

CONTENIDO DE SUSTANCIAS ANTINUTRICIONALES DE MALEZAS USADAS COMO FORRAJE

DORA MARINA GUTIÉRREZ^a, DANIELA ORTIZ^a, GEORGINA MUÑOZ^a, MOUSTAPHA BAH^a y VALENTINA SERRANO^b

(Received December 2009; Accepted April 2010)

ABSTRACT

The main antinutritional factors (tannins, saponins, and phytates) and haemolytic activity of 13 fodder weeds used as animal feed in rural areas of the state of Querétaro, Mexico, were studied. A wide variation was observed for phytates (0.47–4.48 g/100 g of dry plant material as phytic acid equivalent), tannins (0.08–5.1 g/100 g of dry plant material as tannic acid equivalent), and saponins (0.092–1.5 g/100 g of dry plant material as diosgenin equivalent). At the concentrations evaluated, *Sanvitalia procumbens* showed the highest haemolytic activity, though this value fell into the safe range. However, according to the results obtained, *Desmodium mollicum* and *Amaranthus hybridus*, that had high contents of tannins and phytates, may both be less accepted by animals, and affect their health.

Key words: weeds, antinutritional factors, tannins, saponins, phytates.

RESUMEN

Se determinó el contenido de los principales factores antinutricionales de 13 malezas usadas en la alimentación animal en zonas rurales del estado de Querétaro y su actividad hemolítica. El contenido de fitatos osciló entre 0.47 y 4.48 g equivalentes de ácido fítico/100 g de planta seca, el de taninos entre 0.08 y 5.1 g equivalentes de ácido tánico/100 g de planta seca y la cantidad de saponinas varió entre 0.092 y 1.5 g equivalentes de diosgenina/100 g de planta seca. A las concentraciones medidas en este estudio, la planta *Sanvitalia procumbens* mostró la mayor actividad hemolítica, aunque ésta se encuentra dentro del intervalo no dañino. De acuerdo con los resultados obtenidos, las plantas *Desmodium molliculum* y *Amaranthus hybridus*, por poseer altos contenidos de taninos y fitatos respectivamente, pueden ser menos aceptadas que las otras, así como afectar adversamente la salud de los animales que las ingieren.

Palabras clave: malezas, factores antinutricionales, taninos, saponinas, fitatos.

^aLaboratorio de Productos Naturales, Facultad de Química, ^bHerbario Dr. Jerzy Rzedowski (QMEX), Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n Querétaro 76010, Querétaro México.

Correspondencia a: Dora Marina Gutiérrez Avella (442) 1921267 (5565). Fax: (442) 1921302 domagu@uag.mx

INTRODUCCIÓN

Las plantas conocidas como malezas, que crecen entre los cultivos o en terrenos baldíos, pueden constituir un potencial nutricional alternativo para los animales, sobre todo en zonas pobres. De 102 malezas descritas en el estado de Querétaro, 25 son usadas como alimento de vacunos, ovejas, caballos, cerdos y aves (Suárez *et al.*, 2004). Sin embargo, esta ventaja puede ser opacada parcial o totalmente debido a la presencia de otras sustancias que pueden afectar la salud y productividad de los animales y que son conocidas como factores antinutricionales (FAN). Estos últimos son definidos como sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, las cuales las utilizan principalmente, según se ha sugerido, como medio de defensa contra depredadores (Kumar, 1992). Esas sustancias interfieren en el total aprovechamiento de otros nutrientes como minerales y proteínas, o pueden producir daños al organismo del animal que las consuma (D'Mello, 1995). Entre esos factores, los taninos, fitatos y saponinas han merecido especial interés por estar presentes en una gran mayoría de especies vegetales y por su impacto en la nutrición.

