

NOTA CORTA [SHORT NOTE]

PRESENCIA DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN EL FOLLAJE DE  
DIEZ LEÑOSAS DE RAMONEO EN EL BOSQUE XEROFÍTICO DEL  
CHACO ÁRIDO ARGENTINO.

[SECONDARY METABOLITES PRESENCE IN TEN BROWSE WOODY  
PLANTS IN THE XEROPHITIC WOODLAND IN THE ARGENTINE ARID  
CHACO REGION]

Carlos Alberto Rossi<sup>1\*</sup>, Marcelo De León<sup>2</sup>; Gabriela Laura González<sup>1</sup> and Ana  
María Pereyra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora,  
Camino de Cintura Km 2, Llavallol (1836) Provincia de Buenos Aires, Argentina.  
E-mail: carossi2000@yahoo.com

<sup>2</sup> EEA INTA Manfredi, Provincia de Córdoba, Argentina.

\*Corresponding autor

SUMMARY

Presence of secondary metabolites (tannins, alkaloids, saponins and steroids) in the foliage of ten woody species of the Argentinean Arid Chaco Region was determined. Selected species were: *Aspidosperma quebracho-blanco*; *Prosopis flexuosa*; *Prosopis torquata*; *Bulnesia foliosa*; *Celtis pallida*; *Lippia turbinata*; *Larrea divaricata*; *Larrea cuneifolia*; *Acacia aroma* and *Mimozyanthus carinatus*. These species are consumed by goats and cattle in the silvopastoral system of this region. Foliage samples were gathered in Autumn, Spring and Summer. At each time of the year, 35 samples from each species (leaves and petioles) were obtained and used to determine the qualitative presence of secondary metabolites. In general, a high proportion of plants had these four groups of secondary metabolites. In most of the cases, the metabolites were associated among them. Steroids were the most abundant, they were detected in all species, were the only secondary metabolite in some samples of *P. torquata*, *A. aroma* and *C. pallida*. Tannins were second in abundance. Although due to their effects on animal production, they could be the more important among the four. Saponins were placed in third position in order of presence. Finally, alkaloids were detected only in two species: *P. flexuosa* and *A. quebracho-blanco*.

**Key words:** Anti-nutritional factors, tannins, alkaloids, saponins, steroids, forage, silvopastoral

RESUMEN

Se evaluó la presencia cualitativa de metabolitos secundarios (taninos, alcaloides, saponinas y esteroides) en el follaje de diez especies leñosas de la Región del Chaco Árido argentino. Las especies seleccionadas fueron: *Aspidosperma quebracho-blanco*; *Prosopis flexuosa*; *Prosopis torquata*; *Bulnesia foliosa*; *Celtis pallida*; *Lippia turbinata*; *Larrea divaricata*; *Larrea cuneifolia*; *Acacia aroma* y *Mimozyanthus carinatus*. Estas especies son consumidas mediante ramoneo por cabras y vacunos en el sistema silvopastoril de esta región. Se recolectaron muestras del follaje en Otoño, Primavera y Verano. En cada época del año se obtuvieron muestras (hojas y pecíolos) para determinar la presencia cualitativa de taninos, alcaloides, esteroides y saponinas. El follaje de las plantas estudiadas posee, en general, en una alta proporción estos cuatro grupos de metabolitos secundarios. En la mayoría de los casos se encontraron formando asociaciones; sólo los esteroides se detectaron como metabolito único en algunas muestras de *P. torquata*, *A. aroma* y *C. pallida*. Los esteroides fueron los más abundantes, y se detectaron en las diez especies. En segundo lugar de abundancia se ubicaron los taninos, que por sus efectos sobre la producción animal, resultarían ser los más importantes de los cuatro. Las saponinas se situaron en tercer lugar por su presencia y finalmente los alcaloides fueron los metabolitos de menor presencia, habiéndoselos detectado solamente en dos especies: *P. flexuosa* y *A. quebracho-blanco*.

**Palabras clave:** Antinutricionales, taninos, alcaloides, saponinas, esteroides, forraje, silvopastoril.

## INTRODUCCIÓN

La gran región del Chaco Árido abarca una superficie aproximada de 8 000 000 ha que se distribuyen por el territorio de cinco provincias del noroeste de Argentina: Santiago del Estero, Catamarca, Córdoba, La Rioja y San Luis (Rossi, 1998). Su relieve es una extensa planicie que presenta clima subtropical cálido, con rasgos marcados de semiaridez, las lluvias son de régimen monzónico y promedian los 320 mm/año, con isohietas que oscilan de Este a Oeste entre los 500 y 250 mm/año. Las temperaturas son elevadas en verano con medias mensuales entre 27°C a 29°C y moderadas en invierno con medias mensuales entre 17°C a 16°C, aunque siempre con la presencia de heladas anuales (Karlin et al., 1994). La vegetación es un bosque xerofítico bajo de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y algarrobos (*Prosopis spp.*), con un estrato arbustivo medio y un estrato inferior de pastos nativos dominado por poáceas megatérmicas C4 (Morello et al., 1977; SECyT, 1984; Rossi, 1998).

En este ecosistema, la producción agropecuaria dominante, se desarrolla bajo un sistema silvopastoril con ganadería caprina y vacuna y aprovechamiento forestal del bosque nativo (leña, madera y carbón) (Rossi, 2005). Los herbívoros tienen su base forrajera en los extensos pastizales naturales que se desarrollan como tapiz del bosque. Como en otros ecosistemas silvopastoriles, el consumo de pastos y herbáceas, es complementado por el ramoneo de leñosas durante casi todo el año (Renolfi et al., 1986; Rosemberg y Révora, 1988; Miñón et al., 1991; Aguirre et al., 1993; Martín et al., 1993; Martín, 1994; Sotomayor y Nogués, 1995; Ferrando et al., 1997 y 1998; Rossi, 2005).

Diferentes estudios realizados en esta región, han determinado que los mayores aportes del ramoneo en la dieta de los animales se producen durante la estación seca, correspondiéndose este período con parte del Otoño, Invierno y Primavera (Martín et al., 1993). Sin embargo, uno de los principales problemas puntuales que se ha presentado en este sistema silvopastoril, es la falta de información básica sobre las cualidades forrajeras de las especies de ramoneo.

