

REVIEW [REVISIÓN]

EFFECTOS NEGATIVOS Y POSITIVOS DEL CONSUMO DE FORRAJES
RICOS EN TANINOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAPRINOS.

[POSITIVE AND NEGATIVE EFFECTS IN GOAT PRODUCTION ARISING
FROM THE INTAKE OF TANNIN RICH FORAGE]

Juan Felipe de J. Torres-Acosta^{1*}, Miguel Ángel Alonso-Díaz¹, Hervé Hoste²,
Carlos A. Sandoval-Castro¹ and A.J. Aguilar-Caballero¹

¹FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

E-mail: tacosta@uady.mx

² UMR 1225 INRA DGER, 23 Chemin des Capelles, F31076, Toulouse, France.

*Corresponding author

RESUMEN

El uso del agostadero es uno de los elementos que hacen posible la producción caprina en muchas partes de México. Los caprinos cuentan con adaptaciones anatómicas y fisiológicas, así como una flora ruminal e intestinal adaptada, que les permiten hacer un uso más eficiente de las plantas disponibles en el agostadero nativo. Estas plantas contienen una gama de compuestos secundarios que les han permitido defenderse de la herbivoría. Uno de los compuestos secundarios importantes son los taninos. Cuando los animales consumen grandes cantidades de estos compuestos se presentan efectos negativos en la salud y producción de los animales. Sin embargo, los taninos consumidos en cantidades bajas pueden tener efectos positivos sobre la producción animal. De hecho, los caprinos son capaces de consumir plantas taniníferas aún cuando tienen posibilidad de escoger otras plantas más digeribles y sin taninos. Esto permite a los caprinos utilizar estas plantas como fuentes de nutrientes básicos para su sobrevivencia y producción aprovechando los beneficios de los taninos (como anti-timpánico ó para aumentar la cantidad de proteína de sobrepaso). En la actualidad se ha descubierto otro efecto benéfico de los taninos: su efecto antihelmíntico (AH) directo e indirecto. Numerosos investigadores se han avocado al estudio de este efecto AH en los parásitos de los rumiantes. Antes de proponer su uso como AH se deberá investigar su mecanismo de acción en los parásitos. Además, se deberá determinar la dosis efectiva que afecte a los parásitos pero que no afecte negativamente el consumo y digestión de los caprinos, así como las características organolépticas de la canal.

Palabras claves: Caprinos, arboles forrajeros, compuestos secundarios, taninos, consumo

SUMMARY

The use of rangeland is one of the elements that make possible goat production in many parts of Mexico. Goats pose anatomic and physiological adaptations, as well as an adapted ruminal and intestinal flora that allow them to make an efficient use of available plants in the native rangeland. These plants contain a range of secondary compounds that permit them to defend from herbivores. Among the important secondary compounds are the tannins. When animals exceed certain amount of these compounds during herbage intake, negative effects are found on health and animal production. However, tannins consumed in low quantities can encompass positive effects on animal production. In fact, goats are willing to ingest tanniniferous plants even when they have the opportunity to choose other more digestible and non-tanniniferous plants. This permit goats to use these plants as a source of basic nutrients for their survival and production, taking advantage from the benefits of tannins (as anti-tympanic or to increase the amount of bypass protein). At present, another beneficial effect of tannins has been found: their direct and indirect anthelmintic (AH) effect. Several researchers have advocated to the study of this AH effect on ruminants' parasites. However, before proposing its use as AH, its mechanism of action on parasites should be investigated. Furthermore, the effective dose that affects to parasites but not to the intake and digestion of goats, as well as the organoleptic characteristics of the carcass should also be determined.

Key words: Goats, fodder trees, secondary compounds, tannins, intake.