Los taninos tienen importancia en la nutrición animal por su propiedad química de formar complejos con varios tipos de moléculas como proteínas, carbohidratos, moléculas de paredes celulares bacterianas y enzimas involucradas en la digestión (Reed, 1995; Barry *et al.*, 2003). Los taninos pueden ser condensados o hidrolizables y sus efectos sobre los animales van desde benéficos a tóxicos, incluyendo la muerte (Nguyen *et al.*, 2005). Los hidrolizables son potencialmente tóxicos para animales rumiantes debido a las sustancias que originan cuando se degradan en el rumen, y aunque los condensados son considerados no tóxicos para este tipo de animales, pueden producir lesiones en la mucosa

intestinal, disminuyendo la absorción de nutrientes, a la vez que forman complejos con carbohidratos, proteína endógena y productos microbianos, reduciendo de esta manera su absorción y asimilación; además, reducen la absorción de aminoácidos esenciales como la metionina y la lisina (Kumar y Singh, 1984; Reed, 1995). Experimentos en animales monogástricos han revelado que aun niveles de taninos por debajo del 5% en la dieta afectan negativamente su crecimiento y producción, dañan el tracto digestivo y la mucosa intestinal y estimulan una excesiva excreción de proteínas y aminoácidos esenciales. En aves, una dieta por encima del 5% de taninos puede ser fatal (Kumar y Vaithianathan, 1990; Cannas, 2008).

Otro compuesto con actividad antinutricional es el ácido fítico, el cual es un ácido fosfórico derivado del inositol que se caracteriza por su habilidad para formar quelatos con iones de minerales esenciales como el calcio, magnesio y otros elementos traza (López *et al.*, 2002). Estos complejos, resistentes a la acción de las sustancias del tracto intestinal, disminuyen la disponibilidad de estos minerales, sobre todo en animales monogástricos. Los fitatos, que son sales del ácido fítico, en presencia de Ca, reducen la biodisponibilidad del Zn, debido a la formación de complejos Zn-Ca-fitato. Aunque su principal efecto es sobre la biodisponibilidad de los minerales, los fitatos también interactúan con residuos básicos de proteínas (Hidvégi y Lászity, 2002), inhibiendo de esta manera a enzimas digestivas como la pepsina, pancreatina y α -amilasa (Harland y Morris, 1995).

Un tercer factor antinutricional lo constituyen las saponinas caracterizadas por su actividad hemolítica, de formación de espuma y la astringencia que otorgan a plantas con altos contenidos de ellas. El principal efecto biológico de las saponinas es la interacción con células y componentes membranales; esas sustancias hemolizan los glóbulos rojos por interacciones con

proteínas, fosfolípidos y con el colesterol de los eritrocitos. También alteran la permeabilidad de células de la mucosa intestinal, afectando el transporte activo de nutrientes, además de que inhiben varias enzimas digestivas como la tripsina y quimotripsina (Makkar *et al.*, 2007).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el contenido de algunos factores antinutricionales, incluyendo taninos, fitatos y saponinas, así como evaluar la actividad hemolítica en las siguientes malezas usadas para la alimentación animal: quelite (*Amaranthus hybridus* L.), nabo o mostaza (*Brassica rapa* L.), mirasol (*Cosmos bipinnatus* Cav.), gramilla (*Cynodon dactylon* Pers.), pegarropa (*Desmodium molliculum* DC.), correhiuela o hiedra (*Ipomoea purpurea* Roth), malva de quesitos (*Malva parviflora* L.), agritos (*Oxalis decaphylla* Kunth), amargoso (*Parthenium hysterophorus* L.), ojo de pollo (*Sanvitalia procumbens* Lam.), shotol delgado (*Simsia amplexicaulis* Pers.), pasto johnson (*Sorghum halepense* Pers.), y shotol o acahual (*Tithonia tubiflora* Cass.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos y disolventes

Todos los disolventes utilizados en la presente investigación (metanol, cloroformo, acetona, *n*-butanol, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, agua) fueron de grado analítico y fueron adquiridos de J.T. Baker (Mallinckrodt Baker, Inc., Phillipsburg, NJ, USA). Los reactivos de Folin Ciocalteu, carbonato de sodio, polivinil polipirrolidona (PVPP), ácido tánico, fitato de sodio, sulfato férrico amoniaco, 2,2' bipiridina, ácido tioglicólico, diosgenina y vainillina, fueron obtenidos de Sigma Chemical Co. (St. Louis MO, U.S.A).