Existen numerosos trabajos y estudios que indican que las plantas de ambientes similares, producen y almacenan una gran diversidad de metabolitos secundarios, los que pueden afectar de diversas maneras a los animales (Cheeke and Palo, 1995; Launchbaugh et al., 2001). Estos compuestos secundarios, considerados generalmente como factores antinutricionales o antiherbivoría, han sido clasificados de muy diversas formas, ya sea por sus principios activos, por sus efectos tóxicos, por los síntomas que producen, por los animales que afectan, etc. (Barnes and Gustine, 1973). Para este trabajo, se

ha considerado la clasificación propuesta por Rosales Méndez, (1992), que por su naturaleza química los ha agrupado en cuatro tipos principales de compuestos: Taninos, Alcaloides, Saponinas y Esteroides.

Las principales acciones y efectos causados por estos compuestos sobre los rumiantes se pueden resumir en los siguientes: disminuyen el consumo voluntario y la preferencia, afectan los procesos de rumia, digestión y absorción, alteran el sistema nervioso, producen una pérdida del estado de salud y pueden ocasionar la muerte por toxicidad en forma directa e indirecta (Barnes and Gustine, 1973; Feeny, 1976; Rhoades and Gates, 1976; Allen and Segarra, 2001).

En base a los antecedentes bibliográficos, es de esperar que algunas de las especies leñosas que prosperan en esta región exhiban la presencia de esos compuestos con propiedades antinutricionales. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue determinar la posible presencia de taninos, alcaloides, saponinas y esteroides en las hojas de las principales especies leñosas de ramoneo del bosque xerofítico del Chaco Árido. Este trabajo se realizó como una etapa dentro de un programa de valoración forrajera de las principales especies de ramoneo del Chaco Árido.

## MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en un área del Chaco Árido argentino, en la provincia de La Rioja, en una extensa zona circundante a la ciudad de Chemical (30°21'34.90" S y 66°18'51.73" O). El muestreo de las especies estudiadas se realizó en dos campos ganaderos y en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Se consideró que esta área ocupada por bosque xerofítico, posee una vegetación típica y representativa de la región del Chaco Árido.

Se realizó una revisión bibliográfica para establecer una selección de diez especies forrajeras de ramoneo en la región de estudio. (Aguirre et al., 1993; Burkart, 1943 y 1976; Dayenoff y Aguirre, 1996; Dayenoff et al., 1996; Ferrando et al., 1997 y 1998; Galera, 2000; Karlin et al., 1994; Martín et al., 1993; Martín, 1994; Nicosia et al., 1993 y 1995; Nogués et al., 1994; Pisani et al., 1999 y 2000; Ragonese y Milano, 1984; Renolfi, 1994; Sotomayor y Nogués, 1995).

El criterio de selección de las especies consistió en tratar de lograr un amplio espectro que considerara los parámetros de abundancia de la especie en el ecosistema y el grado de utilización y preferencia de los animales. Para esto también se consideraron datos de la composición en las dietas de los herbívoros, en particular, de caprinos que son por hábito los más ramoneadores.

Como resultado final del trabajo de revisión bibliográfica y de clasificación de las especies en base a los criterios antes mencionados, se consideraron para su estudio, las siguientes diez especies encuadradas en tres grupos:

1.- Especies abundantes y de baja preferencia: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Larrea divaricata* y *Larrea cuneifolia*.

2.- Especies abundantes y de media a alta preferencia: *Prosopis flexuosa* y *Mimozyanthus carinatus*.

3.- Especies de abundancia media a baja y de preferencia media a alta: *Prosopis torquata*, *Acacia aroma*, *Celtis pallida*, *Bulnesia foliosa* y *Lippia turbinata*.

#### Metodología de Obtención de las Muestras

Se colectaron muestras en tres estaciones del año: Otoño (Mayo), Primavera (Octubre) y Verano (Febrero). El criterio fue evaluar la presencia-ausencia de factores antinutricionales y si, ante la existencia de los mismos, había alguna variación marcada en función de la estación del año.

En cada época del año se procedió a tomar muestras de la fracción comestible del follaje (hojas y pecíolos) de 35 plantas al azar para cada una de las especies (35 x 10 = 350 por estación del año). Las plantas fueron muestreadas sobre diez transectas aleatorias de 100m de longitud cada una, hasta completar el total de muestras según abundancia de ejemplares de cada especie. Seis transectas se realizaron en la Estación Experimental de INTA y las otras cuatro transectas en dos campos ganaderos del área (dos en cada campo). El muestreo total abarcó 30 transectas y 1050 muestras.

Las plantas muestreadas abarcaron un amplio espectro de ejemplares de todas las edades: plantas jóvenes, medianas y adultas.

#### Acondicionamiento y Procesamiento de las Muestras

El material cortado fresco fue colocado inmediatamente en una bolsa de papel rotulada, identificando estación del año, especie y número de muestra y colocado en heladera para ser posteriormente analizado.

Para cada una de las muestras de cada especie y para cada uno de los tres períodos del año, se determinó la

presencia cualitativa de taninos, alcaloides, esteroides y saponinas.

#### Análisis Fitoquímicos

La metodología empleada para los análisis fitoquímicos fue la propuesta por Rosales Méndez (1992) para determinar cualitativamente metabolitos secundarios en tejidos vegetales. De cada una de las muestras se pesaron 20grs. de material fresco y se lo procesó en un molino eléctrico de cuchillas durante unos 5 segundos para facilitar y agilizar el proceso de extracción de los metabolitos. De cada muestra procesada, se colocaron 10 gr. en un vaso de precipitado donde se le agregaron 30 ml de éter de petróleo y seguidamente se adicionaron 30 ml de una mezcla de 9:1 de metanol-agua preparada previamente. Se dejó macerar durante 10 minutos, agitando el preparado con una varilla de vidrio para promover la extracción de los metabolitos presentes. Luego se vertió el preparado en una ampolla de separación y se dejó reposar unos 15 minutos. En ese lapso se logra la formación de dos capas bien definidas y claramente visibles por el fuerte contraste de colores que presentan entre sí: fase No Polar y fase Polar. La capa superior obtenida fue la fracción no polar conformada por el éter. La fracción inferior fue la polar y estuvo constituida por metanol-agua, que se depositó en el fondo de la ampolla.

