

Capítulo XXXIV

Factores antinutricionales en los alimentos para ganado vacuno

Omar Araujo Febres, MSc

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alimentación de los rumiantes en condiciones tropicales, y especialmente de los bovinos, basados en el pastoreo de gramíneas nativas o mejoradas, muestran un constante déficit de proteína y energía; por una parte, el régimen de lluvias marcadamente estacional, presenta una disminución en la cantidad y calidad de pasto ofrecido durante la época seca del año; y por la otra, la suplementación con granos y subproductos agrícolas se ven limitados porque son importados a altos costos, compiten con la alimentación humana y la agricultura nacional no genera excedentes a bajo costo (Araujo-Febres y Vergara, 1998).

La producción animal va a depender en un mayor grado del consumo voluntario de alimentos, que proporcionan la cantidad de nutrientes que permiten al animal crecer y desarrollarse. El consumo voluntario va estar relacionado con las condiciones ambientales y especie, edad, salud y estado fisiológico del animal (Araujo-Febres, 2005). El problema fundamental de la alimentación de los rumiantes en el trópico radica en que la calidad de los forrajes tiende a poseer muy bajos niveles de nitrógeno, con altos tenores de lignificación, lo cual interfiere con la digestibilidad del material y, por ende, con el aprovechamiento que los animales pueden alcanzar de esos forrajes.

Algunos antecedentes de investigación indican que el aprovechamiento de esos forrajes toscos puede ser incrementado cuando se suministran fuentes adicionales de nitrógeno, bien sea de origen orgánico (Lachmann *et al.*, 1997) o de origen inorgánico (Araujo-Febres *et al.*, 2000). El proveer nitrógeno adicional asegura un óptimo funcionamiento de las bacterias celulolíticas del rumen, promoviendo un ecosistema ruminal más eficiente para la degradación de la fibra de los pastos, al mismo tiempo promueve un crecimiento adicional de la masa bacteriana, y un aporte mayor de proteína saliendo del rumen para ser utilizado por el animal hospedador. El trópico ofrece una variedad de árboles multipropósito y en especial leguminosos, que poseen una abundante biomasa durante la época seca, con elevados contenidos de proteína y fibra.

Los árboles y arbustos leguminosos adquieren singular importancia en los sistemas agroforestales porque se desarrollan muy bien en el ambiente tropical incluyendo zonas áridas y suelos ácidos, producen gran cantidad de hojas y contienen altos niveles de proteína. Las leguminosas son importantes fuentes de proteínas, minerales, vitaminas y energía en las dietas para los animales y su utilización puede estar limitada por factores antinutricionales, tales como fenoles, taninos, ácido fítico, saponinas e inhibidores de la tripsina, así como por altas proporciones de polisacáridos no amiláceos, como β -glucanos, arabinosilanos, galactomannanos o deficiencia de aminoácidos azufrados (Hossain y Becker, 2002). La presencia de estos factores limitan el consumo, producen efectos depresivos sobre la digestibilidad de los nutrientes, afectan a la población microbiana del rumen o generan productos tóxicos que atentan contra la salud de los animales (Ojeda y Cáceres, 1998; McSweeney *et al.*, 1999).

Las investigaciones previas, en hojas, se han centrado en el rendimiento de la materia seca, contenido de proteína, digestibilidad de la materia seca *in vitro*, y en la concentración de polifenoles (Ojeda y Cáceres, 1998), así como, en el efecto inhibitor del crecimiento de las bacterias ruminales por la presencia de polifenoles (McSweeney *et al.*, 1999). Y en granos, para tratar de incrementar su utilización, se han empleado una variedad de técnicas de procesamiento, como descascarado, remojo, cocimiento, tostado, autoclave y germinación (Hossain y Becker, 2002).

FACTORES ANTINUTRICIONALES

El término factores antinutricionales abarca a numerosos compuestos químicos muy variados. Son denominados metabolitos secundarios para diferenciarlos de los productos del metabolismo primario (Ramos *et al.*, 1998). Estos compuestos son elaborados por las plantas para prevenir la depredación por los herbívoros, insectos, hongos, virus (Van Soest, 1994); como mecanismo de relaciones de mutualismo de atracción para garantizar la polinización (los colores de las flores); en relaciones de competencia contra otras plantas (agentes alelopáticos) o como protección contra los rayos ultravioleta y desecación (Ramos *et al.*, 1998). La presencia de estos factores antinutricionales limitan el consumo, disminuyen la digestibilidad de los nutrientes, efectos tóxicos sobre la población microbiana del rumen, u originan elementos tóxicos para la salud de los animales (Ojeda y Cáceres, 1998).