Material vegetal

Las partes aéreas de un espécimen de cada planta madura fueron colectadas en el mes de agosto de 2005 en diferentes localidades del estado de Querétaro y un ejemplar de

cada especie fue depositado en la colección etnobotánica del herbario de Querétaro "Dr. Jerzy Rzedowski" (QMEX) localizado en la facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los especímenes fueron recolectados en su hábitat natural (terrenos baldíos, orillas de carretera y entre cultivos). Las localidades fueron las siguientes: Boye (Cadereyta) (*Amaranthus hybridus*, voucher número 55), carretera San Juan del Río-Amealco (*Cynodon dactylon*, 13a; *Desmodium molliculum*, 13b; *Oxalis decaphylla*, 836a; *Sorghum halepense*, 13c), Laguna de Servín (Amealco) (*Simsia amplexicaulis*, 68), Tequisquiapan (*Tithonia tubiflora*, 178; *Ipomoea purpurea*, 175; *Malva parviflora*, 177), ciudad de Querétaro (*Sanvitalia procumbens*, 840; *Parthenium hysterophorus*, 839), Lagunillas (Huimilpan) (*Cosmos bipinnatus*, 67), y Amealco (*Medicago polymorpha*, 43a; *Brassica rapa*, 42a). Las plantas se secaron a 39 °C y enseguida se molieron y se guardaron en frascos ámbar para su posterior uso.

Determinación de Taninos

La determinación del contenido total de taninos se llevó a cabo mediante el método publicado por Makkar *et al.* (1993, 1995) y basado en los procedimientos establecidos por la Organización Internacional de Energía Atómica. Brevemente, se preparó una curva de calibración usando una solución 0.1 mg/mL de ácido tánico como disolución madre de referencia a partir de la cual se prepararon las soluciones calibrantes de concentraciones de 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.10 mg/mL. Se leyó la absorbancia de cada dilución a 725 nm en un espectrofotómetro (UV/VIS Lambda 40; Perkin Elmer). La determinación del contenido de taninos en los extractos se llevó a cabo de la siguiente manera: a 200 mg de material vegetal finamente molido, se le agregaron 10 mL de una solución acuosa de acetona al 70%; la mezcla se sometió a ultrasonido por 20 minutos. Se traspasó el contenido

a tubos de ensayo y se centrifugó durante 10 minutos a 3000 rpm y 4°C. Se colectó el líquido sobrenadante y se guardó sobre hielo para medir en este extracto los fenoles totales de acuerdo al método colorimétrico de Folin-Ciocalteu. Posteriormente, se pesaron en tubos de ensayo 100 mg de PVPP, a los cuales se agregaron 1 mL de agua destilada y 1 mL del sobrenadante anterior que contiene los compuestos fenólicos; se agitó la mezcla en un Vortex y se guardó a 4°C por 15 minutos. Se volvió a agitar, se centrifugó durante 10 minutos, se colectó el líquido sobrenadante y se midió el contenido de fenoles simples de este sobrenadante, tomando alícuotas del doble volumen del que se tomó para la determinación inicial. Se calculó el contenido de taninos por diferencia y el resultado se reportó como g de equivalentes de ácido tánico/100 g de planta seca.

Determinación de fitatos

La determinación del contenido de fitatos se llevó a cabo mediante el método descrito por Frühbeck *et al.* (1995). Se hizo una curva de calibración usando una solución de fitato de sodio (50 µg/mL) como solución madre de referencia a partir de la cual se prepararon las soluciones calibrantes de concentraciones de 5, 10, 20, 30 y 50 µg/mL. Enseguida, se colocaron en tubos de ensayo alícuotas de 3 mL de las soluciones calibrantes y de agua destilada. A cada tubo, se adicionó 1 mL del reactivo de Wade (0.03% de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y 0.3% de ácido sulfosalicílico disueltos en agua destilada); se mezclaron vigorosamente en un Vortex y se centrifugaron por 10 minutos. El líquido sobrenadante se colectó y su absorbancia se midió a 519 nm en el mismo espectrofotómetro antes mencionado. Para la determinación del contenido de fitatos en las plantas, 5 g de material vegetal seco se extrajeron con 100 ml de HCl 0.65 N. Esta mezcla se agitó vigorosamente por 2 horas a temperatura ambiente. El extracto se transfirió a tubos de ensayo, se centrifugó