**Extracción de Taninos (Polifenoles):** La metodología para la determinación de taninos se basa en detectar polifenoles solubles totales que son extraídos por la fase polar (Rosales Méndez, 1992; LABECSA, 2000; Pinto et al., 2000). Para este procedimiento, se tomaron unas gotas de fracción metanólica y se le agregaron unas gotas de agua destilada hasta que la preparación tomó una tonalidad amarilla. Luego, se dispuso la mezcla sobre un platillo de pruebas de cinco compartimientos. Se dejó el primer compartimiento como testigo y al segundo se le agregó una gota de cloruro férrico; al tercero dos gotas y así hasta completar los cinco. La lectura se efectuó en base a la colorimetría:

- Sin cambio de color el resultado es negativo, ausencia de fenoles.
- Tonalidad verde oscuro: presencia de fenoles o taninos condensados.

**Determinación de Alcaloides:** Se efectuó de acuerdo a la Prueba de Dragendorff. Sobre una fracción de 3 ml. del preparado metanol-agua (fracción polar), se le agregaron cuatro gotas de amoníaco. A esta fracción se la sometió a evaporación casi hasta la sequedad total hasta lograr un mínimo residuo. Seguidamente se adicionaron tres gotas de ácido acético y una gota de

agua destilada. Finalmente, se tomaron unas gotas de este preparado y se las distribuyeron sobre un papel de filtro. A este preparado se lo cubrió con gotas del reactivo de Dragendorff. La lectura se realizó por el cambio de color de anaranjado original a rosado o rojo lo que indica una reacción positiva frente a la presencia de alcaloides.

**Determinación de esteroides:** Para este análisis se utilizó la prueba de Lieberman-Buchard. La misma se realizó sobre 1 ml. de la fracción no polar de muestra (capa superior de éter de petróleo). Se dispuso en un crisol y se lo evaporó casi hasta la sequedad, obteniéndose un residuo. Luego, se le agregó al residuo cuatro gotas de cloroformo y se distribuyó el preparado en un platillo de pruebas donde se lo dejó secar al aire. Finalmente, se le adicionó al preparado tres gotas de anhídrido acético y una gota de ácido sulfúrico concentrado. La lectura fue por colorimetría. Sin cambio de color la reacción es negativa a la presencia de esteroides en el forraje.

- Si el color vira al azul o verde: Esteroides.
- Si el color vira al amarillo pálido: Esteroides o Triterpenos saturados.

**Determinación de saponinas:** Se siguió el método del anillo de espuma. Se tomó 1 ml. de la fracción de metanol (fracción polar) y se le añadió 9 ml de agua destilada. Luego se filtró la solución y se colectó 1 ml en un tubo de ensayo pequeño. Finalmente se agitó el tubo en forma enérgica durante 30 segundos y se lo dejó reposar 15 minutos.

- Si no aparece espuma sobrenadante es negativa la presencia de saponinas.
- Si hay espuma indica que el forraje posee saponinas.

El gradiente de presencia de saponinas se cuantifica por la altura de la espuma:

- Altura mayor a 15 mm : alto contenido.
- Altura entre 14 mm y 10 mm : moderado contenido.
- Altura menor a 9 mm : bajo contenido.

### Procedimiento Estadístico y Análisis de los datos

Para el análisis de los resultados se estableció primeramente el porcentaje de muestras positivas (35 muestras igual al 100%) al análisis químico para cada especie y en cada una de las estaciones de muestreo. Se evaluaron las cinco combinaciones de metabolitos encontradas en el total de muestras sobre las dieciséis posibles: TASE (tanino–alcaloide–saponina–esteroide); TAE (tanino–alcaloide–esteroide); TSE (tanino–saponina–esteroide); TE (tanino–esteroide); E (esteroide). Seguidamente, se realizó un análisis de correspondencias simples y clasificación jerárquica de Ward (Crivisqui, 1997). El programa utilizado fue SPAD 3 (Lebart *et al.*, 1996). Para el análisis

estadístico de comparación de las proporciones de valores positivos (negativos) de los metabolitos en cada especie entre las tres estaciones de muestreo, se aplicó la prueba de homogeneidad de Chi-cuadrado, al 5%. En los casos en que el 50% de las celdas presentó recuentos menores a 5, se calculó el test Chi-cuadrado exacto (Agresti, 1990). El Programa utilizado fue SAS (SAS, 2004).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en porcentajes sobre la presencia de cada uno de los metabolitos en las muestras de hojas de las diez especies estudiadas y en las tres épocas del año se han resumido en la Tabla 1.

### Esteroides

Los metabolitos agrupados bajo la denominación de Esteroides registraron la máxima presencia con el 100% de las muestras para todas las especies y en las tres épocas estudiadas (Verano, Otoño y Primavera). Todas las muestras positivas presentaron una coloración azul-verdosa que se corresponde con la presencia de Esteroides.

### Taninos

Los taninos (como polifenoles totales) expresaron un alto porcentaje de presencia en el total de las muestras procesadas para todas las especies, ubicándose después de los esteroides. De las épocas del año en que se colectaron las muestras, en las correspondientes a las de Otoño no se detectó la presencia de taninos en algunas pocas muestras de *P. torquata* (tres muestras), *B. foliosa* (tres muestras), *C. pallida* (dos muestras), *L. turbinata* (una muestra) y *A. aroma* (seis muestras). Las muestras que presentaron reacción positiva para taninos en Primavera y Verano fueron del 100% para todas las especies, excepto en *C. pallida* con 94,28% de muestras positivas para Verano.