INTRODUCCIÓN

Existe un recurso natural que le permite a la mayoría de los caprinos de México subsistir y aportar proteína de origen animal para autoconsumo y comercialización: el agostadero. La mayoría de los rebaños caprinos del país dependen de este recurso como principal fuente de nutrientes para sus animales. Aunque se sabe que estas plantas tienen gran cantidad de nutrientes, muchos consideran que los compuestos secundarios dejan a estas plantas con un bajo valor nutricional (Perevolotzky *et al.*, 2006). Sin embargo, se debe considerar que los caprinos han desarrollado una serie de adaptaciones fisiológicas y anatómicas, muchas de las cuales apenas empezamos a descubrir, que le permiten hacer uso más eficiente de estas plantas (Silanikove, 2000). Aún más, en muchas ocasiones pasan desapercibidos todos aquellos factores positivos que pueden tener estas plantas para los animales ramoneadores (Athanasiadou *et al.*, 2006; Hoste *et al.*, 2006). El presente trabajo es una recopilación de los diferentes efectos negativos y positivos de los compuestos secundarios de las plantas en la producción de los caprinos haciendo particular énfasis en los taninos.

EL MONOCULTIVO Y EL SILVOPASTORALISMO EN LA GANADERÍA TROPICAL

Para muchos empresarios ganaderos de regiones tropicales húmedas y subhúmedas de México y América latina, el “rancho tecnificado” ideal es aquel con un monocultivo de pasto tropical, que cuenta con sistema de riego, para el pastoreo de rumiantes (bovinos, ovinos o incluso caprinos). Existe ahora abundante información científica, técnicamente validada, en la que se muestra mayor productividad mediante el uso de sistemas silvopastoriles, que combinan pastos tropicales con árboles forrajeros multipropósito. Estos últimos tienen diversos usos como por ejemplo: forraje rico en nutrientes (en especial proteína), postes vivos, controlan la erosión, mejoran de la fertilidad del suelo, son fuente de combustible, sirven para proveer de sombra para animales y plantas (Armendáriz-Yáñez y Rivera-Lorca, 2006) y de percha para aves silvestres.

En muchas ocasiones los árboles que se proponen en los sistemas silvopastoriles son importados de otras latitudes tropicales del mundo debido a se cuenta con poca información del potencial de producción de los árboles nativos del trópico México. Actualmente ya se cuenta con información de un mayor número de ellos. Por ejemplo, en la península de Yucatán existe una gran abundancia de arbustos y árboles leguminosos forrajeros, adaptados al clima, suelo y demás

características de la zona (Flores *et al.*, 2006). El forraje de estas plantas ha sido utilizado por la población Maya como fuente de forraje para rumiantes y otros animales (Flores *et al.*, 2006). Estos árboles tienen gran potencial para convertirse en parte importante de los sistemas de producción silvopastoril. Sin embargo, muchas de estas plantas han sido consideradas por siglos como maleza. Esta leyenda negra podría originarse tanto de los tiempos en que grandes extensiones de Yucatán se dedicaban al monocultivo del henequén, como de la pradera de monocultivo de gramínea “idealizada”, donde toda planta que creciera en estos cultivos era considerada maleza y debía ser eliminada sistemáticamente. En Yucatán, a finales del siglo veinte la producción de henequén a gran escala desaparece gradualmente dejando su lugar a la vegetación nativa, abundante en plantas taniníferas tropicales (PTT), que reclamó su sitio en la naturaleza. Mediante la investigación se va encontrando gradualmente una nueva riqueza en el terreno abandonado por el henequén, y algunos ganaderos aventajados empiezan a reorientar sus sistemas hacia un silvopastoralismo que aproveche algunas leguminosas forrajeras nativas. Muchos más siguen aún hoy luchando por su “rancho tecnificado” ideal, donde las PTT son y serán un “enemigo” difícil de vencer.

LAS PLANTAS DE RAMONEO EN LA PRODUCCIÓN CAPRINA

Contrario a lo que pasa con otras especies de ganado, los caprinos de México utilizan el ramoneo de herbáceas, arbustivas y arbóreas de los agostaderos nativos como la fuente principal de alimento. Los caprinos ramonean esta vegetación durante horarios limitados de salida al campo, obteniendo así los nutrientes necesarios para sobrevivir y lograr algún nivel de producción. Diversos estudios realizados en el noreste de México demuestran que las plantas del agostadero nativo consumidas por los caprinos proveen de suficiente proteína cruda y tienen elevada digestibilidad de la materia orgánica. Además, contienen minerales en cantidades suficientes para los caprinos con excepción del fósforo y el sodio (Ramírez-Lozano, 2006). Por lo tanto, es evidente que los árboles y arbustos del agostadero son una fuente importante de alimento para los caprinos en zonas húmedas, subhúmedas y secas de México (Flores *et al.*, 2006; Ramírez-Lozano, 2006). Por ejemplo, en la península de Yucatán, México, las hojas y frutos de las leguminosas (que son la familia más diversa de flora constituida por 260 especies) constituyen una fuente abundante de forraje de alta calidad ya que casi todas estas plantas pueden formar parte de la dieta de los pequeños rumiantes (Flores *et al.*, 2006). Estas plantas prevalecen en el agostadero debido a que cuentan con