La planta genera los compuestos secundarios y los concentra en sus diferentes tejidos vegetales de acuerdo a una estrategia de defensa, dependiendo de cuán importante es ese tejido para la planta en ese estado fisiológico. El que la planta sea comida o no depende de la concentración de la toxina defensiva de la planta (Harborne, 1999). Así encontramos que las concentraciones mayores son en las yemas y hojas muy jóvenes, órganos reproductores y de dispersión (Ramos *et al.* 1998). Las respuestas de los animales a la presencia de estos compuestos aleloquímicos es variable y depende de la naturaleza de su sistema digestivo (rumiantes, monogástricos), especie animal (bovinos, ovinos, caprinos), edad del animal, sexo, tamaño corporal, estado fisiológico (lactante, gestante), potencial genético del animal y el ambiente (Barnes y Gustine, 1973).

El análisis químico de las hojas de los árboles multipropósito ha permitido determinar la presencia de numerosos metabolitos secundarios, los cuales han sido clasifi-

cados de acuerdo con su origen biosintético en: compuestos fenólicos: taninos (Makkar *et al.*, 1995), fitoestrógenos y cumarinas; toxinas nitrogenadas: alcaloides, glucósidos cianogénicos, glucosinolatos, lectinas y aminoácidos tóxicos; terpenos: lactonas sesquiterpénicas, glicósidos cardíacos y saponinas; hidrocarburos poliacetilénicos y oxalatos (Barnes y Gustine, 1973; Ramos *et al.*, 1998), habiéndose reportado cerca de 8.000 polifenoles, 270 aminoácidos no proteicos, 32 cianógenos, 10.000 alcaloides y varias saponinas y esteroides (Rosales, 1998) y lignina, la cual es el principal componente químico afectando la digestibilidad de los alimentos (Sliwinski *et al.*, 2002).

Taninos

Los taninos son compuestos, solubles en agua y con un peso molecular entre 500 y 3000, tienen la propiedad de precipitar alcaloides, gelatinas y proteínas; formar complejos con los carbohidratos y proteínas y pueden distinguirse de otros compuestos polifenólicos que no precipitan proteínas (Barnes y Gustine, 1973; Leinmüller *et al.*, 1991; Wheeler *et al.*, 1994). Los polímeros polifenólicos no constituyen un grupo químico uniforme, sino que presentan una gran variedad de estructuras moleculares. Contienen 1 ó 2 grupos fenólicos hidroxilo por 100 unidades de peso molecular. Un grupo OH puede ser sustituido por un grupo metil o glicósido (Harborne, 1999). La toxicidad de los fenoles se incrementa rápidamente por oxidación, la cual ocurre enzimáticamente y ésta ocurre siempre cuando el tejido es dañado (Harborne, 1999).

Generalmente los taninos se encuentran en vacuolas o están separados del protoplasma de las células (Barnes y Gustine, 1973). Se clasifican en dos grupos: hidrolizables y condensados (TC). Los hidrolizables son altamente tóxicos para los animales, y derivan en gallotaninos y ellagitaninos por hidrólisis ácida (Wheeler *et al.*, 1994). Los taninos condensados son compuestos poliméricos de flavan-3-ol (catequina) o flavan-3,4-diol (leucoantocianidina) o sus derivados (Leinmüller *et al.*, 1991; McSweeney *et al.*, 1999) y son más correctamente llamados proantocianidinas o poliflavonoides (Wheeler *et al.*, 1994). La estructura molecular común de los flavonoides consiste en un esqueleto de 15 átomos de carbono con dos anillos bencénicos unidos mediante un grupo central de 3 carbonos, el anillo cromano (Mueller-Harvey, 1999; McSweeney *et al.*, 1999). Los TC están más ampliamente distribuidos que los hidrolizables.

Aunque los taninos están presentes en casi todos los géneros vegetales, son particularmente importantes en las dicotiledóneas, y de éstas, en las leguminosas (McLeod, 1974). Ellos son específicos a cada planta, variando en estructura estereoquímica, tamaño molecular y forma polimérica. Hacen a la planta poco palatable, reducen la disponibilidad de las proteínas formando complejos insolubles, inhibiendo las enzimas digestivas o produciendo directamente toxicosis (Wheeler *et al.*, 1994). La característica más conocida de los taninos en los alimentos es la astringencia que produce en la boca, causada por la precipitación de la mucoproteína salival. Los taninos son responsables por el sabor amargo en cerveza, vinos, té, algunos jugos de frutas, etc. La astringencia tiende a disminuir con la maduración, debido a la polimerización a productos menos solubles y por lo tanto menos reactivos (Van Soest, 1994).