### Saponinas

Los resultados correspondientes a la presencia de saponinas en las especies estudiadas, manifestaron una distribución más heterogénea que el resto de los metabolitos. En las muestras de *P. torquata* y en *A. aroma* se registró la mayor presencia para las tres épocas analizadas. Con respecto a la altura del anillo de espuma en las muestras positivas resultó en general un gradiente bajo, que no superó, en la mayoría de los casos, los 9 mm. En tres muestras de *A. aroma* se registraron niveles mayores de espuma sobrenadante considerados como una presencia moderada de saponinas, las alturas de espuma oscilaron entre 12 mm. y 14 mm. En la especie *C. pallida* no se registró la presencia de saponina en ninguna de las muestras

para las tres épocas de muestreo, lo cual resultó una diferencia con respecto a otras especies. Por su parte *L. turbinata* manifestó una baja presencia de saponina

con un 2,85% de las muestras y sólo para la época de primavera.

Tabla 1. Resultados de presencia de Esteroides, Taninos, Alcaloides y Saponinas en tres épocas del año. Expresado en porcentaje de muestras positivas.

ESPECIES	METABOLITOS DETECTADOS											
	% Esteroides			% Taninos			% Alcaloides			% Saponinas		
	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O
<i>A. quebracho-blanco</i>				100	100	100	100	100	100	17,14	22,85	2,85
<i>P. flexuosa</i>				100	100	100	97,14	88,57	100	n/d	n/d	5,71
<i>P. torquata</i>				100	100	91,42	n/d	n/d	n/d	37,14	31,42	20
<i>B. foliosa</i>				100	100	91,42	n/d	n/d	n/d	22,85	11,42	2,85
<i>C. pallida</i>	100 %	100 %	100 %	100	94,28	91,42	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<i>L. turbinata</i>	100 %	100 %	100 %	100	100	97,14	n/d	n/d	n/d	2,85	n/d	n/d
<i>L. divaricata</i>				100	100	100	n/d	n/d	n/d	14,28	n/d	14,28
<i>L. cuneifolia</i>				100	100	100	n/d	n/d	n/d	22,85	14,28	n/d
<i>A. aroma</i>				100	100	82,85	n/d	n/d	n/d	25,72	14,28	28,57
<i>M. carinatus</i>				100	100	100	n/d	n/d	n/d	20	5,71	8,57

P (Primavera); V (Verano); O (Otoño); n/d no detectado. 100% = 35 muestras.

### Alcaloides

Los alcaloides fueron registrados sólo en dos de las diez especies leñosas. En *A. quebracho-blanco* se halló en todas las muestras (100 %) y en las tres épocas de muestreo. Por su parte en *P. flexuosa* en 100 muestras sobre un total de 105. Las cinco muestras negativas correspondieron a cuatro muestras de Verano y una de Primavera. Los resultados cualitativos positivos respecto a la presencia de alcaloides registrada en estas dos especies son concordantes con los pocos antecedentes encontrados en la bibliografía. (Ragonese y Milano 1984) Sobre la base de estos antecedentes se debería profundizar la investigación sobre el follaje de *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa* para cuantificar y clasificar los alcaloides presentes y evaluar su posible impacto sobre la salud animal. Este metabolito, además, se registró en todas las variantes de combinatorias positivas con los otros tres metabolitos estudiados.

### Asociaciones combinatorias de metabolitos secundarios

Los metabolitos presentes en las muestras se detectaron, en general, asociados, con excepción de los

esteroides que en algunas muestras fueron registrados solos. Como resultado del análisis factorial de correspondencias simples y clasificación jerárquica de Ward, se obtuvo la Figura 1, que muestra la conformación de agrupamientos de especies por combinación de metabolitos para Primavera-Verano-Otoño.

En el primer plano factorial, sobre el Eje 1, se observa claramente la conformación de dos grupos bien definidos. Un grupo resultó compuesto por *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa* que son las únicas especies que registraron la presencia de alcaloides a lo largo de las tres épocas de muestreo, con las combinatorias TASE y TAE.

El segundo grupo quedó conformado por el resto de las especies en las que no se detectó la presencia del metabolito alcaloide en ninguna de las tres épocas de muestreo: *P. torquata*; *B. foliosa*; *C. pallida*; *L. turbinata*; *A. aroma*; *M. carinatus*; *L. divaricata* y *L. cuneifolia*. En este segundo conglomerado se presentaron las combinaciones TSE, TE ( $P < 0,05$ ) y sólo E ( $P < 0,05$ ).

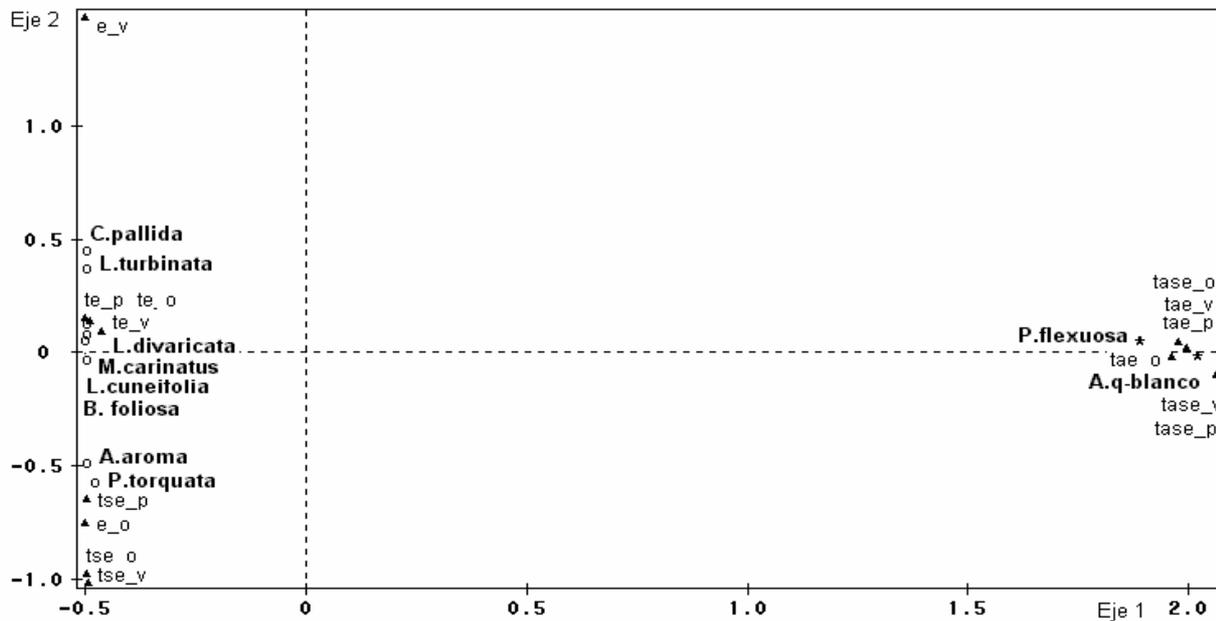


Figura 1. Análisis factorial de correspondencias simples y clasificación jerárquica de Ward. Agrupamientos de especies, combinación de metabolitos y estaciones (Primavera-Verano-Otoño).

