comestible (hojas y tallos tiernos inferiores a 6 mm de diámetro).

De la biomasa individual de cada planta se tomó una porción de 300 a 600 g para llevar a cabo las determinaciones del contenido de materia seca (AOAC, 1990) y los análisis químicos. El resto del material vegetal fue utilizado para la realización de la prueba de cafetería con cabras. La determinación de todas las variables se realizó por triplicado a partir de la biomasa recolectada en el ensayo agronómico, los contenidos de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y cenizas se cuantificaron mediante las metodologías propuestas por la AOAC (1990).

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 2003), los taninos que precipitan las proteínas (TPP) por el protocolo de la albúmina de suero bovino (Makkar *et al.*, 1988), los taninos condensados (TC) basados en el ensayo del nbutanol/H⁺ en presencia de Fe³⁺ (Porter *et al.*, 1986) y los esteroides y terpenoides totales (ET), en esencia, mediante el método descrito por Galindo *et al.* (1989) realizando lecturas individuales para cada grupo, a partir de la región de máxima absorción de los complejos formados.

Aceptabilidad relativa

El ensayo se realizó con el follaje recolectado en el periodo lluvioso. La aceptabilidad de los forrajes se estimó mediante una prueba de cafetería siguiendo cuidadosamente las descripciones realizadas por Pinto *et al.* (2003; 2005). Para el montaje de la prueba se consideraron las especificaciones informadas por García *et al.* (2008a,b) y por Medina *et al.* (2008) en pruebas preliminares realizadas con las especies en estudio.

Se utilizaron veinte cabras Criollas adultas de 32,3 ±1,43 kg de peso vivo, las cuales se seleccionaron teniendo en cuenta la homogeneidad en cuanto a peso, edad y estado fisiológico, sin antecedentes de consumo de las especies ofertadas. Antes de comenzar el experimento los animales se encontraban en condiciones de pastoreo en áreas con predominio de *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria* spp. y *Panicum maximum* y únicamente eran suplementados con sal

mineral y 215 g/animal/d de concentrado comercial (PC: 18,0%, FDN: 65,7%, Cenizas: 9,5%).

Inicialmente, los animales se desparasitaron con sulfóxido de albendazol (0,12 g/animal) y se les aplicó complejo vitamínico 15 días antes de la fase experimental.

Cada animal fue colocado en compartimentos individuales techados de 5 x 5 m con piso de cemento y separados entre sí por paredes de 1,5 m de altura, en los cuales se situaron comederos de madera y cabilla divididos en compartimentos donde se introdujeron las especies a evaluar. Los animales fueron adaptados a la alimentación en confinamiento durante un periodo de ocho días, después de los cuales se comenzó a ofertar las especies y se procedió a la colecta de datos (veinte días de experimentación). Durante la etapa diaria de consumo los animales no tuvieron contacto visual entre sí.

La recolección del forraje se realizó a partir de las parcelas individuales utilizadas para la determinación de la producción de biomasa y de parcelas adicionales sometidas al mismo manejo agronómico. El follaje inicialmente se colocó aleatoriamente en cada compartimiento del comedero durante los días de evaluación, de tal forma que ocuparan todos los lugares posibles para así bloquear el hábito reflejo de los animales a la posición, la distancia del alimento y el primer encuentro con éste (Pinto *et al.*, 2002, 2003).

Durante el periodo de adaptación a las condiciones de estabulación, las cabras fueron alimentadas con *C. nlemfuensis* como dieta basal *ad libitum*. En el periodo experimental los animales se alimentaron con las especies de manera simultánea y a razón de 0,80 kg MS /animal/d. Los follajes fueron ofrecidos durante seis horas diariamente por la misma persona; en las horas siguientes a los animales solo se les ofreció pasto estrella y agua a voluntad en los bebederos de cada corral.

Diariamente se midió el consumo de cada especie ofertada, determinado mediante la diferencia entre la cantidad de forraje ofrecido y rechazado por los animales, ajustando las pérdidas inherentes a la deshidratación espontánea de los forrajes en el tiempo.