El contenido de taninos varía con la especie vegetal, y dentro de una misma planta varía dependiendo de la estación: valores de 1% durante la época húmeda, mientras que alcanza 37% en la época seca (Maass *et al.*, 1996) y con el estado fisiológi-

co de la planta (Rubanza *et al.*, 2005). Además, existen diferencias genéticas que determinan niveles diferentes de taninos en las plantas de una misma especie, sugiriendo que es posible que por selección se logren mejoras en la calidad (Barnes y Gustine, 1973). El aprovechamiento de la proteína cruda de diferentes hojas de árboles multipropósito puede estar limitado por niveles altos de taninos y compuestos fenólicos (>80 mg/g MS) o por altos niveles de taninos condensados polimerizados (>50 mg/g MS) (Rubanza *et al.*, 2005). Los valores de taninos reportados en la literatura también van a depender del método de extracción (Figura 1).

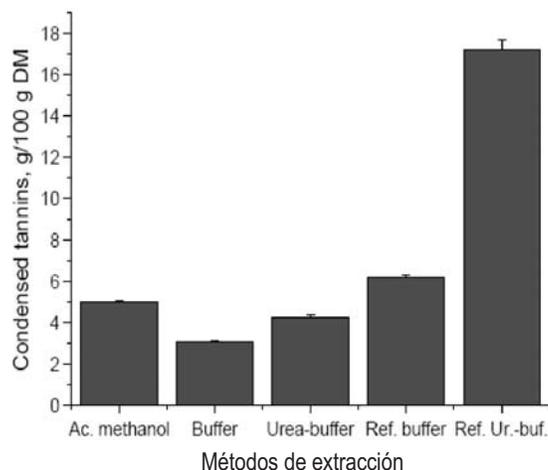


Figura 1. Contenido de taninos de acuerdo a diferentes métodos de extracción en *Ceratonía siliqua* L.

Ac. Methanol = ácido metanol; Buffer = extracción en solución búfer de citrato; Urea-buffer = extracción en solución búfer de citrato-urea; Ref. Buffer = extracción bajo reflujo en solución búfer de citrato; Ref. Ur-buffer = extracción bajo reflujo en solución búfer de citrato-urea (Tomado de Silanikove *et al.*, 2006).

En contraste, hay evidencias de que los taninos poseen efectos beneficiosos para la producción animal protegiendo la proteína de la dieta de ser desaminada en el rumen por las bacterias, previenen la formación de espuma en el rumen impidiendo el timpanismo (Barnes y Gustine, 1973). Esto último parece depender del nivel y la composición de los taninos en las diferentes plantas (Wheeler *et al.*, 1994). La concentración ideal de taninos está entre 2-4% de la materia seca; niveles entre 5-9% reducen la digestibilidad de la fibra en el rumen, porque inhibe la actividad de las bacterias y hongos; cuando supera de 9% es letal; si el contenido de taninos es alto en la leguminosa disminuye el consumo del forraje suplementario (Lascano, 1996). Barry *et al.* (1986a) concluyeron que los taninos mejoran la eficiencia de la digestión de nitrógeno, pero presentan un efecto negativo al disminuir la digestión de los carbohidratos.

Efecto de los taninos sobre el metabolismo ruminal

Actualmente, hay mucha investigación para evaluar los constituyentes secundarios de las plantas como medios naturales para modificar la fermentación en el rumen (Sliwinski *et al.*, 2002). Mucho esfuerzo se ha perdido al considerar, en nutrición animal, a los taninos como un compuesto único, y tratar de relacionar el comportamiento animal simplemente con la cantidad de taninos (Mueller-Harvey, 1999). Los efectos varían desde la muerte del animal hasta mejorar las tasas de ganancia de peso (Mueller-Harvey, 1999). Una alta concentración de estos compuestos en la ración tienen efecto adversos sobre la población microbiana del rumen, afecta la palatabilidad, el consumo y la digestibilidad de la ración (Leinmuller *et al.*, 1991); y la salud animal

(Makkar, 1993). La palatabilidad se reduce debido al efecto astringente, y éste a su vez deprime el consumo y, en consecuencia, la productividad; la digestibilidad se afecta porque los taninos no son normalmente absorbidos en el tracto gastrointestinal, permaneciendo en estado libre o formando complejos en el rumen, e interfiriendo la digestibilidad de las proteínas y las paredes celulares de las plantas y con grupos inhibidores de las celulasas. Los TC se unen a las proteínas por medio de enlaces de hidrógeno entre la subunidad fenólica del polímero y la cadena lateral alifática o aromática (grupo carbonilo del péptido) de la proteína (McSweeney *et al.*, 1999).

Ha sido demostrado en numerosos estudios que la interacción tanino-proteína depende de las condiciones individuales de la reacción. El pH juega un papel fundamental en la formación del enlace tanino-proteína (McSweeney *et al.*, 1998), siendo muy estable entre pH 3,5 y 7. Valores de pH superiores a 8 hacen decrecer rápidamente el complejo. A pH entre 1 y 3 cerca del 90% de la proteína queda libre (Leinmüller *et al.*, 1991; Ramos *et al.*, 1998). En los rumiantes se forma el complejo tanino-proteína en el rumen a pH 6 - 6.5 y se disocia al alcanzar el abomaso donde el pH 2 (Robbins *et al.*, 1987) permitiendo la acción de las peptidasas.