Los resultados de los análisis estadísticos para comparar las proporciones de metabolitos positivos (negativos) para cada especie, entre las tres estaciones de muestreo (Tabla 1), detectaron que sólo en taninos y saponinas se presentaban diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). En taninos, sólo *A. aroma* manifestó una diferencia estadísticamente significativa en Otoño respecto a las otras dos estaciones ( $P < 0,05$ ). Por otra parte, al analizar Saponinas se encontró que *A. quebracho-blanco* presentó diferencias de Primavera y Verano respecto a Otoño y *B. foliosa*, *L. cuneifolia* y *M. carinatus* difiere en la presencia de Primavera respecto Verano y Otoño ( $P < 0,05$ ).

### DISCUSION

El presente trabajo se fundamenta en las escasas referencias bibliográficas específicas sobre la presencia de metabolitos secundarios en las plantas leñosas de la región del Chaco Árido, siendo este estudio una primera etapa para obtener dicha información.

Muchas plantas forrajeras, leñosas en particular, contienen en su follaje varios compuestos secundarios que en dosis elevadas pueden provocar toxicidad. Pero esos mismos compuestos en cantidades menores y apropiadas, pueden tener efectos medicinales y beneficiar la salud de los herbívoros (Provenza et al., 2007).

Sin embargo, los metabolitos secundarios cumplen una diversidad de roles en las plantas que los producen y almacenan. Así por ejemplo, se conoce que intervienen actuando como alelopáticos sobre competidores, como atractivo de polinizadores para favorecer el intercambio de polen, como protección contra la radiación ultravioleta, como defensa contra insectos y hongos y como reservorio de nitrógeno (Ramos et al., 1998).

En este sentido la importancia de los metabolitos secundarios en las plantas, la nutrición y salud animal y en la alimentación y farmacéutica humana ha sido últimamente bien tratada y descripta tanto en sus aspectos químicos como bioquímicos y ecológicos (Ramos et al., 1998; FAO, 2000; Francis et al. 2002; Makkar, 2003; Acamovic and Brooker, 2005; Okuda, 2005; Méndes Guimarães-Beelen et al., 2006).

En relación a los resultados obtenidos, se puede considerar que en general las diez especies estudiadas, tienen una alta presencia de metabolitos secundarios en su follaje, en las tres épocas del año en las que se realizaron los muestreos. Esto es coincidente con la bibliografía consultada y con las expectativas previas al trabajo. En general bajo condiciones ambientales severas, como las que se dan en el clima subtropical del Chaco Árido, las plantas tienden a aumentar la presencia de defensas, sobre todo de tipo cualitativo

como los metabolitos secundarios (Coley et al. 1985; Ramos et al., 1998).

En términos generales, la importancia de la presencia de diversos metabolitos en las plantas de ramoneo, está dada por la influencia que pueden ejercer sobre el consumo y la nutrición. Al respecto, Provenza et al. (2007) considera que en ecosistemas con diversidad de metabolitos en las plantas, el forraje consumido por los animales depende de las proporciones de especies que selecciona, ya que los nutrientes y las toxinas actúan recíprocamente. De acuerdo a los resultados obtenidos, y por la bibliografía consultada, la presencia de metabolitos en las especies estudiadas estaría afectando la preferencia animal de estos recursos forrajeros (Van Soest, 1994; Ramos et al. 1998).

Los alcaloides es el grupo más grande de los metabolitos secundarios de las plantas. La magnitud de su dispersión en las plantas es tal que se han registrado hasta el presente más de 10 000 alcaloides diferentes en el reino vegetal (Cooper, 1973; Rosales Méndez, 1992; Pfister et al., 2001). Sin embargo, la mayoría de las referencias bibliográficas están basadas en trabajos sobre su presencia en poáceas y en menor medida en dicotiledóneas (Pfister et al., 2001). En este estudio, los alcaloides solo se detectaron en dos especies y no hay a la fecha antecedentes bibliográficos en la región que describan sintomatología producida por alcaloides en vacunos o caprinos.

Las saponinas como grupo químico están también ampliamente distribuidas en el reino vegetal habiéndose registrado su presencia en más de 500 especies pertenecientes a 80 familias diferentes (Bondi et al., 1973). El rol de las saponinas en los procesos fisiológicos de las plantas no ha sido aún claramente establecido. En la bibliografía son numerosos los trabajos que describen sus efectos sobre los animales y muy pocos los que conducen a establecer sus funciones en los tejidos vegetales (Francis et al., 2002).

Por su amplia dispersión en las plantas, los taninos han sido los más estudiados y citados en la bibliografía de los cuatro metabolitos analizados. Carulla y Lascano (1994) afirman que los taninos están presentes en el 80% de las dicotiledóneas arbóreas y el 15 % de las dicotiledóneas herbáceas. Por su parte Kumar (2000) considera que estos grupos polifenólicos han sido encontrados en la mayoría de las plantas vasculares.