Determinación del índice de potencial forrajero

Con el propósito de jerarquizar las especies estudiadas, de acuerdo a sus características, se utilizó la metodología propuesta por Stewart y Dunsdon (1998) en la cual, mediante la selección inicial de variables no correlacionadas linealmente, se calculan índices diferentes de potencial forrajero.

En esta investigación se calcularon dos índices importantes, considerando que *a priori* en este estudio la producción de biomasa y la aceptabilidad relativa no presentaron correlación entre sí. Estos son índice de producción de biomasa comestible (IPBC) e índice de producción de biomasa y aceptabilidad (IPBA). La información de cada variable se incorporó en un valor único para cada especie. Cada índice se calculó como la suma de las diferencias ajustadas al promedio. Por cada variable que contribuyó al índice, el promedio general fue sustraído del valor para cada especie y el resultado, como diferencias ajustadas, se expresó en múltiplos de la desviación estándar. Este procedimiento permitió conferirle a cada variable igual peso, mediante la transformación de una distribución normal estándar para cada caso. La diferencia ajustada positiva indicó un grupo mejor que el promedio para la variable en estudio. Las diferencias ajustadas, se sumaron algebraicamente para obtener un valor de índice global, considerando que los valores más altos son indicativos de un mayor potencial forrajero.

Diseño experimental y métodos estadísticos

Para las evaluaciones agronómicas y la determinación de la composición química se empleó un diseño totalmente aleatorizado y cinco réplicas, donde las especies evaluadas constituyeron los tratamientos. Para la realización de la prueba de cafetería se utilizó un diseño en cuadrado latino balanceado (20 animales x 20 especies ofertadas x 20 días de evaluación), según lo recomendado por Pinto *et al.* (2005).

Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows (Visauta, 1998). Los procedimientos para la realización del análisis de componentes principales (ACP) y de clasificación automática (ACA), así como la tipificación de los datos previo a cada análisis, coincidieron con las descripciones realizadas por Olivera y Machado (2004) y Machado (2006).

Las correlaciones lineales realizadas *a priori*, para conocer el nexo entre las variables medidas y así poder descartar aquellas relacionadas entre sí, con el objetivo de estimar el potencial forrajero, se llevaron a cabo mediante el mismo paquete utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se muestran los resultados del ACP para las variables agronómicas, de aceptabilidad y de calidad nutricional, en función de la forma de propagación (estaca y semilla botánica). En este sentido, para las especies propagadas por estacas y por semilla botánica, la varianza total acumulada fue elevada (72,8 y 64,3%, respectivamente). Para este análisis no se incluyó la variación ocasionada por la época ya que la prueba de aceptabilidad se realizó solamente con la biomasa recolectada de los cortes del periodo lluvioso.

Independientemente de la forma de propagación, los indicadores que explicaron mejor la varianza en el componente 1 (CP1) fueron los contenidos de FDN, cenizas, FT, TC y TPP. Con respecto a la interrelación entre las variables, los indicadores proximales de mayor representación y los fenoles y taninos se relacionaron positivamente entre sí, a excepción del contenido de cenizas para las plantas propagadas por estacas, el cual se relacionó negativamente con el resto de las variables de mayor representación. Estas relaciones describen, desde el punto de vista fitoquímico, que las especies con mayor proporción de fibra presentaron elevada concentración de metabolitos hidroxilados, aspectos que coinciden con lo planteado por numerosos autores sobre el efecto negativo de los compuestos de la pared celular y los taninos en la nutrición animal (Kumar, 1992; Makkar, 2003). En la mayoría de los casos estos compuestos presentan funciones defensivas y sus concentraciones dependen del estatus nutricional y fisiológico de la planta y de la proporción de compuestos fenólicos derivados de la lignina que forman parte de la fracción fibrosa (De Marcano y Hasegawa, 1991; García, 2004).

