

Composición química, contenido de polifenoles totales y valor nutritivo en especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido argentino

Carlos A. Rossi^{1*}, Marcelo De León^{2,3}, Gabriela L. González¹, Patricia Chagra Dib⁴
y Ana M. Pereyra¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Santa Catalina, Llavallol, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Correo electrónico: carossi2000@yahoo.com

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Manfredi, Provincia de Córdoba, Argentina.

³ Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad Nacional de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina.

⁴ INTA Estación Experimental Chamental, Provincia de La Rioja, Argentina.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la composición química, contenido de polifenoles totales (CPT) y valor nutritivo en las principales especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido argentino. Los resultados mostraron para proteína bruta (PB) un rango entre 19,4% para *Mimozyanthus carinatus* y 10,2% para *Aspidosperma quebracho-blanco*. Para fibra detergente neutro, los valores fueron elevados: 46,7% para *Acacia aroma*, 44,3% *Prosopis flexuosa*, 42,3% *A. quebracho-blanco* y el mínimo 17,9% resultó para *Bulnesia foliosa*. El porcentaje de fibra detergente ácido resultó máximo (41,3%) en *A. aroma* y mínimo (13,8%) en *B. foliosa*. Los mayores CPT se encontraron en *Larrea cuneifolia* (24,3%) y *Larrea divaricata* (14,4%) y los menores en *A. aroma* (3,6%), *A. quebracho-blanco* (3,4%) y *Celtis pallida* (1,2%). Los análisis de la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DIS MS) y de la PB (DIS PB) se realizaron a lapsos de 24 y 48 h. Para DIS MS a 24 h, *B. foliosa* (86,7%), *C. pallida* (72,1%) y *L. divaricata* (67,9%) resultaron con la mayor degradabilidad. Los menores valores fueron para *M. carinatus* (44,47%), *Prosopis torquata* (44,2%) y *A. aroma* (27,1%). Para DIS MS a 48 h, las especies se agruparon en forma similar. La DIS PB mostró valores superiores al 70% en la mayoría de las especies (*B. foliosa*, *C. pallida*, *L. divaricata*, *A. quebracho-blanco*, *L. cuneifolia* y *P. flexuosa*). Para ambos lapsos, *B. foliosa* resultó con los mayores valores (91,7 y 91,3% para 24 y 48 h, respectivamente), mientras que *A. aroma* mostró los menores (18,4 y 16,8% para 24 y 48 h, respectivamente). No se detectaron correlaciones positivas entre CPT y la DIS MS y de la DIS PB, probablemente debido a que la técnica usada no es específica para detectar solo taninos.

Palabras clave: proteína bruta, fibra, degradabilidad *in situ*, bosque xerofítico, caprinos, vacunos.

Chemical composition, total polyphenols content and nutritional value of browsing species at the silvopastoral system in Argentinean arid Chaco

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the chemical composition, total polyphenols content (TPC), and nutritional value of the main browsing species of the Argentinean arid Chaco. The results showed that crude protein (CP) registered a range between 19.4% for *Mimozyanthus carinatus* and 10.2% for *Aspidosperma quebracho-blanco*. For neutral detergent fiber, the values were high for *Acacia aroma* (46.7%), *Prosopis flexuosa* (44.3%), and *A. quebracho-blanco* (42.3%) and minimum for *Bulnesia foliosa* (17.9%). For acid detergent fiber, *A. aroma* had the maximum value with 41.2% and *B. foliosa* with the lowest, 13.8%. For TPC, the highest values were 24.3

and 14.4% for *Larrea cuneifolia* and *Larrea divaricata*, respectively, while the lowest values were 3.6, 3.4, and 1.2% for *A. aroma*, *A. quebracho-blanco*, and *Celtis pallida*, respectively. The *in situ* degradability analyses for dry matter (ISD DM) and CP (ISD CP) were carried out at 24 and 48 h. For ISD DM at 24 h, *B. foliosa* (86.7%), *C. pallida* (72.1%) and *L. divaricata* (67.9%) were the species with the highest values. The smallest values were for *M. carinatus* (44.5%), *Prosopis torquata* (44.2%), and *A. aroma* (27.1%). For ISD DM at 48 h, the species grouped in similar form. The ISD CP analyses showed values greater than 70% in most of the species (*B. foliosa*, *C. pallida*, *L. divaricata*, *A. quebracho-blanco*, *L. cuneifolia* and *P. flexuosa*). For both lapses, *B. foliosa* showed the highest values (91.7 and 91.3% for 24 and 48 h, respectively) and *A. aroma* with the lowest (18.4 and 16.8% for 24 and 48 h, respectively). Positive correlations were not detected among TPC and ISD DM and ISD CP, probably due to the TPC method used is not specific for tannins.

Keywords: crude protein, fiber, *in situ* degradability, xerophytic forest, goats, cattle.

INTRODUCCION

La región del Chaco árido de Argentina es una extensa planicie (llanura chaqueña) de pendientes suaves que se extiende en el noroeste del país y ocupa una superficie estimada en 8 000 000 ha. El clima es subtropical cálido con una prolongada estación seca, las lluvias son marcadamente estivales (régimen monzónico) que promedian los 320 mm/año. La vegetación se corresponde con un bosque xerofítico bajo, que en condiciones de poca degradación se estructura con tres niveles de vegetación: un estrato superior arbóreo dominado por quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y algarrobo (*Prosopis* spp.), un estrato medio de árboles menores y arbustos y un estrato inferior de pastos nativos megatérmicos (Poaceas C4) de gran diversidad florística (Morello *et al.*, 1977; Cabrera, 1994).