Pero referirse a los taninos como factores antinutricionales puede conducir a malas interpretaciones (Mueller-Harvey, 1999). Los TC pueden representar ventajas para los rumiantes al proteger la proteína libre en el rumen de la degradación bacteriana (bypass), mejora la utilización del nitrógeno porque disminuye el exceso de N en el rumen inhibiendo la ureasa microbiana (Makkar, 1993; Hill y Tamminga, 1998; Santos *et al.*, 2000); ha sido asociado con un aumento en la retención de nitrógeno (Barry *et al.*, 1986b; Wang *et al.*, 1997) y previene el timpanismo (Salunkhe *et al.*, 1990); pueden mejorar el medio ambiente, al disminuir el N urinario e incrementar el N fecal, lo cual disminuye las pérdidas por volatilización de NH₃ (Wang *et al.*, 1997) y mejorar el contenido de materia orgánica del suelo (Mueller-Harvey, 1999).

También actúan como antioxidantes, pudiendo ser usados como “nutracéuticos” en medicina preventiva (Mueller-Harvey, 1999) y ayudan a bloquear el desarrollo de timpanismo (Hill y Tamminga, 1998). En otros estudios (Nguyen *et al.*, 2005; Luginbuhl *et al.*, 2006), se muestra que el uso de árboles multipropósito puede ser efectivo en el control de parásitos intestinales en caprinos. Pocos estudios con animales han definido específicamente las entidades químicas y es necesario hacer generalizaciones sobre la naturaleza de los taninos que han sido empleados en esos estudios (Butter *et al.*, 1999). El estudio de la estructura - actividad representa una excitante área de investigación futura (Mueller-Harvey, 1999). Existe una especificidad de un tanino por una proteína, que depende de la conformación estructural de la proteína, tamaño y carga de la molécula proteica (Butter *et al.*, 1999).

Efectos sobre las microflora. En una revisión de Butter *et al.* (1999) se señala a los TC como responsables de reducir la acción digestiva del *Fibrobacter succinogenes* sobre el papel de filtro (celulosa); de inhibir varias enzimas bacterianas que actúan en el metabolismo de los carbohidratos y reducir la actividad de la ureasa, carboximetil-celulasa y enzimas que actúan sobre el amonio. En la misma revisión se indica que los taninos presentan un efecto adverso sobre los protozoarios del rumen, observándose una caída en el conteo. La producción de ácidos grasos volátiles tiende a ser menor y la relación acetato:propionato se reduce cuando se suministran dietas que contienen

taninos (Leinmüller *et al.*, 1991) lo cual implica una reducción en el sustrato energético disponible para el animal (Butter *et al.*, 1999). Las dietas con altos contenidos de TC producen inhibición de la microflora ruminal, pero en niveles medios o bajos pueden producirse mecanismos de adaptación (Butter *et al.*, 1999). Baumann *et al.* (1997) concluyeron que las hojas de *Dialium guineense* y *Millettia thonningii* podrían ser usadas para prevenir la enterotoxemia causada por *Clostridium perfringens*, siendo estos resultados indiferentes para niveles de 5, 15, o 30% de taninos en la MS. Aún pequeñas cantidades de material vegetal conteniendo TC eliminó selectivamente la bacteria *Clostridium perfringens* (Baumann *et al.*, 1997).

Consumo voluntario. Cuando se suministran raciones con cantidades elevadas de TC, se observa una disminución en el consumo (Ramos *et al.*, 1998). La habilidad de los taninos para precipitar la proteína salival como para adherirse a la mucosa de las membranas de la boca, lo cual produce la sensación de astringencia que reduce la palatabilidad e influye en disminuir el consumo (Leinmüller *et al.*, 1991) y en consecuencia la productividad animal (Butter *et al.*, 1999). Altos niveles de taninos reducen el consumo voluntario y la degradación de la proteína en el rumen, pero aumenta el flujo y la absorción de N en el intestino delgado (Carulla *et al.*, 2001).

Digestibilidad. En rumiantes, la correlación entre digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de taninos es negativa cuando el contenido de taninos es alto (> 40 g/kg de MS), mientras que con contenidos bajos de TC (entre 10 y 40 g/kg de MS) la respuesta puede ser beneficiosa (Butter *et al.*, 1999). La relación entre la concentración de TC y digestibilidad no es lineal (Waghorn y Shelton, 1995). Con raciones que contienen taninos se observa un incremento de N en las heces, con una correspondiente disminución de la digestibilidad de las proteínas (Leinmüller *et al.*, 1991) y también un efecto depresor sobre la digestibilidad de los glúcidos solubles y hemicelulosas (Ramos *et al.*, 1998; Butter *et al.*, 1999). La reducida degradabilidad ruminal del N puede significar ventajas para el rumiante, en la prevención del timpanismo (Butter *et al.*, 1999) así como proteger a las proteínas vegetales de la degradación por los microorganismos ruminales (Ramos *et al.*, 1998) acción que es revertida en el intestino delgado, de tal forma que los aminoácidos de la proteína vegetal llegan al duodeno conjuntamente con los aminoácidos de origen microbial (Leinmüller *et al.*, 1991). El efecto de los taninos condensados sobre la digestibilidad depende de la especie vegetal y del tipo de tanino (Waghorn y Shelton, 1995).