El segundo componente (CP2) extrajo 21,7% de la varianza total para las especies multiplicadas por estacas y 23,1% para las propagadas sexualmente. Las variables con mayor relación fueron la producción de biomasa comestible, la concentración de PC (para las plantas propagadas por esquejes), los contenidos de

Cuadro 4. Resultados del análisis de componentes principales y relación entre las variables de potencial forrajero en especies leñosas del estado Trujillo, Venezuela.

Variable	Tipo de propagación					
	Estaca			Semilla botánica		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Biomasa comestible	-0,07	0,65	0,31	0,11	0,87	0,02
Preferencia	-0,44	-0,40	0,64	-0,26	-0,75	0,27
Proteína cruda	0,09	0,66	0,41	0,16	0,11	0,48
Fibra detergente neutro	0,51	0,38	-0,12	0,38	0,25	-0,13
Cenizas	-0,72	-0,28	-0,25	0,64	-0,26	-0,26
Polifenoles totales	0,83	-0,18	0,17	0,69	-0,16	0,16
Taninos condensados	0,69	-0,45	0,49	0,88	-0,45	0,51
Terpenoides totales	0,36	0,54	-0,54	0,37	0,72	-0,27
Taninos precipitantes	0,85	-0,03	0,31	0,55	-0,10	0,36
Valor propio (λ)	4,56	2,61	1,57	3,84	2,84	1,06
Varianza, %	38,10	21,70	13,00	24,74	23,10	16,48
Varianza total, %	38,10	59,80	72,80	24,74	47,84	64,32

terpenoides totales y la preferencia (para las propagadas por semilla), todas relacionadas positivamente entre sí. Los nexos observados entre estas variables describen que las especies sembradas por estacas que presentaron mayor producción de forraje exhibieron mayores contenidos proteicos, pero con niveles elevados de terpenoides. Sin embargo, las especies propagadas por semilla botánica con mayor cantidad de biomasa fueron menos preferidas por las cabras. En este sentido, el efecto negativo de los terpenoides en la aceptabilidad constituye un resultado relevante, considerando que estos metabolitos, comparado con los taninos y los alcaloides, se les han dado menor atención como compuestos antinutricionales en la alimentación animal (Personious *et al.*, 1987; García, 2004).

El tercer componente (CP3) solamente explicó 13,0% de la variabilidad para el caso de las plantas multiplicadas por estacas y 16,5% para las propagadas por semilla sexual. En la formación de cada componente contribuyeron la preferencia (plantas propagadas por estacas), el contenido de PC (plantas propagadas por semilla botánica) y los contenidos de TC, lo cual sugiere, considerando el signo de cada coeficiente, que los TC estimularon el consumo realizado por las cabras en el caso de las especies propagadas por estaca y que los terpenoides presentes en la biomasa comestible de estas plantas

influyeron también negativamente en la aceptabilidad de los forrajes evaluados. Al respecto, es ampliamente conocido que los TC, cuando se encuentran en concentraciones adecuadas, pueden traer consigo efectos benéficos en la nutrición y la salud animal, aspecto que a sido planteado por Aerts *et al.* (1999) para el caso particular de los pequeños rumiantes, en los cuales en condiciones de pastoreo en bosques, se ha observado que en ocasiones prefieren consumir leñosas que contienen taninos (Baldizán, 2003). Este comportamiento, en principio contradictorio a observaciones realizadas por otros autores (Alonso Díaz *et al.*, 2007), ha sido asociado a estrategias de diversificación de la dieta por parte de las cabras, por el hecho que los taninos son compuestos con acentuada actividad antiparasitaria (García y Medina, 2005a) y el consumo de arbóreas con polifenoles podría constituir un método de control natural de las parasitosis y otras patologías (García y Medina, 2005b). En este sentido, se ha documentado el efecto directo de determinados metabolitos primarios y secundarios como factores asociados directamente con la conducta ingestiva de los rumiantes menores, los cuales en dependencia de la ruta metabólica de degradación, la estructura química primaria y secundaria; así como la concentración del metabolito mayoritario y sus derivados en el rumen, pueden desencadenar respuestas de estimulación o rechazo del alimento (Titus *et al.*, 2000).