La producción agropecuaria se basa en un sistema silvopastoril con aprovechamiento del bosque nativo para obtención de leña, carbón, madera y ganadería extensiva de vacunos y caprinos (Rossi, 2003). El pastizal natural es el principal recurso forrajero para el ganado, el que es complementado por el ramoneo de diferentes especies leñosas y subleñosas durante casi todo el año (Miñón *et al.*, 1991; Aguirre *et al.*, 1993; Martín *et al.*, 1993).

En el Chaco árido, el mayor porcentaje de ramoneo en la dieta de los rumiantes se produce durante la estación seca, que se presenta durante el otoño e invierno en esta región. Este ramoneo es la forma en que los animales mejoran la ingesta de proteína debido a que los pastos en esta etapa del año tienen su menor calidad con niveles de proteína inferiores al 3% (Baumer, 2000; Pisani *et al.*, 2000).

En la bibliografía se encuentran diferentes trabajos sobre composición química y valor nutritivo de Poaceas nativas y cultivadas de la región, pero existe una vacante de información científica en lo que respecta a las especies de ramoneo, a pesar de su comprobada importancia en la dieta de caprinos y bovinos (Dalmasso *et al.*, 1995; Burghi *et al.*, 2002).

El objetivo central del presente trabajo fue determinar la composición química, el contenido de polifenoles totales y el valor nutritivo del follaje de las principales especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido argentino.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área del estudio

El estudio se realizó en la provincia de La Rioja, en el noroeste de Argentina, en la región denominada Los Llanos. Los muestreos se realizaron en diferentes potreros de la Estación Experimental Agropecuaria "Juan C. Vera" del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, distantes aproximadamente a 21 km. al sur de la ciudad de Chamental (30°21'34.90" S y 66°18'51.73" O) y en campos aledaños a la misma. El área de estudio fue seleccionada porque presenta condiciones típicas de bosque xerofítico, representativo de la vegetación de la región del Chaco árido.

Especies estudiadas

Para la selección de las especies se realizó una revisión bibliográfica sobre preferencia y consumo de caprinos y vacunos en esta región. Se siguió el criterio de considerar abundancia y grado de utilización de los herbívoros, en particular de caprinos, que son los más ramoneadores (Nicosia *et al.*, 1993, 1995;

Martín, 1994; Dayenoff *et al.*, 1996; Pisani *et al.*, 1999, 2000).

El resultado fue la conformación de tres grupos de plantas:

1.- Especies abundante y de baja utilización: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Larrea divaricata* (jarilla) y *Larrea cuneifolia* (jarilla norte-sur).

2.- Especies abundantes y de media a alta utilización: *Prosopis flexuosa* (algarrobo negro) y *Mimozyanthus carinatus* (lata).

3.- Especies de abundancia media a baja y utilización media a alta: *Prosopis torquata* (tintitaco), *Acacia aroma* (tusca), *Celtis pallida* (tala), *Bulnesia foliosa* (jarilla negra o bulnesia) y *Lippia turbinata* (burro o poleo).

Época y recolección de muestras

La recolección de muestras para las determinaciones de la composición química, contenido de polifenoles totales (CPT) y valor nutritivo (VN) se efectuó durante la estación seca, en los meses de mayo y junio, que se corresponde en esta región con finales de otoño e inicio del invierno. Se eligió este momento del año para efectuar la recolección de muestras dado que durante este período seco es cuando el ramoneo (particularmente en las cabras) tiene mayor importancia por el aporte estratégico de nutrientes a la dieta.

Para el muestreo se eligieron treinta y cinco plantas al azar de cada especie de diferentes edades, recolectándose 35 muestras de hojas frescas abarcando un rango desde el nivel del suelo hasta una altura de hasta 2 m, compatible con las posibilidades de ramoneo por parte de los animales. El peso promedio de cada muestra fue de aproximadamente 300 g de materia verde.

Preparación de las muestras

El material obtenido en el muestreo fue inmediatamente colocado en una estufa de aire forzado a 60°C y deshidratado hasta obtenerse materia seca (MS) a peso constante. Cada muestra fue molida en un molino de cuchillas y pasado por un tamiz de malla de 2 mm. Posteriormente, el material de cada especie fue subdividido en tres submuestras para someterlo a tres tipos de análisis:

Submuestra A: Determinaciones de proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA).

Submuestra B: Determinación del contenido de polifenoles totales (CPT).

Submuestra C: Determinaciones de degradabilidad *in situ* de la MS (DIS MS) y degradabilidad *in situ* de la PB (DIS PB) a las 24 y 48 h.

Metodología de análisis de laboratorio

Determinaciones de proteína bruta

Se emplearon los procedimientos clásicos según la metodología Kjeldahl. Se calculó el porcentaje de la PB como el contenido de Nitrógeno de la muestra multiplicado por 6,25 (AOAC, 1984).

Determinación de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida

La técnica aplicada se basó en la metodología propuesta por Van Soest *et al.* (1991) en base al uso de detergentes utilizándose para el trabajo un analizador semiautomático Ankom. La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIV MS) se estimó en función de la FDA según la fórmula propuesta por Ustarroz *et al.* (1997): Digestibilidad estimada (%) = 88,9 - (0,779 * FDA)

En el presente trabajo se respetó el criterio de incluir en la muestra las hojas con el pecíolo y las ramitas tiernas, tratando de respetar la integridad del material vegetal tal cual lo consumen los animales.