Ganancia de peso. Un aumento en la concentración plasmática de la hormona del crecimiento fue reportado por Barry *et al.* (1986b) cuando incrementaron los niveles de TC en la ración de corderos. La hormona del crecimiento estimula la retención de N e incrementa la lipólisis, produciendo canales con más bajos contenidos de grasa (Barry *et al.*, 1986b). Al incrementar la cantidad de taninos condensados en la ración se observa una reducción consistente en la ganancia de peso de los novillos, novillas, becerros y corderos (Leinmüller *et al.*, 1991).

Reducción de metano. La emisión de metano al ambiente por los rumiantes consumiendo forrajes toscos puede ser reducida cuando consumen forrajes que contienen bajos niveles de taninos (Sliwinski *et al.*, 2002; Hess *et al.*, 2003; Puchala *et al.*, 2005). La reducción de metano ha sido independiente de la presencia o no de protozoarios (Hess *et al.*, 2003). Niveles de taninos del 2,5% de la materia seca disminuyó la emisión

de metano en un 12% (Carulla *et al.*, 2005). No está claro cuál es el mecanismo mediante el cual los taninos reducen la emisión de metano (Puchala *et al.*, 2005) pero Tavendale *et al.* (2005) proponen dos mecanismos: a) indirecto: la reducción de la digestión de la fibra y por consiguiente disminuye la emisión de H₂; y b) directo: impidiendo el crecimiento de los microorganismos metanógenos. Los taninos condensados extraídos de diferentes plantas varían en su capacidad para unirse a carbohidratos y proteínas (McAllister *et al.*, 2005), entonces, es posible que también tengan diferentes capacidades para reducir las emisiones de metano (Beauchemin *et al.*, 2007).

La reducción del contenido de taninos ha sido posible con diferentes métodos. El remojo de las semillas de *Sesbania* reduce más (8-17%) que el tratamiento con calor. El tratamiento de remojo + autoclave fue el más efectivo en reducir los niveles de fenoles totales, taninos, y taninos condensados en todas las semillas (Hossain y Becker, 2002). Los compuestos fenólicos son solubles en agua y están localizados principalmente en la corteza de la semilla; la reducción de los taninos por calor puede ser debido a la destrucción por las altas temperaturas. Los tratamientos tales como vapor, autoclave, calor seco y extrusión pueden ocasionar cambios en la estructura química de los taninos (Hossain y Becker, 2002).

Otra metodología aplicada para la contrarrestar el efecto de los taninos es añadiendo polietilenglicol (PEG) (Carulla *et al.* 2001; Salem *et al.*, 2006; Silanikove *et al.*, 2006). PEG es un polímero que posee gran cantidad de átomos de oxígeno capaces de formar enlaces de hidrógeno con los grupos hidroxil de los taninos. Los enlaces PEG-taninos son irreversibles en un amplio rango de pH, reemplazando la proteína y reduciendo la formación de nuevos complejos proteína-tanino (Silanikove *et al.*, 2006). Se ha reportado un incremento en el consumo de MS al suministrar PEG a ovinos y caprinos (Salem *et al.*, 2006).

Tripsina. Los inhibidores de la tripsina (IT) son antinutrientes presentes en algunas semillas que interfieren con los procesos digestivos en los no-rumiantes, impidiendo el normal funcionamiento de las enzimas proteolíticas pancreáticas; no así en los rumiantes, no afecta la fermentación ruminal. Sin embargo, cantidades en exceso podrían sobrepasar al rumen y alcanzar el intestino delgado causando efecto detrimental en el animal huésped. El remojo de las semillas reduce ligeramente (3-13%) los IT (Hossain y Becker, 2002).

Lectinas. Son proteínas que interactúan con las glucoproteínas en la mucosa de la pared intestinal, reduce la digestión de los alimentos y la absorción e incrementa la síntesis de proteína celular y la síntesis de mucina. Las lectinas afectan el metabolismo sistémico, el sistema inmunológico y afecta el catabolismo de los tejidos. Las semillas de *Sesbania* sin tratar producen hemaglutinación. El tratamiento de ellas con remojo no altera esa condición, mientras que el tratamiento térmico las destruye completamente (Hossain y Becker, 2002).