Cuadro 5. Grupos formados mediante el análisis de clasificación automática según las características forrajeras de las especies evaluadas.

Grupo	Tipo de propagación		
	Estaca	Contribución	Semilla botánica
1	<i>H. rosa-sinensis</i>	88,9	<i>G. ulmifolia</i>
	<i>G. sepium</i>		<i>P. macroloba</i>
	<i>C. tinctoria</i>		<i>W. aff. caracasana</i>
	<i>M. alba</i>		
2	<i>C. alba</i>	66,7	<i>C. odoratissima</i>
	<i>T. diversifolia</i>		<i>M. oleifera</i>
			<i>B. arborea</i>
			<i>L. leucocephala</i>
3	<i>T. gigantea</i>	11,1	<i>Acacia</i> spp.
			<i>A. indica</i>
			<i>B. cumanenses</i>
			<i>P. pedicellare</i>
			<i>S. saman</i>
	<i>C. alata</i>	22,2	

Por otra parte, el ACA separó las especies en diferentes grupos, con características distintivas entre sí (Cuadro 5). Teniendo en cuenta las particularidades de cada conglomerado, en función a la contribución positiva a la formación de los grupos, las especies del grupo I se caracterizaron por presentar los mejores resultados integrales; las del grupo II también exhibieron resultados sobresalientes. Por su parte, las que conformaron el grupo III presentaron los resultados más discretos, comparativamente.

Los mejores resultados grupales del conglomerado formado por *H. rosa-sinensis*, *G. sepium*, *C. tinctoria* y *M. alba*; así como *G. ulmifolia*, *P. macroloba* y *W. aff. caracasana* coinciden con algunas evaluaciones realizadas en otros países, en los cuales se han evaluado algunos de estos árboles forrajeros (El Hassan *et al.*, 2000; Pinto *et al.*, 2002; 2003). Considerando estrictamente la distribución de las especies, al analizar de forma conjunta todas las variables involucradas, de las especies sembradas por estacas solamente *T. gigantea* mostró resultados poco satisfactorios, mientras que de las propagadas por semilla botánica *Acacia* spp., *A. indica*, *B. cumanensis*

y *P. pedicellare* conformaron el conglomerado con los resultados menos sobresalientes.

En este sentido, aunque el ACA constituye una herramienta importante para separar grupos de especies en función de las características individuales y grupales (Machado, 2006), la evaluación mediante índices calculados permiten jerarquizar, inclusive, las especies de forma individual. En el Cuadro 6 se muestra la ubicación de cada especie en dependencia del índice calculado. Para las especies propagadas por estacas, en ambos periodos climáticos, en el IBPC se destacaron *C. tinctoria*, *C. alba* y *G. sepium*, fundamentalmente. No obstante, más de la mitad de las leñosas evaluadas presentaron índices positivos, lo cual pone de manifiesto que éstas presentaron, en cuanto a producción de biomasa, un comportamiento superior a la media. *M. alba* se destacó en el periodo lluvioso. Sin embargo, el índice calculado para la época seca fue muy inferior, lo cual describe las características estacionales de producción de biomasa que exhibe la especie cuando no es fertilizada. Este aspecto ha sido señalado en algunos trabajos de investigación en los cuales se ha enfatizado que

Cuadro 6. Índices de potencial forrajero (IPBC: Índice de producción de biomasa comestible, IPBA: Índice de producción de biomasa comestible y aceptabilidad relativa) para cabras en dos épocas del año (PLL: periodo lluvioso y PPLL: periodo poco lluvioso) de las especies evaluadas en el estado Trujillo, Venezuela.