durante 30 minutos y se colectó el sobrenadante, del cual se tomaron alícuotas de 5 mL que se diluyeron a 25 mL con agua destilada, ajustando el pH a 6.0 con NaOH 1N. Se tomaron 10 ml de cada solución y se pasaron a través de una columna de intercambio iónico (AG1-X8, malla de 200-400, 0.5 g, Bio Rad). Primero, se eluyó el fósforo inorgánico con 15 mL de solución de NaCl 0.1 M, y enseguida los fitatos se eluyeron con 15 mL de NaCl 0.7 M para su inmediata utilización. Finalmente, se tomaron alícuotas de 3 mL de cada extracto y se trataron de acuerdo al procedimiento descrito para la obtención de la curva de calibración. El resultado se expresó como g de equivalentes de ácido fitico/100 g de planta seca.

Determinación de saponinas

La determinación del contenido de saponinas totales presentes en las plantas se basó en la metodología propuesta por Hiai *et al.* (1976). Éste es un método colorimétrico que utiliza la disogenina como sustancia patrón. Así, se preparó una solución que contiene 0.5 mg/mL de este compuesto en metanol acuoso al 80%. De esta solución, se midieron en tubos de ensayo 0, 50, 100, 150, 200 y 250 µL, los que se llevaron a volumen de 0.25 mL con el metanol acuoso. A cada tubo, se agregaron 0.25 mL de reactivo de vainillina (8%) en etanol y luego muy lentamente por las paredes del tubo, se agregaron 2.5 mL de ácido sulfúrico al 72% (v/v). Se mezcló y se pusieron los tubos sobre un baño María a 60°C. Despues de 10 minutos, se enfriaron sobre hielo-agua por 4 minutos y se midió inmediatamente la absorbancia a 544 nm. Para determinar la cantidad de saponinas totales en el material vegetal, se desarrolló el siguiente procedimiento. Se lavaron con hexano 10 g de planta seca y molida. Al material vegetal recuperado, se agregaron 100 ml de metanol acuoso al 50% y se agitó durante 14 horas a temperatura ambiente. Se centrifugó a 3000 rpm por

10 minutos. Se colectó el sobrenadante y el residuo vegetal se extrajo de nuevo de la misma manera. Se reunieron los sobrenadantes, se filtraron sobre papel y se evaporó el metanol a 42°C. La fase acuosa se volvió a centrifugar a 3000 rpm por 10 min. Se lavó posteriormente 3 veces con CHCl_3 y se extrajo 2 veces con *n*-butanol. Se evaporó el butanol a 45°C y el residuo seco se disolvió en 10 ml de agua destilada y se liofilizó. Los extractos perfectamente secos se guardaron en frascos ámbar a 4°C. Para la cuantificación, se siguió el mismo procedimiento que para la curva de calibración. El resultado se reportó como g de equivalentes de diosgenina/100 g de planta seca.