Latirismo. Algunas especies de *Lathirus* poseen un gran potencial como árboles multipropósito, en las zonas áridas de Australia, pero su uso está limitado por la presencia en las semillas, del ácido 3-(-N-oxalil)-1,2,3-diamino propiónico (ODAP, un neurotóxico), el cual causa latirismo, además de la presencia de taninos e inhibidor de la tripsina. Sin embargo, posee 28% de PC, 25% de FDN, 42% de almidón, 84% de degradabilidad *in sacco* de la MS y 91% de la PC (White *et al.*, 2002). Los resultados obtenidos

nidos por White *et al.* (2002) muestran que los granos de *Lathyrus cicera* tienen un alto valor nutritivo en ovinos, en términos de consumo voluntario, ganancia de peso y peso de la canal. Los rumiantes parecen adaptarse a niveles relativamente altos de neurotirogénos, siendo posible que los microorganismos del rumen puedan destoxificarlo (White *et al.*, 2002).

Saponinas. Los efectos antinutricionales de las saponinas son principalmente en los no-rumiantes, ya que estos compuestos pueden ser degradados por las bacterias del rumen. La reducción de saponinas es efectiva al aplicar el tratamiento de remojo más autoclave (Hossain y Becker, 2002). Las saponinas también actúan como surfactantes, reduciendo la hidrofobicidad del grano y acelerando la humidificación (Wang *et al.*, 2007).

Bien establecidos han sido los efectos beneficiosos de las saponinas de *Yucca schidigera* sobre el desempeño de varias especies rumiantes; mejora la eficiencia de los microorganismos ruminales (Lovett *et al.*, 2002), reducción de la concentración de amonio y de la emisión de metano en el rumen, aumento de la retención de N, reducción de la población de protozoarios e incremento del suministro de N microbial al intestino delgado (Sliwinski, *et al.*, 2002; Santoso *et al.*, 2007).

Los protozoarios son depredadores de las bacterias en el rumen, y el consumo y digestión de bacterias es energéticamente un proceso de desperdicio y un indeseable reciclo de N en el rumen (Jouany, 1996). Varios métodos se han ensayado para eliminar los protozoarios del rumen como un medio para superar las pérdidas de proteína disponible debido al recambio de los protozoarios (Jouany, 1996). La inclusión de plantas ricas en saponinas en la dieta ha resultado un método práctico para reducir la concentración de los protozoarios en el rumen (Eryavuz y Dehority, 2004). La aparente degradación de la proteína cruda (PC) es más alta en el rumen de los animales defaunados, pero la concentración de amonio es menor cerca de un 30%, sugiriendo que las bacterias son más eficientes degradando la PC y también en la síntesis de proteína bacteriana (Jouany, 1996). Esto está apoyado en la observación de un mayor conteo de bacterias ruminales en los animales defaunados. Los árboles multipropósito como el *Sapindus saponaria*, *Quillaja saponaria*, *Biophytum petersianum*, *Sesbania aculeata*, *Sesbania rostrata*, *Sesbania sesban*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium saman*, *Moringa oleifera*, tienen efectos antiprotozoarios. Los resultados también indican los prometedoros beneficios de suplementar *S. saponaria* sobre la posibilidad de reducir la emisión de metano en la fermentación ruminal (Hess *et al.*, 2003). El reto está en encontrar el nivel de suplementación que permita alcanzar la defaunación deseada sin afectar adversamente el consumo y la digestibilidad del alimento (Baah *et al.*, 2007).

CONCLUSIÓN

Numerosos árboles y arbustos multipropósito poseen potencial como complementos alimentarios para los animales, y especialmente para los rumiantes. Sin embargo, durante la época seca, cuando más son necesitados, concentran factores antinutricionales que limitan su utilización. Es indispensable estudiar en cada región los niveles de tolerancia de estos recursos, a fin de mantener una producción animal dentro de una factibilidad económica.