Determinación del contenido de polifenoles totales

Se siguió el procedimiento denominado como método standard de cuantificación en base al uso del reactivo de Folin-Ciocalteu y la calibración de las muestras patrones en el espectrofotómetro con ácido tánico. La lectura de los preparados se realizó con un espectrofotómetro Shimadzu UV-visible de rango 200-800 nm (Makkar y Becker, 1994).

Determinación de la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DIS MS)

Se siguió la metodología propuesta por Ørskov y Mc Donald (1979), empleándose para la incubación dos novillos de raza Holando Argentino con fístula ruminal permanente, de 3 años de edad y con un peso vivo de 530 y 550 kg, cada uno. En los 20 días previos y durante todo el tiempo que llevó el estudio, los novillos accedieron libremente a agua de bebida

limpia y fresca y fueron alimentados con heno de alfalfa de alta calidad (MS 84%; PB 20,5%; FDN 56,8%).

Cada muestra de MS se subdividió en dos submuestras para obtener datos de desaparición de la MS en dos lapsos de incubación: 24 y 48 h. Las submuestras se colocaron duplicadas (una repetición) en bolsas de dacron (nylon) de 7,6 cm por 10,5 cm, con poros de 50 μ m y se introdujeron todas en forma conjunta en el rumen de los novillos fistulados para su incubación. Las bolsas, una vez retiradas de los animales, fueron lavadas en agua fría y luego enjuagadas en agua destilada. Posteriormente fueron secadas en estufa a 60°C durante 48 h y finalmente pesadas. El valor de la DIS MS resultante de la incubación se estimó por la siguiente ecuación: DIS MS (%) = [(PI - PF) / PF] * 100, donde PI es el peso inicial y PF el peso final.

Determinación de la degradabilidad *in situ* de la PB (DIS PB)

Este parámetro se obtuvo por diferencia entre la PB inicial en la MS del forraje y la PB remanente en el residuo post degradabilidad *in situ* a 24 y 48 h.

Análisis estadístico de los resultados

Para los datos obtenidos en los procedimientos analíticos de composición química se aplicaron diferentes análisis estadísticos empleando el software SAS (SAS, 2004) para establecer la existencia de diferencias significativas entre las especies y correlaciones entre los factores analizados.

Para PB, FDN, digestibilidad estimada en base a FDA, DIS MS, DIS PB y CPT se utilizó el test de Dunn. A causa de la falta de homogeneidad de las varianzas en el análisis de PB, el análisis estadístico del test de Duncan se realizó sobre la variable transformada en -1/ PB. Para el análisis de FDA se aplicó el test de Dunn en base a los rangos medios.

Para analizar la correlación entre la DIS MS y CPT y la DIS PB y CPT se aplicó el Coeficiente de Correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSION

Proteína bruta

Los resultados de PB en las leñosas estudiadas resultaron promisorios ya que los valores más bajos superaron el 10%. Se observaron diferencias

estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las especies. *M. carinatus* con 19,4% resultó la especie con el valor más alto de PB y *A. quebracho-blanco* con 10,2% con el menor valor (Cuadro 1).

El contenido de PB en la dieta es, tal vez, uno de los mayores problemas que presenta el forraje en esta región árida durante el periodo de estación seca, que se corresponde con el otoño e invierno. El pastizal del bosque xerofítico en ese periodo del año se encuentra completamente seco ya que las bajas temperaturas y la sequía estacional ponen fin al ciclo de crecimiento de los pastos. La biomasa forrajera en pie se torna senescente y pierde calidad rápidamente, aumentando la proporción de fibra y disminuyendo los contenidos de energía y PB.

De León (1995), analizando gramíneas diferidas consideradas buenas forrajeras para la región, determinó valores de PB que oscilan entre un mínimo de 4,3% para *Cenchrus ciliaris* (Buffel grass), una poacea exótica muy utilizada en la región y un valor máximo de 5,4% para *Pappophorum caespitosum*, una especie nativa. En función de esta comparación los valores obtenidos para las leñosas estudiadas deben considerarse como buenos, ya que todos los resultados superan el 10%.

Para reafirmar esto, podemos comparar los valores de PB de estas especies de ramoneo con los de forrajeras templadas de muy buena calidad utilizadas en pasturas de la región pampeana y en la misma época (invierno). A modo de ejemplo podemos citar resultados mencionados por Guaita y Fernández (2005) para pasturas compuestas de alfalfa (*Medicago sativa*), cebadilla (*Bromus catharticus*) y pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) que presentó 18,6% de PB y otra mezcla de alfalfa y festuca (*Festuca arundinacea*) con 15,3% de PB.

Los contenidos de PB de las plantas de ramoneo estudiadas resultan estratégicos en este periodo del año. Mediante el ramoneo de los árboles y arbustos, los animales obtienen mayores niveles de proteína y energía en la dieta y así compensan la baja calidad que les ofrece el pastizal diferido en este periodo seco (Balmaceda y Digiuni, 1983; Miñón *et al.*, 1991; Pisani *et al.*, 2000).

Smetham (1977) y Minson (1982, 1990) hacen referencia a la situación crítica que afecta a los rumiantes cuando las dietas presentan contenidos de

Cuadro 1. Contenidos de proteína cruda (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad estimada en base a la FDA (DE), degradabilidad *in situ* (DIS) de MS y PB y contenido de polifenoles totales (CPT) en diez especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido argentino.