Método de propagación	Especie	Época					
		PLL		General	PPLL		General
		IPBC	IPBA		IPBC	IPBA	
Estaca	<i>C. tinctoria</i>	5,84	163,43	169,27	4,83	132,73	137,56
	<i>C. alba</i>	4,78	53,63	58,41	6,94	72,73	79,67
	<i>M. alba</i>	2,05	183,40	185,45	0,04	63,40	63,44
	<i>H. rosa-sinensis</i>	0,13	65,94	66,07	-0,21	32,62	32,41
	<i>G. sepium</i>	2,89	37,26	40,15	2,12	22,61	24,73
	<i>T. diversifolia</i>	-0,03	-12,72	-12,75	-0,01	-9,38	-9,39
	<i>T. gigantea</i>	-0,23	-43,98	-44,21	-0,32	-53,63	-53,95
Semilla botánica	<i>P. macroloba</i>	5,49	90,48	95,97	7,98	110,45	118,43
	<i>P. pedicellare</i>	22,18	112,95	135,13	17,95	98,68	116,63
	<i>G. ulmifolia</i>	16,63	106,04	122,67	16,94	99,63	116,57
	<i>B. cumanensis</i>	-4,23	96,53	92,30	-3,69	102,43	98,74
	<i>C. odoratissima</i>	4,37	-15,84	-11,47	9,94	25,85	35,79
	<i>W. aff. caracasana</i>	-11,23	25,74	14,51	-9,59	25,74	16,15
	<i>M. oleifera</i>	11,84	-6,93	4,91	7,98	-18,59	-10,61
	<i>L. leucocephala</i>	15,94	-60,74	-44,80	10,50	-64,73	-54,23
	<i>Acacia</i> spp.	10,47	-79,84	-69,37	9,36	-86,34	-76,98
	<i>C. alata</i>	7,43	-85,89	-78,46	2,74	-92,78	-90,04
	<i>A. indica</i>	11,83	-116,97	-105,14	12,84	-120,51	-107,67
	<i>S. saman</i>	-12,78	-111,64	-124,42	-32,84	-146,08	-178,92
	<i>B. arborea</i>	-14,63	-130,43	-145,06	-46,59	-154,38	-200,97

esta planta no leguminosa debe ser fertilizada para estimular elevadas producciones de forraje (Martín *et al.*, 2002; Medina, 2006).

Al evaluar los resultados obtenidos para el IPBA para las especies propagadas por estacas, independientemente de la época, se observó el mejor comportamiento en *C. tinctoria*, seguida por *M. alba* y *H. rosa-sinensis* en la época de lluvias y adicionalmente *C. alba* en sequía. En sentido general, los resultados no presentaron correspondencia con los obtenidos en el IBPC. Esto demuestra que la inclusión de la variable aceptabilidad al IPBA trajo consigo cambios significativos en la jerarquización del potencial forrajero entre las especies y que la producción de biomasa no guarda relación con las

variables que describen la interacción entre el forraje y el animal.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los índices generales, las especies propagadas asexualmente de mayor potencial forrajero para cabras en la zona baja del estado Trujillo son *C. tinctoria*, *C. alba*, *M. alba*, *H. rosa-sinensis* y *G. sepium*, mientras que el resto de las evaluadas en esta categoría (*T. diversifolia* y *T. gigantea*) exhibieron poca factibilidad para su uso en estos animales, en las condiciones de evaluación descrita. Dichos resultados ponen de manifiesto la importancia en la selección de variables fidedignas para la evaluación de especies forrajeras mediante análisis multivariado, lo relevante de considerar los metabolitos secundarios

en la caracterización de leñosas con posibilidad de uso en sistemas silvopastoriles y lo imprescindible de la inclusión del componente animal en los estudios integrales sobre especies promisorias.