un sistema de radicular que penetra profundamente el suelo. Esto favorece la obtención de nutrientes que no pueden ser alcanzados por otras plantas como las gramíneas. Además, pueden fijar nitrógeno atmosférico por lo que se reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados en la pradera. Aún más, la sombra de su follaje permite mantener mayor humedad y en el suelo favoreciendo la productividad de animales y plantas (Armendáriz-Yáñez y Rivera-Lorca, 2006).

Sin embargo, el agostadero es una fuente de alimento muy heterogénea, con una distribución multi-estratificada de los recursos forrajeros, que está sujeta a variaciones cuantitativas y cualitativas que dependen de la estación (Meuret *et al.*, 1991) y del uso del recurso. Los estudios acerca del papel de los factores ambientales, disponibilidad forrajera y palatabilidad, experiencia dietética anterior y carga animal, indican que las cabras no son ramoneadores estrictos (Narjisse, 1991). Las cabras tienden a ser flexibles en sus hábitos alimenticios, lo que les permite alimentarse de una variedad de plantas (Sharma *et al.*, 1998). Malecheck y Provenza (1983) sugieren que esta estrategia alimenticia se basa primeramente en la calidad nutritiva del alimento. Estos animales cambian su consumo favoreciendo la especie ó parte de la planta que sea más nutritiva en un momento dado. El hábito alimenticio flexible de las cabras es una consecuencia de diversos mecanismos de adaptación anatómica y fisiológica. Entre estos mecanismos se cuenta su capacidad de pararse en dos patas, su anatomía bucal, las características de la secreción salival, la flora del tracto digestivo adaptada a PTT y a su gran capacidad de reciclar urea (Feldman *et al.*, 1981; Pfister and Malecheck, 1986). Una mejor comprensión de todos estos mecanismos y de las estrategias de alimentación sería útil para decidir como manejar una comunidad de plantas para lograr una producción mayor y más sustentable (Torres-Acosta, 2006).

LOS COMPUESTOS SECUNDARIOS EN ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS

El uso de árboles y arbustos forrajeros está limitado en muchas especies por compuestos secundarios de las plantas (CSP). Entre los CSP se encuentran los amino ácidos no proteicos, alcaloides, terpenos, saponinas, glucósidos cianogénicos y los compuestos fenólicos (Makkar, 2006). El consumo excesivo de estas sustancias puede afectar negativamente el bienestar y salud de los herbívoros. Por ejemplo, los taninos, que son compuestos fenólicos, son sustancias conocidas por sus propiedades anti-nutricionales ya que pueden ocasionar una disminución del consumo alimento ó una reducción de la digestibilidad de esas plantas, y un funcionamiento inadecuado del rumen (Dawson *et al.*, 1999).

Otros compuestos fenólicos como las cumarinas pueden ser hepatotóxicos (Harborne, 1999). Las saponinas (terpenoides) son considerados responsables de una disminución en el consumo, causando carencias alimenticias, hemólisis y hasta la muerte. El consumo de plantas conteniendo simultáneamente glucósidos cianogénicos, terpenos ó alcaloides puede provocar problemas neurológicos. Por otro lado, el consumo elevado de taninos condensados puede resultar en una baja disponibilidad de metionina, aminoácido esencial necesario para detoxificar el cianuro, un CSP tóxico, por lo que este problema puede recrudecerse en presencia de grandes cantidades de taninos condensados (Reed, 1995).

Los taninos son considerados como un factor principal detrás de los problemas de bajo valor nutricional de las plantas leguminosas forrajeras (Perevolotsky *et al.*, 2006; Ramírez-Lozano, 2006). Debido a esto los taninos éstos serán considerados con más detalle en esta revisión.

¿Que son los taninos?

Los taninos son compuestos polifenólicos que por sus características se dividen en dos grandes grupos (Makkar, 2006).