LITERATURA CITADA

- Araujo-Febres O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal. pp 1-12.
- Araujo-Febres O. y Vergara J. 1998. Manejo de subproductos como fuente energética para la alimentación de bovinos. En: T. Clavero (Ed.). Estrategia de alimentación para la ganadería tropical. LUZ. Maracaibo. pp. 27-42.
- Araujo-Febres O, Vergara JA, Lachmann MB, Ortega AE. 2000. Effect of urea molasses block storage time on intake and digestion of prairie hay by sheep. *J Anim Sci* 77 (Suppl. 1): (Abstr.).
- Baah, J., M. Ivan, A. N. Hristov, K. M. Koenig, L. M. Rode, T. A. McAllister. 2007. Effects of potential dietary antiprotozoal supplements on rumen fermentation and digestibility in heifers. *Animal Feed Science and Technology*. 137: 126-137.
- Barnes RF, Gustine DL. 1973. Allelochemistry and forage crops. En: Antiquity components of forages. *Crop Sci Soc Amer* pp.1-13.
- Barry TN, Manley TR, Duncan SJ. 1986a. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. *Br J Nutr* 55:123-137.
- Barry TN, Allsop TF, Redekopp C. 1986b. The condensed tannins in tehe nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 5. Effects on the endocrine system and adipose tissue metabolism. *Br. J. Nutr.* 56:607-614.
- Baumann M, Müller W, Greling J. 1997. Effect of fodder plants containing tannin on Clostridia flora in the intestine of sheep. *Anim Res Dev* 45:73-81.
- Beauchemin KA, McGinn SM, Martinez TF, McAllister TA. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *J Anim Sci* 85:1990-1996.
- Butter NL, Dawson JM, Buttery OJ. 1999. Effects of dietary tannins on ruminants. In: JC Caygill, I. Mueller-Harvey (Eds.). Secondary plant products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding. Nottingham University Press. pp. 51-70.
- Carulla JE, Kreuzer M, Machmiller A, Hess HD. 2005. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Austr J Agric Res* 56:961-970.
- Carulla J, Lascano C, Klopfenstein T. 2001. Reduction of tannin level in a tropical legume (*Desmodium ovalifolium*) with polyethylene glycol (PEG): effects on intake a N balance, digestion and absorption by sheep. *Arch Latinoam Prod Anim* 9: 17-24.
- Eryavuz A, Dehority BA. 2004. Effect of *Yucca schidigera* extract on the concentration of rumen microorganisms in sheep. *Anim Feed Sci Tech* 117: 215-222.
- Harborne JB. 1999. An overview of antinutritional factors in higher plants. In: J. C. Caygill and I. Mueller-Harvey (Eds.). Secondary plant products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding. Nottingham University Press. pp. 7-16.
- Hess HD, Kreuzer M, Dýaz TE, Lascano CE, Carulla JE, Soliva CR, Machmüller A. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Anim Feed Sci Techn.* 109 (2003) 79-94.
- Hill GD, Tamminga S. 1998. The effects of antinutritional factors in legume and rape-seed on ruminant nutrition. In: AJM Jansman, GD Hill, J Huisman, AFB van der Poel

- (Eds.). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rape-seed. Wageningen Pers, EAAP Publication N° 93. pp. 157-172.
- Hossain MA, Becker K. 2002. In vitro rumen degradability of crude protein in seeds from four *Sesbania* spp. and the effects of treatments designed to reduce the levels of antinutrients in the seeds. *Anim Feed Sci Technol* 95: 49-62.
- Hristov AN, Grandeen KL, Ropp JK, Greer D. 2004. Effect of grain type and *Yucca schidigera*-based surfactant on ammonia utilization in vitro and in situ degradability of corn grain. *Anim Feed Sci Technol* 115:341-355.
- Hussain I, Cheeke PR. 1995. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate-or roughage-based diets. *Anim Feed Sci Technol* 51:231-242.
- Jouany, JP. 1996. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. *J Nutr* 126, 1335S-1346S.
- Lascano CE. 1996. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistema de doble propósito. En: T. Clavero (Ed.). *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. LUZ. Maracaibo. pp 29-40.
- Leinmüller E, Steingass H, Menke KH. 1991. Tannins in ruminant feedstuff. *Anim Res Dev* 8: 9-62.
- Lovett DK, Stack L, Lovell S, Callan J, Flynn B, Hawkins M, O'Mara FO. 2006. Effect of feeding *Yucca schidigera* extract on performance of lactating dairy cows and ruminal fermentation parameters in steers. *Livest Sci* 102:23-32.
- Luginbuhl J-M, Pietrosevoli Castagni S, Howell JM. 2005. Uso de un antelmíntico botánico para el control de nemátodos gastrointestinales en caprinos de carne. *Arch Latinoam Prod Anim* 14: 88-89.
- Maass BL, Lascano CE, Cárdenas EA. 1996. La leguminosa arbustiva *Codariocalyx gyroides*. Valor nutritivo y aceptabilidad en el piedemonte amazónico, Caquetá, Colombia. *Pasturas Tropicales*. 18:10-16.
- Makkar HPS., 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. In: *Animal Production in Developing Countries*, No. 16. Occasional Publications, Brit Soci Animal Prod. pp. 69-85.
- McAllister TA, Martinez T, Bae HD, Muir AD, Yanke LJ, Gones JA. 2005. Characterization of condensed tannins purified from legume forages: Chromophore production, protein precipitation and inhibitory effects on cellulose digestion. *J Chem Ecol* 31:2049-2068.
- McLeod MN. 1974. Plant tannins-their role in forage quality. *Nutr. Abstr and Rev* 44:803-815.
- McSweeney CS, Dalrymple KS, Gobius PM, Kennedy DO, Krause JB, Lowry R, Mackie I, Xue GP. 1998. The application of rumen biotechnology to improve the nutritive value of fibrous feedstuffs: pre and post ingestion. *Proc The 8th World Conference on Animal Production*. Seoul, Korea June 28 - July 4. pp. 392-460.
- McSweeney CS, Palmer B, Bunch R, Krause DO. 1999. Isolation and characterization of proteolytic ruminal bacteria from sheep and goats fed the tannin-containing shrub legume *Calliandra calothyrsus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:3075-3083.
- Mueller-Harvey I. 1999. Tannins: their nature and microbiological significance. In: JC Caygill, Mueller-Harvey I. (Eds.). *Secondary plant products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding*. Nottingham University Press. pp. 17-39.