Actividad hemolítica

La evaluación de la actividad hemolítica se basó en el método publicado por Makkar *et al.* (2007) mediante el siguiente procedimiento. Se tomó sangre de vacuno en tubos heparinizados que contenían pequeñas perlas de ebullición. Los tubos se agitaron cuidadosamente y se sacaron las perlas; se centrifugó la sangre por 5 minutos, se removió el líquido sobrenadante y se lavaron los eritrocitos 3 veces con solución salina de buffer de fosfato SBF (pH= 7.2). Se preparó una dilución al 3% de eritrocitos en SBF para llevar a cabo la determinación. Por otra parte, se prepararon diferentes concentraciones de los extractos enriquecidos en saponinas utilizados para la cuantificación, para lo cual se pesaron 10 mg de cada extracto y se disolvieron en 1 ml de SBF. A partir de esta solución, se tomaron 500 μL y se diluyeron con 500 μL de SBF y así sucesivamente hasta preparar 7 concentraciones diferentes (10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125 y 0.1562 mg/mL) por dilución con buffer. Para la prueba, en una placa de 9 pozos, se colocaron 50 μL de suspensión de eritrocitos al 3% y sobre éstos se agregaron 50 μL de cada concentración de los extractos enriquecidos de saponinas. Se dejó incubar la placa durante 2 horas a

temperatura ambiente. Este procedimiento se realizó por triplicado. Al finalizar la incubación, se identificó visualmente el pozo con la concentración a la cual inició la hemólisis. Un claro círculo concéntrico alrededor del glóbulo rojo es indicativo de no actividad hemolítica y al contrario, una difusión del color rojo en el pozo indica actividad hemolítica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cantidades determinadas de componentes antinutricionales para las 13 malezas se presentan en el Cuadro 1. Como puede apreciarse, el contenido de ácido fitico se situó entre 0.47 y 4.48 g/100 g de planta seca. La cuantificación de ácido fitico se ha llevado a cabo más comúnmente en cereales y semillas de oleaginosas en las cuales se reportan contenidos entre 1 y 5% (Khokhar y Fenwick, 1994; Hidvégi y Lászity, 2002; Sotelo *et al.*, 2002). Pero, algunos estudios sobre plantas de uso forrajero reportan contenidos altos (entre 2.8 y 31 g/100g de planta seca) (Sodeinde *et al.*, 2007) y bajos (entre 0.17 y 0.39 g/100g) (Bamikole *et al.*, 2004). Por ejemplo, la toxicidad de *Jatropha curcas* es atribuida entre otros compuestos a las altas concentraciones de fitatos (7.2-10.1%) (Makkar *et al.*, 1997). Se ha reportado que el consumo de plantas con contenidos de fitatos entre el 0.7 y 3.5% es perjudicial para animales monogástricos ya que disminuye la absorción de minerales y proteínas y la actividad de enzimas (Mroz *et al.*, 1994; Kies *et al.*, 2006). De acuerdo a este criterio, diez de las plantas estudiadas pueden causar efectos nocivos a animales monogástricos.

Los taninos son sustancias complejas que se encuentran comúnmente en las especies forrajeras utilizadas en la alimentación de animales de producción pastoril. La concentración de estas sustancias es muy variable, dependiendo de la especie, tipo de tejido, cultivo, estado de desarrollo y condiciones ambientales. Se ha establecido en todo caso que concentraciones de esas

sustancias de 2 a 5% en el material vegetal seco (MS) (Diagayete y Huss, 1981, García y Medina, 2006) afectan de manera adversa la digestibilidad en ganado vacuno y ovino. Altas concentraciones de 6 a 10% deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras, y reducen la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, fibra, proteína y carbohidratos (Reed *et al.*, 1990; Reed, 1995). En las plantas objeto del presente estudio, los contenidos de taninos como equivalentes de ácido támico variaron de 0.08 a 5.1%, valores que se consideran de baja a moderada concentración. Existen datos del contenido de taninos totales de especies forrajeras de Fabaceae principalmente, cuyos valores oscilan entre 0.05% y 7.7 % MS (Otero e Hidalgo, 2004). El contenido de taninos totales de las plantas analizadas cae dentro de este

intervalo, siendo *Desmodium molliculum* la planta que mostró el mayor contenido y *Cynodon dactylon* la que mostró la menor concentración (Cuadro 1). El resultado obtenido para esta última especie estuvo de acuerdo con resultados descritos por López *et al.* (2004), quienes reportaron un menor contenido de esos metabolitos (1.22 g/100 g de planta seca) en esta especie entre 20 plantas forrajeras cultivadas. Por otro lado, Aschfalk *et al.* (2000) reportan que plantas con un contenido de taninos entre 5.8% y 8% son evitadas para su ingestión por los animales, particularmente ovejas, debido a su baja palatabilidad, además de que disminuyen la digestibilidad de proteínas y de materia orgánica. Por el contrario, aquellas de bajo contenido (0.2%-0.4 %) gozan de buena aceptabilidad.