- a) Los taninos hidrolizables (TH). Consisten en un núcleo central de carbohidrato al cual se unen, mediante enlaces éster, ácidos fenólico carboxílicos. Son ésteres de azúcares de ácidos gálico o eláxico. Estos taninos pueden ser fácilmente hidrolizados con ácidos, álcalis, agua caliente ó enzimas (Makkar, 2006; Hoste *et al.*, 2006).
- b) Los taninos condensados (TC). Consisten en oligómeros de dos o más flavan-3-oles, tales como la catequina, epicatequina o la correspondiente galocatequina. También se describen como proantocianidinas. Dependiendo de la estructura química de la unidad monomérica, en particular del número de radicales hidroxilo, son clasificados en cuatro grupos, los dos más comunes son las procianidinas y las prodelfinidinas (Makkar, 2006; Hoste *et al.*, 2006).

Los taninos tienen una muy alta afinidad por las proteínas y forman complejos proteína-taninos.

Los TH son potencialmente tóxicos pudiendo afectar hígado y riñones, pudiendo ocasionar la muerte (Waghorn y McNabb, 2003). Se dice que los TH son responsables de la mayoría de los efectos nocivos debido a que pueden ser absorbidos y circular por el flujo sanguíneo (Jean-Blain, 1988; Reed, 1995).

Los animales que consumen plantas con elevados niveles de TC disminuyen la utilización de nutrientes, afectando el uso de la proteína en gran medida. La actividad biológica de los TC depende de dos factores principales: la concentración y la estructura de los mismos (Hoste *et al.*, 2006):

¿Para que sirven los taninos?

Los taninos son parte integral del sistema de defensa contra los herbívoros y otros patógenos de las plantas como bacterias, hongos, insectos y virus (Jean-Blain, 1998). Estos compuestos juegan un papel ecológico muy importante.

Los taninos forman parte importante de las características que determinan la apetencia por las plantas por los herbívoros debido a las características astringentes de estos compuestos (Jean-Blain, 1998). De esta manera la planta reduce la frecuencia de ataque de los rumiantes y mejora sus posibilidades de sobrevivir. Se ha comprobado que las plantas que reciben mayor ataque de los herbívoros son capaces de aumentar su concentración de taninos. Por ejemplo, una especie Africana de *Acacia* incrementó su cantidad de taninos 15 minutos después de iniciada la ingestión (O'Reilly, 2002).

Adaptación de los caprinos a los taninos.

Como se mencionó anteriormente, las PTT forman parte de la dieta de los caprinos en la mayor parte del país. Cuando las cabras consumen estas y otras plantas tienen que hacer un balance entre el impacto positivo (cosecha de nutrientes para la sobrevivencia y producción) y el posible impacto negativo de la misma cosecha (toxinas, compuestos antinutricionales, exceso de algún nutriente, deficiencia de algún nutriente, dificultad de cosecha, energía utilizada para la masticación y digestión, etc.).

Sin embargo, según Provenza (2006) los individuos pueden alcanzar mejor sus necesidades nutricionales y regular su ingesta de toxinas cuando se les ofrece una variedad de alimentos, que difieren en nutrientes y toxinas, que cuando se les ofrece un solo alimento "nutricionalmente balanceado". Estudios recientes han demostrado que ésta hipótesis es cierta en caprinos con experiencia de consumo de PTT de Yucatán. En una prueba de "cafetería" los caprinos prefirieron consumir diferentes cantidades de PTT (*Acacia pennatula*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Leucaena leucocephala*) en lugar de consumir solamente una planta con escasa cantidad de taninos y de alta digestibilidad como el *Brosimum alicastrum* a la cual tenían acceso a libertad (Alonso-Díaz *et al.*, 2007a). Es posible que esta conducta se deba a que los animales utilizados tenían experiencia de ramoneo. Por lo tanto

conocían las plantas y, posiblemente sabían comer mezclas de plantas que mitigan la toxicidad de los taninos.