Especie	Follaje†	PB	FDN	FDA	DE	DIS MS		DIS PB		CPT
						24	48	24	48	
		----- % -----				----- h -----				%
<i>C. pallida</i>	C	16,14b‡	29,28cd	21,17bc	72,40	72,10b	74,52b	82,37b	84,15b	1,23f
<i>B. foliosa</i>	C	16,12b	17,97f	13,79c	78,15	86,67a	87,22a	91,68a	91,34a	4,73d
<i>P. flexuosa</i>	C	17,98ab	44,32a	33,85abc	62,53	53,76c	56,99cd	71,20c	71,83c	5,76d
<i>P. torquata</i>	C	17,05ab	36,36b	33,39abc	62,88	44,17d	52,52d	38,32e	55,79d	5,86d
<i>L. turbinata</i>	C	16,68b	36,24b	39,70ab	55,17	59,29c	60,67c	68,84c	66,91c	6,02d
<i>M. carinatus</i>	C	19,42a	31,99bc	27,77abc	67,27	44,47d	53,37d	38,62e	53,67d	10,20c
<i>A. quebracho-blanco</i>	P	10,16c	42,28a	34,37abc	62,12	53,86c	54,38d	79,90b	80,34b	3,44e
<i>A. aroma</i>	C	16,22b	46,69a	41,23a	56,77	27,09e	27,77e	18,38f	16,84e	3,58e
<i>L. divaricata</i>	P	15,63b	24,16de	20,76bc	72,72	67,86b	75,95b	68,85c	81,86b	14,44b
<i>L. cuneifolia</i>	P	17,10ab	22,63ef	18,30bc	74,64	57,98c	71,86b	52,32d	73,32c	24,33a

† C: Caducifolio, P: Perennifolio.

‡ Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente ($P < 0,05$).

PB menores a 7%. En tales casos se considera que el N dietario pasa a ser un factor limitante que afecta el consumo voluntario, aumenta el tiempo de la tasa de pasaje y retarda los procesos digestivos en general.

Acorde a los resultados obtenidos, se puede reafirmar la importancia que adquiere mantener la estructura leñosa en esta región utilizando el sistema silvopastoril de producción, por el importante aporte en calidad de forraje con que contribuyen las leñosas a la dieta de los herbívoros.

Fibra detergente neutro

Los valores de FDN obtenidos se distribuyeron de acuerdo con las especies que no presentaron diferencias significativas entre sí. Un primer grupo está integrado por *A. aroma* (46,7%), *P. flexuosa* (44,3%) y *A. quebracho-blanco* (42,3%) que resultaron con los valores de FDN más elevados. El siguiente grupo estuvo formado por *P. torquata* (36,4%) y *L. turbinata* (36,2%). Por su parte, *B. foliosa* resultó la especie cuyo follaje presentó el valor menor de FDN con 17,9%.

El FDN es un indicador que se correlaciona inversamente con el consumo voluntario (Galli, 1997, Ustarroz *et al.*, 1997). De acuerdo con Mertens (1983),

el consumo voluntario de un rumiante está limitado al 1,1% +/- 0,1 de su peso vivo expresado en FDN.

Gonda (1992) reporta que elevados porcentajes de FDN, como los obtenidos en el primer grupo, pueden afectar la ingesta voluntaria induciendo la regulación de la misma por mecanismos de control físico. Los valores de FDN obtenidos para las leñosas estudiadas deben ser considerados como buenos, en comparación con los porcentajes que registran las especies del pastizal de la región en el mismo período. Al respecto, Burghi (2002) analizó FDN en diez pastos nativos (Poaceas C4) del Chaco árido, obteniendo promedios que oscilaron entre 84,5% para *Aristida mendocina* y 69,1% para *Papopphorum philippianum*. Acorde a estos resultados, todas las especies de ramoneo estudiadas mostraron valores de FDN inferiores a los de los pastos, siendo esto un indicador favorable desde el punto de vista de las cualidades forrajeras de estas leñosas.

Fibra detergente ácido

Los valores de FDA presentaron un gradiente que ubica a *B. foliosa* con el menor valor (13,8%) y en el otro extremo, *A. aroma* (41,2%) resultó con el mayor valor. Las restantes ocho especies obtuvieron valores intermedios que oscilaron entre 18,3 y 39,7%.

A modo referencial, Ferrando *et al.* (1997) reportaron datos de FDA en el mismo período del año con 33, 31 y 23,8% para *A. aroma*, *P. flexuosa* y *B. foliosa*, respectivamente. Solamente *P. flexuosa* resultó con un promedio similar (33,9%).

Si comparamos los resultados de FDA del Cuadro 1 con los reportados por Burghi *et al.* (2002) para Poaceas (C4) de la región en la misma época, observamos que los pastos registran valores ampliamente superiores a los de las leñosas estudiadas. Estos autores obtuvieron un rango con un mínimo para *Chloris ciliata* (46,3%) y un máximo para *Gouinia paraguayensis* (51,3%).

Los mayores porcentajes de FDA inciden en forma directa sobre la degradabilidad a nivel ruminal (mayor contenido de componentes estructurales poco digestibles). El ramoneo en el período seco también mejoraría parcialmente la calidad de la dieta bajando la proporción de fibra de la misma si lo comparamos con una dieta solo de pastos y sin ramoneo.

Contenido de polifenoles totales

El interés de analizar el CPT tuvo como finalidad evaluar si se encontraba alguna relación entre estos compuestos y los resultados de degradabilidad *in situ* de la MS y de la PB, teniendo en cuenta que se presume que una importante proporción de los CPT se corresponde con taninos (Carulla y Lascano, 1994). Diversos estudios demostraron que los polifenoles con capacidad de formar complejos con las proteínas se encuentran presentes en el 80% de las dicotiledóneas arbóreas (Muller-Harvey y McAllan, 1992).