Cuadro 1. Contenido de antinutricionales de las 13 malezas

Especie vegetal	Taninos ^{a*} g /100g	Fitatos ^{b*} g/100g	Saponinas ^{c*} g /100 g
<i>Amaranthus hybridus</i>	0.139 ± 0.03	4.48 ± 0.21	0.822±0.01
<i>Brassica rapa</i>	0.116 ± 0.01	0.49 ± 0.02	0.561±0.03
<i>Cosmos bipinnatus</i>	1.343 ± 0.02	1.36 ± 0.05	0.987±0.01
<i>Cynodon dactylon</i>	0.080 ± 0.002	0.59 ± 0.04	1.131±0.03
<i>Desmodium molliculum</i>	5.168 ± 0.10	3.93 ± 0.10	0.092±0.005
<i>Ipomoea purpurea</i>	0.224 ± 0.08	1.79 ± 0.51	1.099±0.05
<i>Malva parviflora</i>	0.224 ± 0.02	2.73 ± 0.04	0.292±0.04
<i>Oxalis decaphylla</i>	0.130 ± 0.02	2.63 ± 0.06	0.743±0.05
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0.852 ± 0.02	2.18 ± 0.08	1.149±0.07
<i>Sanvitalia procumbens</i>	0.097 ± 0.01	1.74 ± 0.08	1.503±0.04
<i>Simsia amplexicaulis</i>	0.411 ± 0.008	1.80 ± 0.05	0.268±0.01
<i>Sorghum halepense</i>	0.250 ± 0.02	0.47 ± 0.05	0.716±0.01
<i>Tithonia tubiformis</i>	0.124 ± 0.04	1.65 ± 0.01	0.762±0.02

*Promedio de tres mediciones expresadas sobre la base de material seco (± DE)

^aComo equivalentes de ácido támico

^b Como equivalentes de ácido fitico

^c Como equivalentes de diosgenina

Por otro lado, *D. molliculum* ha presentado una alta concentración de compuestos fenólicos y una preponderante actividad antioxidante (Lock *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2008), por lo cual podemos atribuir a los taninos ese potencial antioxidante.

Los niveles de saponinas en las malezas analizadas osciló entre 0.092 y 1.5 g/100 g de planta seca. En estudios llevados a cabo sobre plantas de uso forrajero, García y Medina (2006) reportan concentraciones entre 1.28 y 3.85%. Estos autores consideran como altos los contenidos de saponinas de 3.5%. Bamikole *et al.* (2004) reportan valores que van de 0.06 a 0.89 g/100 g de MS y Baloyi *et al.* (2001) valores de 0.02 g/100 g de MS. Los niveles de saponinas en las malezas estudiadas en el presente trabajo se colocaron dentro del intervalo publicado para plantas forrajeras y dentro de la concentración reportada para *Medicago sativa*, la cual osciló entre 0.14 y 1.71% (Güçlü-Ünsthündağ y Mazza, 2007), pero se colocaron por debajo de los encontrados por Makkar *et al.* (1997) para variedades de *Vicia faba* (1.7–3.9%). Un estudio sobre hojas de *Amaranthus hybridus* de Akubugwo *et al.* (2007) describió un contenido de saponinas de 1.68 mg/100 g de MS, muy por debajo de los resultados obtenidos en el presente trabajo donde se consideró la planta total. El mismo estudio arrojó valores bajos para el contenido de taninos y ácido fitico en hojas de *A. hybridus*.