Ese primer estudio sugiere que las cabras nativas acostumbradas a ramoneo no presentan una reducción de su preferencia debida a los taninos. Entonces se decidió profundizar en este fenómeno: Que tanto se puede modificar la preferencia hacia las PTT cuando se suplementa a los animales con un bloqueador de los taninos, el polietilenglicol (PEG). El PEG es una sustancia que ha sido utilizada por diversos autores para aumentar el consumo y digestibilidad de plantas ricas en taninos en caprinos (Silanikove *et al.*, 1996; Silanikove *et al.*, 1997; Landau *et al.*, 2002; Perevolotsky *et al.*, 2006). Entonces, se buscó "neutralizar" el efecto de los taninos sobre el tracto digestivo con PEG (peso molecular entre 3000 y 4000) para determinar si se incrementaba el consumo de las PTT, cambiando la preferencia de las cabras ramoneadoras en pruebas de cafetería (Revaud *et al.*, datos no publicados). El PEG es un polímero que puede unirse a los taninos en un amplio rango de pH y su presencia reduce la formación de complejos proteína-taninos (Makkar, 2006). Las mismas PTT de Yucatán, mencionadas anteriormente, fueron utilizadas. Se comparó su preferencia en presencia de *B. alicastrum* ó sin él. Se realizaron dos estudios en los que se suplementó con PEG de diferente manera. En el primer estudio se evaluó el efecto de la astringencia de los taninos al poner el PEG mezclado en las hojas ofrecidas a los animales como se ha reportado en estudios previos (Barahona *et al.*, 1997). El segundo estudio evaluó los posibles efectos post-ingestivos de los taninos al aplicar PEG directamente en la boca después de la alimentación con PTT. En ningún caso se cambió la preferencia reportada previamente. La ausencia de un efecto del PEG sobre el consumo de PTT es inusual. Por un lado, esto pudiera deberse a que la duración de un estudio de cafetería no permite que los animales aprendan a detectar los efectos positivos del PEG. Por otro lado, es posible que la falta de respuesta al PEG se deba a que los caprinos se encuentran ya adaptados y por lo tanto son capaces de bloquear los taninos con sus propios mecanismos como por ejemplo saliva rica en prolina (Silanikove, 2000; Hoste *et al.*, 2006) y/o actividad microbiana en el tracto digestivo. Esto llevó a estudiar la saliva de las cabras con experiencia de ramoneo de Yucatán. Los resultados están siendo analizados y prometen ser de alto interés científico y práctico (Alonso-Díaz *et al.*, datos no publicados).

LOS EFECTOS POSITIVOS DE LOS TANINOS EN LA PRODUCCIÓN CAPRINA

Parece obvio que el consumo excesivo de taninos tiene efecto detrimental sobre los herbívoros, especialmente

los TH. Sin embargo, en algunos casos los animales pueden decidir utilizar estas plantas hasta cierto nivel, es decir con moderación (ejem. automedicación), y pueden beneficiar a los herbívoros bajo ciertas condiciones. Algunos ejemplos de los efectos benéficos pueden ser encontrados con los TC:

- a) Los TC son conocidos por su efecto anti-timpánico que es de gran utilidad cuando los animales se exponen a dietas con elevados niveles de proteína. Un ejemplos de estas plantas con efecto anti timpánico es el *Lotus corniculatus*.
- b) Estudios realizados con leguminosas forrajeras del agostadero de Yucatán confirman que los TC podrían ayudar a evitar el timpanismo ya que ayudan a reducir la producción de gas al reducir la fermentación ruminal (Monforte-Briceño *et al.*, 2005; Alonso-Díaz *et al.*, datos no publicados).
- c) Los TC pueden ocasionar una mayor producción animal. Al consumirse en cantidades moderadas los efectos son generalmente positivos y no reducen el consumo voluntario. Al unirse y formar complejos con proteína de la dieta, evitan su degradación en el rumen, aumentando la cantidad de amino ácidos que llegan al abomaso y la cantidad de amino ácidos esenciales que son absorbidos (Waghorn *et al.*, 1987).

Además de los efectos que convencionalmente se le reconocían a los taninos desde el punto de vista nutricional, existe una novedad en el campo de los CSP. Recientemente se ha encontrado evidencia del efecto antihelmítico que pueden tener las sustancias bio-activas provenientes de las plantas. Este fenómeno es de especial importancia ahora que las cepas de nemátodos gastrointestinales (NGI) resistentes a las drogas antihelmíticas comerciales son cada vez más comunes en los sistemas de producción de rumiantes.