Los resultados mostraron diferencias significativas entre las especies estudiadas. *L. cuneifolia* resultó la especie que registró mayor valor de CPT con 24,3%, seguida por *L. divaricata* con 14,4% y *M. carinatus* con 10,2%. Estos altos porcentajes encontrados en las dos *Larrea* spp., son concordantes con resultados similares encontrados en la bibliografía para este género, como reportado por Rhoades (1977) para *Larrea tridentata* con un promedio de 26%.

Otros estudios sobre el género *Larrea* mencionan que esta especie tiene una deposición resinosa sobre la superficie foliar que puede llegar a constituir aproximadamente un 14% del peso total de la hoja. De ese 14% del peso del follaje, un 80% son considerados taninos (Mabry *et al.*, 1977). De acuerdo a la literatura consultada, los valores de las dos *Larrea* spp. y de *M. carinatus* deben ser considerados

como potencialmente negativos para las cualidades forrajeras de estas especies. Al respecto, Minson (1990), Fischer *et al.* (1995) y Simón Guelmes (1998) reportan que los forrajes con contenido de taninos superior al seis por ciento pueden ver reducida la digestibilidad ruminal de la PB y también deprimir el consumo voluntario.

Esta alta proporción de CPT en el follaje de las *Larrea* spp. estudiadas podría explicar en gran parte la baja preferencia animal que presentan, si consideramos que en este género la bibliografía documenta que un alto porcentaje de CPT son taninos (Mabry *et al.*, 1977).

Por otra parte, *L. turbinata*, *P. torquata*, *P. flexuosa* y *B. foliosa* mostraron porcentajes intermedios que oscilaron entre 6,0 y 4,7% que no difirieron significativamente entre sí. Finalmente, *A. quebracho-blanco* con 3,4%, *A. aroma* con 3,6% y *C. pallida* con 1,2% resultaron las de menores porcentaje de CPT y con diferencias estadísticamente significativas entre las dos primeras y la última. Estos bajos porcentajes de (2 a 3%) que presentan *A. quebracho-blanco*, *A. aroma* y *C. pallida* pueden generar algunos efectos beneficiosos sobre la producción de los rumiantes (Ibrahim *et al.*, 2003). Otras referencias sobre el tema reportan que se ha observado un incremento de la proteína by-pass que llega al duodeno cuando los animales consumen dietas bajas en taninos, aunque también se advierte en esos trabajos que puedan verse afectados los procesos de consumo voluntario y la digestión (Waghorn *et al.*, 1990; Carulla y Lascano, 1994; Kugler, 1994; Montossi, 1996).

También en este sentido, Waghorn *et al.* (1990) y Montossi (1996) en ensayos comparativos de dietas con y sin taninos registraron incrementos entre 10 y 15% en la producción de carne, leche y lana, con relación a las dietas testigos sin taninos.

Respecto al consumo de especies con polifenoles, se observa que a pesar de la presencia de altos porcentajes de CPT que presentan, por ejemplo las jarillas (*Larrea* spp.), los animales igual la consumen en una mínima proporción. La explicación a esto es que una dieta variada, integrada por especies diversas con plantas que poseen una gran variedad de concentración de toxinas y nutrientes, les permitiría a los animales cubrir mejor los requerimientos nutricionales y disminuir los efectos adversos de los polifenoles y toxinas. (Distel y Villalba, 2007).

Degradabilidad estimada en base a FDA

Los resultados obtenidos presentan la misma gradualidad que los resultados de FDA. *C. pallida* y *L. turbinata* registraron valores similares a los obtenidos para degradabilidad *in situ* a 24 h, mientras que en el resto de las especies los valores difieren notablemente.

Es probable que la fórmula utilizada no sea muy adecuada para estimar digestibilidad en hojas de leñosas, ya que ha sido desarrollada y aplicada para evaluar granos y leguminosas forrajeras como alfalfa.

Degradabilidad *in situ* de la MS

Los resultados de DIS MS mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las especies para el lapso de 24 h, observándose cinco agrupamientos. *B. foliosa* (86,7%) resultó la de mayor porcentaje de desaparición de MS. El siguiente grupo se conformó con *C. pallida* (72,1%) y *L. divaricata* (67,9%). El tercer grupo quedó conformado por *L. cuneifolia*, *L. turbinata*, *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa* con un rango entre 57,9% para la primera y 53,8% para la última. El cuarto grupo correspondió a *M. carinatus* (44,5%) y *P. torquata* (44,2%) y finalmente *A. aroma* resultó la de menor degradabilidad con 27,1%.

Para el lapso de 48 h también se encontraron diferencias significativas y las especies se agruparon en forma similar a lo obtenido para 24 h. *B. foliosa* resultó con 87,2% de promedio de desaparición de la MS. En el segundo grupo lo integran *L. divaricata* (75,9%), *L. cuneifolia* (71,9%) y *C. pallida* (74,5%). Por su parte, *L. turbinata* (60,7%) y *P. flexuosa* (56,9%) conforman el tercer agrupamiento. El cuarto agrupamiento lo integran *A. quebracho-blanco* (54,4%), *M. carinatus* (53,4%) y *P. torquata* (52,5%). Finalmente, *A. aroma* (27,8%) que casi no varió su valor para 24 h, resultó la especie con el menor porcentaje en términos absolutos.