En *Jatropha curcas*, planta particularmente tóxica, el contenido de saponinas, como era de esperar, varió entre diferentes colectas provenientes de diferentes

continentes, situándose entre 1.06 y 3.4% (Becker *et al.*, 1997; Becker *et al.*, 2006). Sin embargo, la toxicidad de la especie vegetal fue atribuida a los ésteres de forbol y a los fitatos presentes en ella, pero no a las saponinas. En general, todos estos valores resultan bajos al ser comparados con el contenido de saponinas de especies particularmente ricas en ellas, en la cuales se han encontrado concentraciones de 10 y 30 g/100 g de MS y de 80 g/100 g en extractos ricos en saponinas (Goel *et al.*, 2008).

En cuanto a la actividad hemolítica de los extractos enriquecidos en saponinas, la dilución más alta a la que se empezó a observar hemólisis de la solución de eritrocitos se encontró para *Sanvitalia procumbens* que fue de 2.5 mg/mL (equivalentes a 1.5% de saponinas). Ese valor se encuentra por debajo de los contenidos de saponinas reportados como tóxicos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los criterios universalmente consensados para la aceptabilidad de plantas forrajeras por rumiantes basados en el contenido de FAN, *Desmodium molliculum* y *Amaranthus hybridus* por mostrar altos contenidos de taninos y ácido fitico respectivamente pueden, no solo ser menos aceptadas, sino además afectar adversamente la salud de los animales. Por otro lado, como se ilustra con *Cynodon dactylon*, los perfiles de factores antinutricionales pueden variar enormemente en función de las condiciones de crecimiento de las especies forrajeras.

REFERENCIAS

- Akubugwo, I.E., Obasi, N.A., Chinyere, G.C., Ugbogu, A.E. (2007) Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **6**(24): 2833-2839.
- Aschfalk, A., Steingass, H., Muller, W., Drochner, W. (2000) Acceptance and digestibility of some selected browse feeds with varying tannin content as supplements in sheep nutrition in west Africa. *Journal of Veterinary Medicine A* **47**: 513-524.
- Baloyi, J.J., Ngongoni, N.T., Topps, J.H., Acamovic, T., Hamudikuwanda, H. (2001) Condensed tannin and saponin content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes guianensis* and *Stylosanthes scabra* grown in Zimbabwe. *Tropical Animal Health and Production* **33**: 57-56.
- Bamikole, M. A., Ikhataua, U.J., Arigbede, O.M., Babayemi, O.J., Etela, I. (2004) An evaluation of the acceptability as forage of some nutritive and antinutritive components and of the dry matter degradation profiles of five species of *Ficus*. *Tropical Animal Health and Production* **36**: 157-167.
- Barry, T. N., Min, B. R., Attwood, W. C. (2003) The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* **106**: 3-39.
- Becker, K., Makkar, H.P.S., Sporer, F., Wink, M. (1997) Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**: 3152-3157.
- Becker, K., Martínez-Herrera, L., Siddhuraju, P., Francis, G., Dávila-Ortiz, G. (2006) Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry* **96**: 80-89.
- Cannas, A. (2008) Plants Poisonous to Livestock. Cornell University Department of Animal Science <http://www.ansci.cornell.edu/plants/index.html>. Fecha de consulta: septiembre 2009.
- D'Mello, J.P.F. (1995) Anti-nutritional substances in legumes seeds. In: Tropical legumes and animal nutrition. D'Mello, J.P.F. and C. Devendra (Eds.). CAB International. U. K. pp 135-165.
- Diagayete, M., Huss, W. (1981) Tannin contents of African pasture plants: Effects on analytical data and *in vitro* digestibility. *Animal Research and Development* **15**: 79-90.
- Frühbeck, G., Alonso, R., Marzo, F., Santillán, S. (1995) A modified method for the indirect quantitative analysis of phytate in foodstuffs. *Analytical Biochemistry* **225**: 206-212.
- García, D. E., Medina, M. G. (2006) Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical* **24**(3): 233-250.
- Goel, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. (2008) Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology* **105**: 770-777.
- Güçlü-Ünstütündağ, Ö., Mazza, G. (2007) Saponins: Properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **47**: 231-258.