Por otra parte, de las especies propagadas por semilla sexual en el IBPC, en ambos periodos climáticos, se destacaron *P. pedicellare*, *G. ulmifolia*, *M. oleifera*, *L. leucocephala*, *Acacia* spp. y *A. indica*, fundamentalmente. No obstante, más de la mitad de las leñosas evaluadas presentaron índices positivos, lo cual pone de manifiesto que, en cuanto a producción de biomasa, exhibieron un comportamiento superior a la media.

Independientemente de la época, al combinar los resultados con el IPBA, se observó el mejor comportamiento en *P. maculosa*, *P. pedicellare*, *B. cumanensis* y *G. ulmifolia*. Los resultados, solo en parte, presentaron correspondencia con los obtenidos en el IBPC, ya que solamente cinco y seis especies, presentaron IPBA positivo para el PLL y el PPLL, respectivamente. Estos resultados reafirman que la inclusión de la selección que realizan los animales es un factor medular para analizar las características forrajeras integrales de las especies evaluadas.

En esta investigación algunas de las arbóreas que no exhibieron los resultados más sobresalientes, pero que son reconocidas por su elevada producción de biomasa comestible y preferencia por los animales (*G. sepium* y *L. leucocephala*) (Mochiutti, 1995; Clavero, 1998), presentaron resultados discretos, quizás relacionados con las condiciones edafoclimáticas que prevalecieron en el ensayo agronómico y el ecotipo utilizado en la evaluación.

Las especies propagadas por vía sexual de mayor potencial forrajero para cabras fueron *P. maculosa*, *P. pedicellare*, *B. cumanensis* y *G. ulmifolia*, mientras que el resto exhibieron poca factibilidad para su uso en estos animales. No obstante, no se descarta su utilización en momentos de escasez de forraje o en zonas donde las condiciones edafoclimáticas, aunado a la elevada distribución natural de algunas de estas especies, justifique su utilización como suplemento para la alimentación animal. De las especies propagadas por estacas que exhibieron mejores resultados, solo *M. alba* es introducida en la zona, mientras que de las propagadas por vía sexual todas las accesiones son nativas de Trujillo. De ahí la necesidad de profundizar en las evaluaciones integrales con estas

especies, dándole mayor importancia a estos forrajes autóctonos, los cuales presentan elevado potencial para la alimentación de los rumiantes en todo el estado. De las especies de elevada distribución en Trujillo, propagadas por estacas, solo *T. diversifolia* exhibió índice negativo. Sin embargo, en cuanto a las especies propagadas por semilla botánica de amplia y media distribución, se observaron dos grupos con índices muy distantes entre sí, lo cual describe que algunas son muy buenas como forraje y otras no, en dependencia de los atributos evaluados.

CONCLUSIONES

Las leñosas más promisorias como forrajeras para cabras en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela son *C. tinctoria*, *M. alba*, *P. maculosa*, *H. rosasinensis*, *W. aff. caracasana*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *P. pedicellare* y *B. cumanensis*.

Aun cuando algunas de las otras especies evaluadas presentan amplia distribución en el estado y considerable producción de biomasa comestible, las principales limitaciones se encuentran relacionadas con su baja aceptabilidad a causa de la presencia de esteroides en su follaje.

LITERATURA CITADA

- Aerts R.J., T.N. Barry y W.C. Mc Nabb. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 75: 1-12.
- Alonso Díaz M.A., J.F.J. Torres Acosta, C.A. Sandoval Castro, H. Hoste, A.J. Aguiar Caballero y C.M. Cepetillo Leal. 2007. Is goats preference of forage trees affected by their tannins or fiber content when offered in cafeteria experiments? *Anim. Feed Sci. Technol.*, 141: 36-48.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15^{ta} ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, EUA.
- 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 de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.