En la bibliografía consultada sobre referencias de valores de degradabilidad *in situ* de la MS para las especies estudiadas casi no se encontraron referencias. Solo hay una presentación parcial reportada por Ferrando *et al.* (1997), para tres especies, pero en un lapso de 72 h: *A. aroma* (40,9%) *P. flexuosa* (66,2%) y *B. foliosa* (78,8%). Si bien los valores absolutos difieren con los del presente trabajo, mantienen el mismo gradiente de orden entre las tres especies.

Se debe considerar que es solo un dato referencial ya que Ferrando (1997) utilizó un lapso mayor de incubación.

Los resultados obtenidos para *B. foliosa*, *L. divaricata*, *L. cuneifolia*, *C. pallida* y *L. turbinata* son comparables a los valores que presentan algunas de las mejores pasturas templadas de la región pampeana en la misma época. Al respecto, Guaita y Fernández (2005) reportan resultados obtenidos para pasturas mixtas de alfalfa, cebadilla (*B. catharticus*) y pasto ovilla (*D. glomerata*) con un 63,4%; de alfalfa y festuca (*F. arundinacea*) con 57,8% y de rye grass (*Lolium multiflorum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) con 73,8%.

Degradabilidad *in situ* de la PB

Los resultados de DIS PB mostraron amplias diferencias significativas entre las especies analizadas. Para la mayoría de las especies, *B. foliosa*, *C. pallida*, *L. divaricata*, *A. quebracho-blanco*, *L. cuneifolia* y *P. flexuosa*, los valores de degradabilidad superaron el 70%. *B. foliosa* resultó la especie con mayor degradabilidad de PB para ambos lapsos, seguida por *C. pallida* y *A. quebracho-blanco*. En el otro extremo se ubicó *Acacia* que presentó el menor valor para ambos lapsos.

Los valores de degradabilidad de PB obtenidos para *L. divaricata* y *L. cuneifolia* y para *P. flexuosa* fueron elevados y no se observó una interacción manifiesta por parte de los polifenoles totales que afectara la degradabilidad de la proteína como indica la bibliografía (Makkar, 1989; Minson, 1990; Carulla y Lascano, 1994; Ramos *et al.*, 1998).

Relación entre la degradabilidad *in situ* de la MS y el CPT

Con la finalidad de detectar la existencia de relación entre los valores de DIS MS y el CPT de las mismas muestras, se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson cuyo resultado se observa en la Cuadro 2. El análisis estadístico no mostró correlación significativa. Esta falta de correlación también ha sido reportada por otros autores; Carulla y Lascano (1994) y Kugler (1994), en estudios similares utilizando la técnica *in situ*, han encontrado también falta de correlación entre el nivel de CPT y la DIS MS. Una explicación a esta falta de correlación podría deberse a que existe una gran variación entre

Cuadro 2. Correlación entre la DIS MS y PB con el CPT a las 24 y 48 horas en hojas de leñosas en base al coeficiente de correlación de Pearson, Valor de P entre paréntesis.

Variables	Degradabilidad MS		Degradabilidad PB	
	24	48	24	48
	----- h -----		----- h -----	
CPT, %	0,043 (0,76)	0,268 (0,062)	-0,1758 (0,227)	0,1150 (0,431)

las estructuras químicas y pesos moleculares de los polifenoles en general, no habiéndose cuantificado en este trabajo taninos en forma específica. En este sentido dentro de los compuestos polifenólicos pueden encontrarse otros compuestos, además de los taninos, que pueden favorecer los procesos de degradación de la MS.

Relación entre la degradabilidad de la PB y el CPT

En base a los resultados obtenidos se evaluó estadísticamente la posible correlación entre el CPT y la DIS PB con la finalidad de comprobar la existencia de asociación entre las variables. Se aplicó el test de correlación de Pearson, cuyos resultados se observan en el Cuadro 2.

Los resultados indican que no se detectaron correlaciones estadísticamente significativas entre las variables analizadas. Los mayores CPT en las muestras no afectaron directamente la DIS PB como era de esperarse de acuerdo a la bibliografía (Makkar, 1989; Minson, 1990; Ramos *et al.*, 1998). Esta falta de relación podría ser explicada inicialmente debido a que la técnica de laboratorio utilizada en este trabajo, en base al uso del reactivo de Folin-Ciocalteu, no es una técnica específica para detectar taninos.

Sin embargo, Reed (1995) afirma que algunos métodos de laboratorio para la determinación de CPT como taninos pueden generar resultados muy variables. En este mismo sentido, Makkar y Becker (1994) encontraron que si bien la técnica usando el reactivo de Folin-Ciocalteu y AT es la más ampliamente usada en este tipo de investigaciones, la misma puede tener variaciones de hasta un 20% en los resultados de acuerdo al origen comercial del AT empleado.

Otro aspecto que se debe discutir también es la naturaleza de los polifenoles presentes en las plantas, no solo su contenido. Al respecto, hay ciertos tipos de

polifenoles que reaccionan positivamente al método de análisis, pero sus propiedades químicas no precipitan proteínas. Los compuestos polifenólicos, incluidos los taninos, tienen una gran variación en su peso molecular, oscilando entre 1.850 y 154.000 (Williams *et al.*, 1983). Se considera que los polifenoles de alto peso molecular son deficientes en formar enlaces estables con las proteínas, mientras que en el otro extremo los de bajo peso molecular forman enlaces poco estables con las proteínas. Son los polifenoles de peso molecular intermedio los que poseen la mayor capacidad de ligar y precipitar proteínas (Carulla y Lascano, 1994).