Los taninos están definidos como sustancias polifenólicas, que tienen la capacidad química de ligar y precipitar gelatinas u otras proteínas, es decir, que se

componen de varios grupos fenólicos, con un peso molecular superior a 500 (PM>500), y que además son soluble en solventes polares como el agua y el alcohol (Rosales Méndez, 1992; Van Soest, 1994). Por su parte, Hagerman (2002) afirma que los taninos, como sustancia, se distinguen claramente de otros compuestos fenólicos secundarios por sus reactividades químicas y actividades biológicas. Se los clasifica por sus propiedades en Condensados e Hidrolizables (Makkar, 2003). Es abundante en la bibliografía la descripción sobre los variados efectos positivos y negativos que producen sobre los herbívoros. Entre los principales efectos negativos se destacan los que afectan el consumo y la digestibilidad de la materia orgánica (Ramos et al., 1998, Makkar, 2003).

Por otra parte, cuando hay moderadas proporciones de taninos condensados en el forraje (20-40 gr/kg de Materia Seca) pueden promover efectos beneficiosos sobre el metabolismo de las proteínas favoreciendo la proteína by pass y mejorando la absorción de aminoácidos en el intestino delgado (Ibrahim et al., 2003; Acamovic and Brooker, 2005). En este mismo sentido se refieren Waghorn et al. (1990) y Montosi (1996), quienes afirman que bajos niveles de taninos (2 a 3%) en el forraje pueden generar algunos efectos beneficiosos sobre la producción animal, obteniéndose entre un 10 % y 15 % más en la producción de carne, leche y lana, respecto a las dietas testigos sin taninos.

El efecto de proteína “de sobrepaso” (by-pass) promovido por el consumo moderado de taninos podría explicar en gran parte las numerosas observaciones de campo sobre un relativo buen estado corporal de las majadas durante el período invernal (sequía estacional). En ese período del año, el promedio de proteína bruta del pastizal es menor al 3% y el ramoneo resultaría estratégico en los animales.

Si bien en los trabajos de dieta consultados se observó un marcado gradiente de preferencia sobre las especies estudiadas, los animales y en particular las cabras, ramonean todas las especies (Aguirre et al. 1993). Esto es coincidente con lo reportado por Rogosic et al. (2006) sobre diferentes ensayos realizados con cabras sobre arbustos que contenían distintos tipos de metabolitos secundarios (taninos y saponinas). Sus conclusiones conducen a que los animales buscaron maximizar la ingesta de forraje y disminuir los efectos tóxicos variando la proporción de ramoneo de los arbustos que a su vez contenían diferentes fitotoxinas. Estrategias similares son citadas por Rosales Méndez (1992). Otros trabajos de la bibliografía, también reportan que los animales procuran consumir una amplia variedad de plantas con diferentes clases de

metabolitos y así no solo logran maximizar el consumo de forraje, sino que adicionalmente, pueden mantener una rica biodiversidad de los microorganismos del rumen para responder con flexibilidad a la exposición a los diferentes compuestos tóxicos que potencialmente puedan ingerir (Duncan *et al.*, 2003).

### CONCLUSIONES

Las especies analizadas registraron una amplia presencia cualitativa de metabolitos secundarios considerados como antinutricionales: taninos, alcaloides, saponinas y esteroides. La presencia de los metabolitos antinutricionales estudiados fue en la mayoría de los casos en asociaciones. Los esteroides fueron los metabolitos de mayor presencia cualitativa al habérselos detectado en todas las muestras de las diez especies estudiadas y en todas las épocas de muestreo. Los taninos se ubicaron como el segundo grupo por su presencia cualitativa generalizada en todas las épocas de muestreo y en una proporción superior al 90 % de las muestras de las especies analizadas. Por su dispersión en las especies estudiadas y sus efectos positivos y negativos sobre la producción animal son los más importantes de los cuatro grupos estudiados. Los alcaloides fueron los metabolitos de menor presencia, habiéndose registrado en dos especies solamente pero en todas las épocas y en una alta proporción de las muestras: *A. quebracho-blanco* en el 100 % de las muestras y en *Prosopis flexuosa* en más del 95 % del material analizado. Las saponinas mostraron una presencia media a baja en general y errática en cuanto a especies y épocas del año. *Celtis pallida* fue la única especie en la que no se detectaron saponinas en ninguna de las muestra.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Ing. Agr. M. Brunetti; Ing. Agr. J. Simondi y Lic. H. Lacarra por sus aportes y contribuciones para la realización de los análisis fotoquímicos. A la Ing. Zoot. P. Chagra; Ing. Agr. E. Aguirre; Med. Vet. T. Vera; Ing. Agr. C. Ferrando y al Lic. D. Leguiza quienes desde la EEA INTA Chamental, nos brindaron su más amplia colaboración y apoyo para concretar este trabajo. También merecen nuestro reconocimiento y agradecimiento los alumnos-pasantes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNLZ: C. Giúdice; R. Kasem, L. Epifanio; J. Luz; M. Jorge; A. Prósperi y M. Biagioni quienes realizaron tareas de campo y laboratorio en distintas etapas del trabajo.

### REFERENCIAS

Acamovic, T. and Brooker, J.D. 2005. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects

in animals. Proceedings of the Nutrition Society 64: 403-412.

Agresti, A. 1990. Categorical data analysis, New York: John Wiley & Sons, Inc.

Aguirre, E; Dayenoff, P. y Carrizo, H.1993. Composición botánica de la dieta caprina en pastoreo. Serie Publicación de Investigación. Publicación de la E.E.A. INTA La Rioja, Argentina. 13 pp.

Allen, V.G. and Segarra, E. 2001. Anti-quality components in forage: Overview, significance and economic impact. Journal Range Management 54:409-412.

Barnes, R.F. and Gustine, D.L.1973. Allelochemistry and forage crops. Anti-quality components of forages. Crops Science Society of America, U.S.A. Special Publication 4, (1): 1-13.

Bondi, A., Yehudith Birk and Gestetner, B. 1973. Forage saponins. In: Chemistry and biochemistry of herbage. G. W. Butler and R.W. Bailey (eds.). Academic Press Inc. London 1 (11): 511-528.

Burkart, A. 1943. Las leguminosas Argentinas, silvestres y cultivadas. Ed. Acme Agency SRL, Bs. As. Argentina, 590 pp.

Burkart, A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, Subfam. Mimosoideae). Journal Arnold Arboretum. 57 (3 - 4): 219-249 y 450-525.