Las plantas ricas en taninos han atraído la mayor atención por su efecto sobre los NGI de los rumiantes (Hoste *et al.*, 2006). Las plantas taníferas pueden tener una actividad antiparasitaria directa pero también podrían tener un efecto indirecto a través de mejorar la respuesta inmune de los animales contra los NGI. Se han reportado recientemente varios trabajos en los que se demuestra que los taninos pueden mejorar la resiliencia (menos signos clínicos, mejor crecimiento y producción de lana) y resistencia (menor cantidad de huevos de nematodos en heces, menor carga parasitaria y menor fertilidad de hembras parásitas) de los caprinos y ovinos infectados con NGI (Paolini y Hoste, 2006). Esto ha sido demostrado utilizando pasturas con taninos, heno de plantas taníferas y forraje de árboles ó plantas leñosas de diferentes latitudes (Hoste *et al.*, 2006). En Yucatán se ha descubierto que el extracto acetónico de follaje de diversos árboles taníferos nativos tiene efecto antihelmítico *in vitro* contra *Haemonchus contortus*

(Alonzo-Díaz *et al.*, 2007b; Hernandez-Orduño *et al.*, datos no publicados; Calderón-Quintal *et al.*, datos no publicados) y *Trichostrongylus colubriformis* (Alonzo-Díaz *et al.*, 2007c). Posteriormente se ha confirmado su eficacia cuando forma parte de la dieta de los caprinos sin experiencia de ramoneo en corral (corte y acarreo) (Brunet *et al.*, 2007). Con este esquema de suplementación de forraje fresco se busca reducir sustancialmente la infección en los animales, pero no totalmente como ocurre con las drogas comerciales. Actualmente se están explorando la forma en que los taninos afectan la biología de los NGI. Aparentemente el mecanismos de acción de los taninos sobre las larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* y *T. colubriformis* consiste en evitar que estos parásitos desenvainen. Esto evita que los mencionados NGI puedan establecerse en su sitio de acción y puedan continuar con su ciclo evolutivo. También se estudia el mecanismo de acción de los taninos en los nemátodos adultos. Los taninos parecen tener un mecanismo de acción diferente en éstos últimos. Aparentemente los taninos se unan a la boca y posiblemente al aparato reproductor de los parásitos (por la afinidad de los taninos a las proteínas ricas en prolina de la cutícula del nemátodo) (Hoste *et al.*, 2006; Martínez-Ortiz de M. *et al.* datos no publicados).

FUTURO DEL USO DE LOS TANINOS EN LOS CAPRINOS

Sin duda las plantas forrajeras taníferas del agostadero seguirán formando parte de la dieta de los caprinos en México debido a que son consumidas a niveles medios-altos y que parecen ser tolerados por los animales. Sin embargo, la utilidad de estos sustratos también debe ser optimizada. Estudios recientes en caprinos ramoneando agostadero nativo en Yucatán han demostrado que los caprinos se benefician con la suplementación de pequeñas cantidades de concentrado (100 a 350 g/día) tanto en época de seca (escasez de forraje) como en la de lluvia (abundancia de forraje) mejorando su productividad (Hoste *et al.*, 2005; Knox *et al.*, 2006). Es evidente que en aquellos lugares con abundantes leguminosas forrajeras el suplemento debe consistir en una fuente de energía (melaza, maíz, etc.) (Landa-Cansigno *et al.*, 2005). Estudios recientes han demostrado que los caprinos consumiendo cantidades crecientes de suplemento (1.5% de su peso vivo) son capaces de crecer sin impacto negativo debido a las infecciones por NGI aún en época de lluvia (abundantes nemátodos) (Gárate-Gallardo *et al.*, 2007).

¿Será posible en el futuro utilizar plantas taníferas como parte de un sistema integral de manejo de NGI? Aparentemente sí. Sin embargo, todavía hay muchas cosas que resolver antes de hacer una declaración definitiva. Hay que entender cuales son los factores

que determinan la variabilidad en la eficacia antihelmíntica entre plantas de la misma especie, entre diferentes plantas taniníferas con cantidades semejantes de taninos e incluso entre parásitos de diferentes regiones del mundo. Además, se deberá determinar que cantidad se requiere para ocasionar el efecto AH pero sin perjuicio para el animal ó para el consumidor de dicho animal. Hasta que estos aspectos no se aclaren, serán una limitante importante para quien quiera obtener un registro de principios activos y/o productos derivados de PTT ante autoridades sanitarias de cualquier país.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por CONACYT-SAGARPA-COFUPRO (proyecto 12441) y ECOS-Nord, France – CONACYT-ANUIES, México (Proyecto M03-A03).