- Nguyen TM, Binh DV, Ørskov ER. 2005. Effect of foliages containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. *Anim Feed Sci Techn.* 121: 77-87.
- Ojeda F, Cáceres O. 1998. Valor nutritivo, factores antinutricionales y tóxicos en leñosas forrajeras para la alimentación animal. En: *Sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 1-14.
- Puchala R, Min BR, Goetsch AL, Sahlu T. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J Anim Sci* 83:182-186.
- Ramos G, Frutos R, Giráldez FJ, Mantecón A.R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch Zootec* 47: 597-620.
- Robbins C T, Mole S, Hagerman AE, Manley TA. 1987. The role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in dry matter digestion? *Ecology.* 68:1606.
- Rosales M. 1998. Avances en el uso de la diversidad forrajera tropical para la alimentación de bovinos. En: T Clavero. (Ed.) *Estrategias de alimentación para la ganadería tropical*. LUZ. Maracaibo. pp. 85-100.
- Rubanza CDK, Shem MN, Otsyina R, Bakengesa SS, Ichinohe T, Fujihara T. 2005. Polyphenolics and tannins effect on in vitro digestibility of selected Acacia species leaves. *Anim Feed Sci Tech* 119: 129-142.
- Salem AZM, Salem MZM, El-Adawy MM, Robinson PH. 2006. Nutritive evaluations of some browse tree foliages during the dry season: Secondary compounds, feed intake and in vivo digestibility in sheep and goats. *Anim Feed Sci Techn* 127: 251-267.
- Salunkhe DK, Chavan J.K, Kadam SS. 1990. *Dietary tannins: Consequences and remedies*. Florida. CSC Press Inc. Boca Raton. pp:113-146.
- Santos GT, Oliveira RL, Petit HV, Cecato U, Zeoula, Rigolon P, Damasceno JC, Franco AF, Bett V. 2000. Short communication: Effect of tannic acid on composition and ruminal degradability of Bermudagrass and Alfalfa silages. *J Dairy Sci* 83: 2016-2020.
- Santoso B, Kilmaskossu A, Sambodo P. 2007. Effects of saponin from *Biophytum petersianum* Klotzsch on ruminal fermentation, microbial protein synthesis and nitrogen utilization in goats. *Anim Feed Sci Tech* 137: 58-68.
- Silanikove N, Perevolotsky A, Provenza FD. 2001 Use of tannin-binding to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Anim Feed Sci Techn* 91: 68-81.
- Silanikove N, Landau S, Or D, Kababya D, Bruckental I, Nitsan Z. 2006. Analytical approach and effects of condensed tannins in carob pods (*Ceratonia siliqua*) on feed intake, digestive and metabolic responses of kids. *Livest Sci* 99: 29-38
- Sliwinski BJ, Soliva CR, Machmüller A, Kreuzer M. 2002. Efficacy of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. *Anim Feed Sci Techn* 101:101-114.
- Tavendale MH, Meagher LP, Pacheco D, Walker N, Attwood GT, Sivakumaran S. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim Feed Sci Technol* 123-124:403-419.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Waghorn GC, Shelton ID. 1995. Effect of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on nutritive value of ryegrass (*Lolium perenne*) fed to sheep. *J Agric Sci (Cambr)*. 125:291-297.

Wang Y, Greer D, McAllister TA. 2005. Effect of a saponin based surfactant on water absorption, processing characteristics and in vitro ruminal fermentation of barley grain. *Anim Feed Sci Technol* 118:255-266.

Wheeler RA, Norton BW, Shelton HM. 1995. Condensed tannins in *Leucaena* species and hybrids and implications for nutritive value. In: HM Shelton, CM Piggitt JL, Brewbaker. (Eds.). *Leucaena-Opportunities and limitations*. Proc workshop held in Bogor, Indonesia 24-29 January 1994. pp.112-118.

White CL, Hanbury CD, Young P, Phillips N, Wiese SC, Milton JB, Davidson RH, Siddique KHM, Harris D. 2002. The nutritional value of *Lathyrus cicera* and *Lupinus angustifolius* grain for sheep. *Anim Feed Sci Technol* 99: 45-64.