- Gutiérrez, D., Mendoza, S., Serrano, V., Bah, M., Pelz, R., Balderas, P., León, F. (2008) Proximate composition, mineral content, and antioxidant properties of 14 Mexican weeds used as fodder. *Weed Biology and Management* **8**(4): 291-296.
- Harland, B. F., Morris, E. R. (1995) Phytate: a good or bad food component? *Nutrition Research* **15**: 733-754.
- Hiai, S., Oura, H., Nagakajima, T. (1976) Color reaction of some saponins and saponins with vanillin and sulphuric acid. *Planta Medica* **29**: 116-122.
- Hidvégi, M., Lásztity, R. (2002) Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins. *Periodica Polytechnica. Chemical Engineering* **46**: 59-64.
- Khokhar, S., Fenwick, R.G. (1994) Phytate content of Indian foods and intakes by vegetarian Indians of Hisar region, Haryana State. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **42**: 2440-2444.
- Kies, A.K., Kemme, P.A., Sebek, L.B.J., M. van Diepen, J.Th., Jongbloed, A.W. (2006) Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. *Journal of Animal Science* **84**: 1169-1175.
- Kumar, R., Singh, M. (1984) Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **32**(3): 447-453.
- Kumar, R.; Vaithyanathan, S. (1990) Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Animal Feed Science and Technology* **30**(1-2): 21-38.
- Kumar, R. 1992. Anti-nutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO Animal Production and Health Paper No. 102. Roma, pp 145-160.
- Lock O., Castillo P., Doroteo V., Rojas R. (2005) Antioxidant activity *in vitro* of selected Peruvian medicinal plants. *Acta Horticulturae* **675**: 103-106.
- Lopez, H.W., Leenhardt, F., Coudray, C., Remesy, C. (2002) Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *International Journal of Food and Technology* **37**: 727-739.
- López, J., Tejada, I., Vásquez, C., Garza, J., Shimada, A. (2004) Condensed tannins in human tropical fodder crops and their *in vitro* biological activity: Part 1. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. **84**: 295-299.
- Makkar, H. P. S., Becker, K., Abel, H., Paweziak, E. (1997) Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour-and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **75**: 511-520.
- Makkar, H. P. S., Bluemmel, M., Becker, K. (1995) Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *British Journal of Nutrition* **73**(6): 897-913.
- Makkar, H. P. S., Bluemmel, M., Borowy, N. K., Becker, K. (1993) Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **61**(2): 161-5.
- Makkar, H. P. S., Siddhuraju. P., Becker, K. (2007) Methods in molecular biology: plant secondary metabolites. Vol. 393 Humana Press Inc, Totowa, NJ pp. 93-100.
- Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Kemme, P.A. (1994) Apparent digestibility and retention of nutrient bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *Journal of Animal Science* **72**: 126-132.
- Nguyen, Thi Mui; Binh, Dinh Van, Orskov, E. R. (2005) Effect of foliages containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology* **121**(1-2), 77-87.

- Otero, M.J., Hidalgo, L.G. (2004) Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrintestinales. (Una revisión). *Livestock Research for Rural Development* **16**(2): Art. # 13.
- Reed, J.D. (1995) Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* **73**: 1516-1528.
- Reed, J.D., Soller, H., Woodward, A. (1990) Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility, and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology* **30**: 39-50.
- Sodeinde, F.G., Asaolu, V.O., Oladipo, M.A., Ige, A.O., Amao, S.R., Alalade, A.O. (2007) Mineral and antinutritional contents of some forage legumes consumed by small ruminants in the derived savanna of Nigeria. *Research Journal of Agronomy* **1**: 30-32.
- Sotelo, A., Mendoza, J., Argote, R.M. (2002) Contenido de ácido fítico en algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método colorimétrico. *Revista de la Sociedad Química de México* **46**: 301-306.
- Suárez G., Serrano V., Pelz R., Balderas P. (2004) *Atlas de malezas arvenses del estado de Querétaro*. 1^a edición. Universidad Autónoma de Querétaro, México.