REFERENCIAS

- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Capetillo-Leal, C. 2007a. Preference and intake rate of forage tree by goats when offered in cafeteria trials is affected by their tannin and potential digestible NDF content. *Anim. Feed Sci. Tech.* In press.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C., Aguilar-Caballero, A.J., Hoste, H. 2007b. In vitro anthelmintic activity of plant extracts from tropical tanniniferous trees against *Haemonchus contortus*. XII conference of WAAVP. Gent, Belgium. August 19-23, 2007. p. 263.
- Alonso-Díaz, M.A., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C., Aguilar-Caballero, A.J., Hoste, H. 2007c. In vitro anthelmintic activity of plants extracts from tropical tanniniferous trees against *Trichostrongylus colubriformis*. From Alaska to Chiapas: The First North American Parasitology Congress. June 21-25, Mérida, Yucatán, México. p. 76.
- Armendáriz-Yáñez, I.R., Rivera-Lorca, J.A. 2006. Content of secondary metabolites of some indigenous browse legumes from Yucatan Peninsula, with particular reference to phenolic compounds. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 279-289.
- Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Jackson F. 2006. Can plant secondary metabolites have a role in controlling gastrointestinal nematode parasitism in small ruminants? BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 197-207.
- Barahona, R., Lascano, C.E., Cochran, R., Morrill, J., Titgemeyer, E.C. 1997. Intake, digestión, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *J. Anim. Sci.* 75: 1633-1640.
- Brunet, S., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Capetillo-Leal, C., Hoste, H., Martínez-Ortíz de Montellano, C. 2007. Effect of consumption of a tropical tannin-rich plant (Tzalam, *Lysiloma latisiliquum*) on the larval establishment of parasitic nematodes in goats. XII conference of WAAVP. Gent, Belgium. August 19-23, 2007. p. 258.
- Dawson, J.M., Buttery, P.J., Jenkins, D., Wood, C.D., Gill, M. 1999. Effects of dietary Quebracho tannin on nutrient utilization and tissue metabolism in sheep and rats. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1423-1430.
- Feldman, B.M., Van-Soest, P.J., Horvath, P., McDowell, R.D. 1981. Feeding Strategy of the Goat. Cornell University. Ithaca New York, USA.
- Flores, J.S., Vermont-Ricalde, R.M., Kantún-Balam, J.M. 2006. Leguminosae diversity in the Yucatan Peninsula and its importance for sheep and goat farming. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 291-299.
- Gárate-Gallardo L., Torres-Acosta, J.F.J., Aguilar-Caballero AJ., Sandoval-Castro C., Cámara-Sarmiento, R., Canúl-Ku, HL., Cob-Galera, L., May-Martínez, M. 2007. An increase level of maize supplementation provides better control of gastrointestinal nematodes in browsing Criollo goats. XII conference of the WAAVP. Gent, Belgium. August 19-23, 2007. p. 18.