Carulla, J. y Lascano, C. 1994. Presencia de taninos en las especies forrajeras: implicancias alimenticias. Memorias I Seminario sobre agroforestería, Santafé Bogotá, Colombia: pp. 190-204.

Cheeke, P.R. and Palo, R.T. 1995. Plant toxins and mammalian herbivores: co evolutionary relationships and antinutritional effects. Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IV<sup>th</sup> International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clemon-Ferrand, France. Journet M., Grenet E., Farce M.H., Theriez M. & Demarquilly (eds.). INRA 4:437-456.

Coley, Ph.; Bryant, J. and Chapin III, S. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. Science 230 (4728): 895-899.

Cooper, J.C. 1973. Genetic variation in herbage. chemistry and biochemistry of herbage. Edit.

- G. W. Butler and R. W. Bailey Academic Press Inc. London. 2 (26) : 383-397.
- Crivisqui, E. 1997. Presentación de los trabajos dirigidos del seminario de métodos de análisis de datos multidimensionales. Programa PRESTA, Univ. Nac. Lomas de Zamora - Univ. Libre de Bruxelles, Belgique, 51 pp.
- Dayenoff, P. y Aguirre, E. 1996. Manejo racional de un pastizal natural en un sistema controlado de producción caprina. Informe anual del plan de trabajo 430061. INTA EEA La Rioja, 13 pp.
- Dayenoff, P.; Aguirre, E. y Bolaño, M. 1996. Dinámica de la vegetación del Chaco Arido bajo pastoreo caprino controlado. Recopilación de trabajos área producción caprina, 1986-1996. INTA – EEA La Rioja, U. N. de La Rioja, Chemical. pp. 96-111.
- Duncan, A.J.; Ginane, C.; Gordon, I.J. and Ørskov, E.R. 2003. Why do herbivores select mixed diets? Matching herbivore nutrition to ecosystems biodiversity, VI International symposium on the nutrition of herbivores. L. 't Mannetje; L. Ramírez-Avilés; C. Sandoval-Castro; J.C. Ku-Vera (eds.): Mérida, Yucatán, México. pp. 195- 209.
- FAO. 2000. Quantification of Tannins in Tree Foliage. A laboratory manual for the FAO/IAEA. Working document, FAO/IAEA, Vienna, 26 pp.
- Feeny, P. 1976. Plant Apparency and Chemical Defense. In: Biochemical Interaction between Plants and Insects. Wallace JW. & RL Mansell (eds.). Plenum Press, New York. pp. 1-40
- Ferrando, C; Biurrun, F.; Blanco, L.; Oriente, E.; Burghi, V. y Cabral, D. 1997. Parámetros nutritivos de latifoliadas nativas del Chaco Arido: Otoño, Invierno y Primavera 1997. INTA-La Rioja, Informe Anual Proyecto Regional 430325, 7 pp.
- Ferrando, C.; Biurrun, F.; Blanco, L.; Oriente, E.; Burghi, V. y Cabral, D. 1998. Parámetros nutritivos de latifoliadas nativas del Chaco Arido: Verano 1997-1998. INTA-La Rioja, Informe Anual Proyecto Regional 430325, 3 pp.
- Francis, G.; Zohar, K.; Harinder P.S.; Makkar, H.P. and Becker, K. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. British Journal Nutrition 88: 587–605.
- Galera, M.F. 2000. Los Algarrobos. Las especies del género Prosopis (Algarrobos) de América latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Ed. FAO – SECYT, U.N. de Córdoba, 269 pp
- Hagerman, A.E. 2002. Tannin Handbook (1998-2002) 116 pp. disponible en internet (2007) en <http://www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf>
- Ibrahim, M.; 't Mannetje, L. and Ospina, S. 2003. Prospect and problems in the utilization of tropical herbaceous and woody leguminous forages. Matching herbivore nutrition to ecosystems biodiversity, VI International symposium on the nutrition of herbivores. L. 't Mannetje; L. Ramírez-Avilés; C. Sandoval-Castro; J.C. Ku-Vera (Eds.). Mérida, Yucatán, México. pp.35- 55
- Karlin, U.; Catalán, L.A. y Coirini, R.O. 1994. El Chaco seco, un ambiente con vocación forestal. Proyecto GTZ. Fac. Ciencias Agropecuarias, U. N. de Córdoba., Colección Nuestros Ecosistemas, Salta, Argentina, 163 pp.
- Kumar, R. 2000. Anti-Nutritional Factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. FAO 102, Animal Production and Health Paper: pp. 145-160.
- LABECSA. 2000. Factores antinutricionales: Técnicas de análisis. laboratorio de evaluación y control de sistemas agroambientales. Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de los Morros, Venezuela, 3 pp. Disponible en Internet: <http://www.idessa.urg.edu.ve> (Activo Julio 2000)
- Launchbaugh, K.L.; Provenza, F.D. and Pfister, J.A. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. Journal Range Management 54: 431-440.
- Lebart, L.A.; Morineau, A.; Lambert, T. et Pleuvert, P. 1996. SPAD Version 3, Manuel du Référence, Saint-Mandé, Lisia.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and

- strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Review. *Small Ruminant Research*, 49: 241–256.
- Martín, G.O.(h); Lagomarsino, E.D. y Cano Grill, I. 1993. Composición botánica de la dieta de bovinos criollos en un pastizal del chaco semiárido en Tucumán. *Revista Argentina Producción Animal*, 13:38.
- 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. pp:1-4.
- Méendes Guimarães-Beelen, P.; Berchielli, T.T.; Beelen, R.; Araújo Filho, J. and Gisele de Oliveira, S. 2006. Characterization of condensed tannins from native legumes of the brazilian northeastern semi-arid. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)*, 63: 522-528.
- Miñón, D.P. ; Fumagalli, A. y Auslender, A.. 1991. Hábitos alimentarios de vacunos y caprinos en un bosque de la región Chaqueña semiárida. *Revista Argentina Producción Animal*, 11:275-283.
- Montossi, F. 1996. El Valor nutricional de los taninos condensados en el género *Lotus*. Producción y manejo de pasturas, INIA -Tacuarembó, Uruguay, Serie Técnica 80: 107 – 112.
- Morello, J.H.; Sancholuz, L.A. y Blanco, C.A. 1977. Estudio macroecológico de los llanos de La Rioja. *Rev. IDIA N° 34, Supl. V° R.E.N.E.R.A.S. : 242-248.*
- Nicosia, M; Martín, G.O. y Lagomarsino, E.D. 1993. Valor nutritivo de hojas de arbustos y arboles nativos del Noroeste Argentino. *Revista Argentina de Producción Animal* 13:42-43.
- Nicosia, M; Martín, G.O. y Lagomarsino, E.D. 1995. Composición química y digestibilidad en hojas de leñosas Nativas del Chaco Semiárido del NOA. XIV Reunión ALPA Mar del Plata, Argentina. pp: 241-242.
- Nogués, E.M.; Sotomayor, P.A. Andrés, M.A. y Curotto, M.M. 1994. Desempeño productivo y determinación del hábito dietario de caprinos en el Chaco Serrano árido. Publicación de la Cátedra de Zootecnia, Fac. Ciencias Agrarias – UNCa., Catamarca, 8 pp.
- Okuda, T. 2005. Systematics and health effects of chemically distinct tannins in medicinal plants. *Phytochemistry*, 66: 2012-2031.
- Pfister, J.A.; Panter, K.E.; Gardner, D.R.; Stegelmeier, B.L; Ralphs, M.H.; Molyneux, R.J. and Lee, S.T. 2001. Alkaloids as anti-quality factors in plants on western U.S. rangelands. *Journal Range Management* 54: 447- 461.
- Pinto, R; Ramírez Avilés, L.; Ku-Vera, J.C.; Hernández, A.; Sánchez, F. y Saucedo, H.. 2000. Evaluación químico-nutricional y degradabilidad ruminal de especies arbóreas del centro de Chiapas, México. IV Taller Internacional Silvopastoril: “Los Arboles y Arbustos en la Ganadería Tropical”. La Habana, Cuba. Edit. FAO-Estación Experimental Indio Hatuey. pp. 47-50.
- Pisani, J.M.; Distel, R.A.; Bontti, E.E.; Fernandez, O.E.; Eldridge, E. and Freudenberger, D. 1999. Goat preference for *Prosopis caldenia* and *Prosopis flexuosa* in Rangelands of Central Argentina. Proceedings of The VI International Rangeland Congress, Townsville, Queensland, Australia. 1-2 :486-487.
- Pisani, J.M.; Distel, R.A. and Bontti, E.E. 2000. Diet selection by goats on a semi-arid shrubland in central Argentina. *Ecología Austral* 10:103-108.
- Provenza, F.D.; Villalba, J.J.; Haskell, J.; Mac Adams, J.W.; Griggs, T.C. and Weidmeier, R.D. 2007. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop Science*. 47:382-398.
- Ragonese, A.E. y Milano, V.A.. 1984. Vegetales y sustancias tóxicas de la flora Argentina. *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. 2ª Edición. Ed. ACME, Bs. As. Argentina*, 336 pp.
- Ramos, G.; Frutos, P.; Giráldez, F.J. y Mantecón, A.R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Archivos Zootecnia*, 47: 597-620.
- Renolfi, R.F.; Dallatea, F.H., Perez, E. y Kunst, C.R.G. 1986. Métodos de estimación de biomasa aérea (hojas) de especies leñosas arbóreas y arbustivas. INTA-EEA Santiago del Estero, *Boletín Técnico N°1*, 12 pp.

- Renolfi, R. 1994. Hábitos de alimentación del ganado caprino. Publicación del curso-taller alimentación del ganado caprino, UIC-FAZ, Catamarca: 69-73.
- Rhoades, D.F. and Gates, R.G. 1976. Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry. In: Biochemical Interactions between plants-insects. Ed. Wallace, J. W. & Mansell R. L. Plenum Press, New York. pp. 168-213.
- Rogosic, J.; Estell, R.E.; Skobic, D.; Martinovic, A. and Maric, S. 2006. Role of species diversity and secondary compound complementarity on diet selection of Mediterranean shrubs by goats. *Journal Chemical Ecology*, 32: 1279-1287.
- Rosales Méndez, M. 1992. Metodologías de investigación en recursos no convencionales para la alimentación animal en el trópico. Ed. M. Rosales, CIPAV, Cali, Colombia: Cap. XI: 81-101.
- Rosemberg, S. y Révora, H.L., 1988. Selectividad en vacunos y caprinos pastoreando monte xerofítico. Parte I: Composición de dieta por análisis de heces. *Revista Argentina Producción Animal*, 8:112-113.
- Rossi, C.A. 1998. Sistemas silvopastoriles en la región Chaqueña subtropical árida y semiárida: Enfoque zootécnico. II Seminario Internacional de Agroforestería Tropical, UDCA, Santafé de Bogotá, Colombia. Editado en CD, 20 pp.
- Rossi, C.A. 2005. Utilización del "Buffel grass" (*Cenchrus ciliaris*) para la recuperación de pastizales degradados en la región árida subtropical. Disponible en: WWW.Produccionbovina.com - (Octubre de 2005).
- SAS Institute Inc. (2004). SAS OnlineDoc®, Version 8, HTML Forma, February 2004, SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SECyT (Secretaría de Ciencia y Técnica) 1984. Potencialidad y manejo de algarrobos en el árido subtropical argentino. Ed. SECyT, Bs. As., Argentina, 59 pp.
- Sotomayor, P. y Nogués, E.M. 1995. Hábitos dietarios del ganado caprino en el Chaco Serrano. Publicación de la Cátedra de Zootecnia, Fac. Ciencias. Agrarias, U. N. de Catamarca, 10 pp.
- Van Soest, P.J. 1994. Plant defensive chemicals. nutritional ecology of the ruminant. 2° Edition, Ed. Cornell University, USA.
- Waghorn, G.C, Jones, W.T., Shelton, I.D., and Mac Nabb, W.C. 1990. Condensed tannins and nutritive value of herbage. *Proceedings New Zealand Grassland Association*, 51: 171-176.

*Submitted February 14, 2007 – Accepted July 19, 2007  
Revised received August 13, 2007*