Finalmente, un aspecto que merece también discutirse es la técnica *in situ* utilizadas en este trabajo. Es probable que al analizar pequeñas muestras de forraje (2 g) y no raciones completas similares a la de los animales en ramoneo, no se pueda visualizar la real influencia del CPT sobre la DIS MS y DIS PB, ya que las cantidades de polifenoles, en particular taninos, son realmente insignificantes en términos absolutos y difícilmente puedan ejercer alguna influencia que afecte el ambiente ruminal y los procesos digestivos.

CONCLUSIONES

Las especies *C. pallida* y *B. foliosa* resultaron con las mejores características nutricionales en conjunto, dado sus elevados contenidos de PB, bajos porcentajes de FDN y FDA, altos valores de DIS MS y DIS PB y baja presencia de CPT. *L. turbinata* y *P. flexuosa* se ubicaron en un segundo nivel por sus cualidades forrajeras, a pesar de tener altos contenidos de PB, debido a que registran elevados valores de FDN, FDA y CPT con menores niveles de degradabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes personas que colaboraron en distintas etapas durante el desarrollo del presente trabajo: Lic. Daniel Leguiza,

Ing. Agr. Eduardo Aguirre, Ing. Agr. Carlos Ferrando, Lic. Héctor Lacarra, Ing. Agr. María A. Brunetti, Sr. Roberto Breglia y Sr. Juan C. Amendolara.

LITERATURA CITADA

- Aguirre E., P. Dayenoff y H. Carrizo. 1993. Composición botánica de la dieta caprina en pastoreo. Serie Publicación de Investigación. E.E.A. INTA La Rioja, Argentina.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14^a. ed. Washington, D.C.
- Balmaceda N.A. y J.N.P. de Digiuni. 1983. Estimación de la dieta de vacunos, ovinos, caprinos y guanacos en zona de monte por el método micro histológico. *Rev. Arg. Prod. Animal*, (10): 265-272.
- Baumer M. 2000. Trees as Browse and to Support Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper No. 102. FAO. Roma.
- Broderick G.A y K.A. Albretch. 1997. Ruminant *in vitro* degradation of protein in tannin-free and tannin-containing forage legume species. *Crop Sci.*, 37: 1884-1891.
- Burghi V., L. Blanco, C. Ferrando, E. Oriente y F. Biurrun. 2002. Parámetros nutritivos de gramíneas nativas de la subregión de los médanos y afloramiento de cerrillos en el Chaco Árido riojano: Invierno y Primavera 1997. Resúmenes de Trabajos de Investigación 1997-2002. Áreas de Recursos Naturales, Recursos Forrajeros y Producción Bovina. Publicación de la EEA INTA La Rioja, Centro Regional Cuyo, Argentina.
- Cabrera A.L. 1994. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II: Regiones Fitogeográficas Argentinas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires, Argentina.
- Carulla J. y C. Lascano. 1994. Presencia de polifenoles totales en las especies forrajeras: Implicancias alimenticias. Memorias I Seminario sobre Agroforestería, Santafé Bogotá, Colombia.
- Dalmasso A. J. Silva Colomer, A.M. Diblasi y O. Borsetto. 1995. Dieta del caprino en el piedemonte de los Andes, Mendoza, Argentina. *Revista Multequina*, 4: 17-28.
- Dayenoff P., E. Aguirre y M. Bolaño. 1996. Dinámica de la vegetación del Chaco árido bajo pastoreo caprino controlado. Trabajos Área Producción Caprina, 1986-1996. INTA EEA La Rioja, U. N. de La Rioja, Chamental, Argentina.
- De León M., N. Boetto, R.A. Peuser, M.C. Bulasechevich y C. Luna. 1995. Efecto de la época de diferimiento sobre la producción total. Disponibilidad invernal y calidad forrajera de gramíneas subtropicales. Memorias XIV Reunión ALPA, Mar del Plata, Argentina.
- Distel R.A. y J.J. Villalba. 2007. Diversidad vegetal, selección de dieta y producción animal. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 27: 55-63.
- Ferrando C., F. Biurrun, L. Blanco, E. Oriente, V. Burghi y D. Cabral. 1997. Parámetros nutritivos de latifoliadas nativas del Chaco Árido: Otoño, Invierno y Primavera 1997. EEA INTA-La Rioja, Informe Anual Proyecto Regional 430325. Argentina.
- Fischer D.S., J.C. Burns y J.E. Moore. 1995. The Nutritive Evaluation of Forage. An Introduction to Grassland Agriculture. Iowa State University Press, Ames, IO.
- Galli J.R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. Producción Animal en pastoreo. Edit. Cangiano – EEA INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Gonda H.L., G.H. Rearte, P.T. García, M. Gallardo, F.J. Santini y A.D. Garcarena. 1992. Efecto de la madurez de la pastura sobre el consumo de forraje y la producción y composición de la leche. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 13(3): 223-234.
- Guaita M.S. y H.H. Fernández.. 2005. Tabla de Composición Química de Alimentos para Rumiantes. Área de Investigación en Producción Animal, INTA EEA Balcarce, CERBAS, Buenos Aires, Argentina.
- Ibrahim M., L. tMannetje y S. Ospina. 2003. Prospects and Problems in the Utilization of Tropical Herbaceous and Woody Leguminous Forage. Matching Herbivore Nutrition to Ecosystems Biodiversity. VI International Symposium on