- Harborne, J.B. 1999. An overview of antinutritional factors in higher plants. In: Secondary plant products. Antinutritional and beneficial actions in animal feeding. Edited by J.C. Caygill and I. Mueller-Harvey. Nottingham University Press, U.K. pp. 7-16.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F.J., Paolini, V., Aguilar-Caballero, A.J., Etter, E., Lefrileux, Y., Chartier, C., Broqua, C. 2005. Interactions between nutrition and gastrointestinal infections with parasitic nematodes in goats. *Small Rumin. Res.* 60: 141-151.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S.M., Hoskin, S.O. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends Parasitol.* 22: 253-261.
- Jean-Blain, C. 1998. Aspects nutritionnels et toxicologiques des tannins. *Rev. Méd. Vét.* 149: 911-920.
- Knox, M., Torres-Acosta, J.F.J., Aguilar-Caballero, A. 2006. Exploiting the effect of dietary supplementation of small ruminants on resilience and resistance against gastrointestinal nematodes. *Vet. Parasitol.* 139: 385-393.
- Landa-Cansigno, E., Friesendhal, E., Torres-Acosta, J.F.J., Aguilar-Caballero, A.J., Hoste, H., Vargas-Magaña, J.J. 2005. Comparing the effect of two sources of energy supplement (molasses or maize) on the resilience and resistance against GI nematodes in browsing goats. 20th Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology. 14-19 de octubre de 2005. Christchurch, New Zealand. p. 189.
- Landau, Y., Silanikove N., Nitzsan Z., Provenza F.D., Perevolotsky A. 2002. Polyethylene-Glycol affects goats' feeding in a tannin-rich environment. *J. Range Manag.* 55: 598-603.
- Makkar, H.P.S. 2006. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 235-249.
- Malecheck, J.C., Provenza F.D. 1983. Feeding behaviour and nutrition of goats in rangelands. *World Anim. Rev.* 47: 38-48.
- Meuret, M., Boza, J., Narjisse, H., Nastis, A. 1991. Evaluation and utilization of rangeland feeds by goats. In: Goat Nutrition. Edited by: Morand-Fehr P. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Pudoc, Wageningen, Netherlands. Pp. 160-171.
- Monforte-Briceño, G.E., Sandoval-Castro, C.A., Ramírez-Avilés, L., Capetillo, Leal, C.M. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to in vitro gas production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124: 313-327.
- Narjisse, H. 1991. Feeding behaviour of goats on rangelands. In: Goat Nutrition. Edited by: Morand-Fehr P. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Pudoc, Wageningen, Netherlands. Pp. 13-24.
- O'Reilly, G. 2002. Tannin wars. Department of Business, Industry & Resource Develop. http://www.nt.gov.au/dbird/dpif/pubcat/newsletters/asrr/jun02/tannin_war.html
- Paolini, V., Hoste H. 2006. Effects of tannins in goats infected with gastrointestinal nematodes. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 209-220.
- Perevolotsky, A., Landau, S., Slanikove, N., Provenza, F. 2006. Upgrading tannin-rich forages by supplementing ruminants with Polyethylene Glycol (PEG). BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 221-234.
- Pfister, J.A., Malecheck, J.C. 1986. Nutrition and feeding behaviour of goats and sheep in a deciduous shrub woodland of Northeastern Brazil. In: Rangelands: A Resource Under Siege. Edited by: Joss P.J., Lynch P.W. and Williams O.B. Australian Academy of Science. Canberra, Australia. Pp. 411-412.
- Provenza, F.D. 2006. Behavioural mechanisms influencing use of plants with secondary metabolites by herbivores. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by

- C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 183-195.
- Ramírez-Lozano, R.G. 2006. Nutritional characteristics of browse species from Northeastern Mexico consumed by small ruminants. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 251-260.
- Reed, J.D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73: 1516-1528.
- Sharma, K., Saini, A.L., Singh, N., Ogra, J.L. 1998. Seasonal variations in grazing behaviour and forage nutrient utilization by goats on a semi-arid reconstituted silvipasture. *Small Rumin. Res.* 27: 47-54.
- Silanikove N., Gilboa N., Perevolotsky A., Nitzsan Z. 1996. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannin-containing leaves (*Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus* and *Ceratonia siliqua*) by goats. *J. Agric. Food Chem.* 44: 199-205.
- Silanikove, N., Gilboa, N., Nitzsan Z. 1997. Interactions among tannins, supplementation, and polyethylene glycol in goats fed oak leaves: effect on digestion and food intake. *Anim. Sci.* 64: 479-483.
- Silanikove, N.A. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environment. *Small Rumin. Res.* 35: 181-193.
- Torre-Acosta, J.F.J. 2006. The effect of supplementary feeding in browsing Criollo kids and hair sheep naturally infected with gastrointestinal nematodes. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. Pp. 261-278.
- Waghorn, G.C., McNabb, W.C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nut. Soc.* 62: 383-392.
- Waghorn, G.C., Ulyatt M.J., John A., Fisher M.T. 1987. The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus*. *Brit. J. Nut.* 57: 115-126.

Submitted January 07, 2008 – Accepted April 04, 2008
Revised received June 03, 2008