- Clavero T. 1998. *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- De Marcano D. y M. Hasegawa. 1991. Fitoquímica Orgánica. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela.
- El Hassan S.M., A. Lahlou, C.J. Newbold y R.J. Wallace. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 86: 27-33.
- Galindo W., M. Rosales, E. Murgueitio y J. Larrahondo. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de árboles forrajeros. *Livest. Res. Rural Dev.*, 1(1): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/mauricio.htm>
- García D.E. y M.G. Medina. 2005a. Metodología para el estudio de los compuestos polifenólicos en especies forrajeras. Un enfoque histórico. *Zootecnia Trop.*, 23(3): 261-296.
- García D.E. y M.G. Medina. 2005b. Contenido antinutricional de la biomasa comestible en especies forrajeras del género *Albizia*. *Zootecnia Trop.*, 23(4): 345-352.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27(2): 101-111.
- García D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, A. Torres, M. Soca, P. Pizzani, A. Baldizán y C.E. Domínguez. 2008a. Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 31(3): 255-270.
- García D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, M. Soca, P. Pizzani, A. Baldizán y C.E. Domínguez. 2008b. Aceptabilidad de follajes por vacunos, ovinos y caprinos en el Estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 191-196.
- Kumar R. 1992. Antinutritional factor. The potential risks of toxicity and the methods to alleviate them. *En* Speedy A.W. y Pugliese P.L. (Eds.) *Legumes Trees and Other Fodder Trees as Protein Source for Livestock*. FAO Animal Production and Health Paper. No. 102. Roma, Italia. pp. 145-153.
- Machado R. 2006. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas en suelos hidromórficos del humedal Ciénaga de Zapata. *Establecimiento. Pastos y Forrajes*, 29(2): 155-167.
- Makkar H.P.S. 2003. Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Makkar H.P.S., R.K. Dawra y B. Singh. 1988. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *J. Agric. Food Chem.*, 36: 523-525.
- Martín G., F. Reyes, I. Hernández y M. Milera. 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. *En* Sanchez M.D. (Ed.) *Mulberry for Animal Production*. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Roma, Italia. pp. 103-112.
- Medina M.G. 2006. Germoplasma disponible para desarrollar sistemas agroforestales en el estado Trujillo. Memoria I Curso Nacional de Agroforestería. INIA, Trujillo, Venezuela.
- Medina M.G., D.E. García, L.J. Cova, M. Soca, C.E. Domínguez, A. Baldizán y P. Pizzani. 2008. Preferencia de rumiantes por el follaje de árboles, arbustos y herbáceas en la zona baja del estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 26(3): 201-205.
- Mochiutti S. 1995. Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Olivera Y. y R. Machado. 2004. Evaluación de especies del género *Brachiaria* en suelos ácidos e infértiles durante la época de mínimas precipitaciones. *Pastos y Forrajes*, 27(3): 225-232.
- Personious T.L., C.L. Nwambolt, J.R. Stephens y R.C. Keiser. 1987. Crude terpenoid influence on mule deer preference for sagebrush. *J. Range Manage.*, 40(1): 84-87.

- Pinto R., L. Ramírez, J.C. Kú-Vera y L. Ortega. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes*, 25(3): 171-180.
- Pinto R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, V.H. Aguilar, I. Villalobos, J. Nahed y J. Carmona. 2003. Preferencia ovina de árboles forrajeros del centro de Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*, 26(4): 329-333.
- Pinto R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, V.H. Aguilar, L. Tirado, L. Pérez, D. Galdámez, G. Pérez y J. Carmona. 2005. Preferencia ovina de árboles forrajeros del centro de Chiapas, México. *Memorias Primer Simposio Nacional de forrajes tropicales en la producción animal*. Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Porter L.J., L.N. Hrstich y B.G. Chan. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochem.*, 25: 223- 230.
- Stewart J.L. y A.J. Dunsdon. 1998. Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agrofor. Sys.*, 40: 177-198.
- Titus C.H., F.D. Provenza, A. Perevolotsky y N. Silanikove. 2000. Preferences for foods varying in macronutrients and tannins by lambs supplemented with polyethylene glycol. *J. Anim. Sci.*, 78: 1443-1449.
- Visauta B. 1998. *Estadística Multivariante*. McGraw Hill Interamericana de España. Madrid, España.