- the Nutrition of Herbivores. L. t Mannelje, L. Ramirez Avilés, C. Sandoval-Castro y J.C. Ku-Vera (Eds). Mérida, México.
- Kugler N.M. 1994. Efecto del agregado de taninos de quebracho (*Schinopsis* sp.) sobre la eficiencia digestiva en bovinos alimentados con forraje fresco en base a alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis de M. Sc., Escuela para Graduados Univ. Nac. Mar del Plata, EEA INTA Balcarce, Argentina.
- Mabry T.J., D.R. Di Feo Jr., M. Sakakibara, C.F. Bohnstedt Jr. y D. Seigler. 1977. The natural products chemistry of larrea. creosote bush: *En* Mabry T.J., J.H. Hunziker y D.R. Di Feo (Eds). *Biology and Chemistry of Larrea in New World Deserts*. Hutchinson and Ross, Strudsborg, PA pp. 115-134.
- Makkar H.P.S. 1989. Protein precipitation methods for quantitation of tannins: A review. *J. Agric. Food Chem.*, 37: 1197-1202.
- Makkar H.P.S. y K. Becker. 1994. Some problems in the determination of tannins and possible solutions. *Acta Hori.*, 381: 782-788.
- Martín G.O. (h), E.D. Lagomarsino e I. Cano Grill. 1993. Composición botánica de la dieta de bovinos criollos en un pastizal del Chaco semiárido en Tucumán. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 13(1): 38-45.
- Martín G.O. (h). 1994. Hábitos de consumo y manejo de los recursos forrajeros naturales en la zona de Vinara, Santiago del Estero. Curso-Taller "Alimentación del Ganado Caprino" UIC-FAZ, Catamarca, Argentina.
- Mertens D.R. 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. *Proc. Cornell Nutrition Conference*. Ithaca, NY.
- Minson J.D. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. *En* Hacker J.B. (Ed.) *Nutritional Limits to Animal Production in Pastures*. Commonwealth Agricultural Bureau, Farham Royal, Inglaterra
- Minson J.D. 1990. Protein in Ruminant Nutrition, Protein, Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego, CA.
- Miñón D.P., A. Fumagalli y A. Auslender. 1991. Hábitos alimentarios de vacunos y caprinos en un bosque de la región Chaqueña semiárida. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 11(3): 275-283.
- Montossi F. 1996. El Valor Nutricional de los Taninos Condensados en el Género *Lotus*. Producción y Manejo de Pasturas, INIA, Serie Técnica 80. Tacuarembó, Uruguay
- Morello J., L.A. Sancholuz y C.A. Blanco. 1977. Estudio macroecológico de los llanos de La Rioja. *Revista IDIA, Supl.* 34: 242-248.
- Muller-Harvey I. y A.B. McAllan. 1992. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. *Adv. Plant Cell Biochem. Biotec.*, 1: 151-217.
- Nicosia M., G.O. Martín y F.D. Lagomarsino. 1993. Valor nutritivo de hojas de arbustos y arboles nativos del noroeste Argentino. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 13(1): 42-43.
- Nicosia M., H.O. Martín y E.D. Lagomarsino. 1995. Composición química y digestibilidad en hojas de leñosas nativas del Chaco semiárido del NOA. *Memorias XIV Reunión ALPA Mar del Plata, Argentina*.
- Ørskov E.R. e I. Mc Donald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-503.
- Pisani J. M., R.A. Distel, F.E. Bontti, O.E. Fernandez, E. Eldridge y D. Freudenberger. 1999. Goat preference for *Prosopis caldenia* and *Prosopis flexuosa* in rangelands of central Argentina. *Proceedings VI International Rangeland Congress, Townsville, Queensland, Australia*.
- Pisani J.M., R.A. Distel y E.E. Bontti. 2000. Diet selection by goats on a semi-arid shrubland in central Argentina. *Rev. Ecología Austral*, 10(1): 103-108.
- Ramos G., P. Frutos, F.J. Giráldez y A.R. Mantecón. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootecnia*, 47: 597-620.
- Reed J.D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Animal Sci.*, 73: 1516-1528.

- Rhoades D.F. 1977. The antiherbivore chemistry of larrea. creosote bush: *En* Mabry T.J., J.H. Hunziker y D.R. Di Feo (Eds.) *Biology and Chemistry of Larrea in New World deserts.* Hutchinson and Ross, Strudenberg, PA: pp. 135-175.
- Rossi C.A. 2003. Componentes antinutricionales en especies leñosas forrajeras de los pastizales del Chaco arido Argentino. Tesis M Sc. Escuela para Graduados de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Univ. Nac. Córdoba, Argentina.
- SAS. 2004. SAS User's Guide. Ver. 8, SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Simón Guelmes L. 1998. Los Árboles en la Ganadería. Tomo 1: Silvopastoreo. Edit. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Smetham M. L. 1977. Grazing management. Pasture, and herbage quality. *En* Langer R.H.M. y A.W. Reed (Eds.) *Pastures and Pasture Plants.* Soc. Brit. Agron. Londres. Inglaterra. pp. 58-75
- Ustarroz E., N. Latimori y R. Peuser. 1997. Módulo de programación forrajera. Alimentación en bovinos para carne. 4to Curso de Capacitación para Profesionales. EEA INTA Manfredi, Pcia. de Córdoba, Argentina.
- Van Soest P.J., J.B. Robertson y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.
- Waghorn G.C, W.T. Jones, I.D. Shelton y W.C. Mac Nabb. 1990. Condensed tannins and nutritive value of herbage. *Proc. New Zeland Grasses Assoc.*, 51: 171-176.
- Williams V.M., L.J. Porter y R.W. Hemingway. 1983. Molecular weight profile of proanthocyanidin polymers. *Phytochem.*, 22(2): 569-572.