

Los taninos como antioxidantes naturales en la carne

Velázquez M.M.^{1,2}; Ayala M.M.A.^{1,2}; Barragán G.H.^{1,2}; Hernández, M.O.^{1,2*}

¹Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 53230.

²Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

*Autor responsable: ohmendo@colpos.mx



Fotografía por OHM

RESUMEN

Los árboles forrajeros son una alternativa en la alimentación animal, especialmente porque no compiten con alimentos para uso humano. Muchas de estas especies contienen compuestos secundarios, como los taninos, a los que se les conoce tradicionalmente como anti-nutricionales porque provocan disminución en el consumo de materia seca (MS); sin embargo, esto sólo ocurre cuando las dosis superan 5 % de la MS en la dieta. Los taninos condensados son los más comunes y, dado su potencial antiparasitario, la reducción en la producción de metano y el poder antioxidante han cobrado especial importancia en los últimos años. Resultados preliminares muestran un comportamiento productivo similar y una mayor vida en anaquel de la carne de toretes y borregos alimentados con diferentes fuentes y niveles de taninos en la dieta, en comparación con dietas convencionales.

Palabras clave: antioxidantes, arbustos forrajeros, calidad, carne.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumidor demanda que los alimentos sean producidos con el mínimo uso de compuestos químicos (fármacos, insecticidas, plaguicidas o aditivos, entre otros), con el fin de obtener productos inocuos y de mejor calidad. Sin embargo, a este aspecto se le ha prestado poca o nula atención, aun cuando es fundamental para la salud humana. Tampoco se le da mucha importancia a la vida en anaquel de la carne, la cual generalmente es muy corta, propiciando pérdidas económicas. Ante esto es necesario el uso de aditivos químicos para una mejor conservación, aspecto que atenta contra la calidad e inocuidad alimentaria, además de incrementar los costos de producción. Por ello es importante buscar alternativas, como el uso de fuentes forrajeras no convencionales, como árboles y arbustos de alto potencial forrajero, como el guásimo (Esterculaceae: *Guazuma ulmifolia*), el ramón (Moraceae: *Brosimum alicastrum*) y el cocoíte (Fabaceae: *Gliricidia sepium*), que crecen en zonas tropicales y registran mejor valor nutricional que las especies propiamente conocidas como forrajeras. Se ha reportado que el follaje de estas especies contiene hasta 30 % de proteína cruda (López *et al.*, 2008), con producción de materia seca durante todo el año. Otra de sus características principales es su contenido de taninos, a los que si bien es cierto que se les ha caracterizado como agentes anti-nutricionales, funcionan también como agentes protectores de proteínas, ya que los hay ligados a ellas formando proteína de sobrepaso (Torres *et al.*, 2008), además de que funcionan como antiparasitarios (López *et al.*, 2004a, 2004b; 2008) y reductores de metano (Hervás *et al.*, 2003a). Recientemente se ha reportado que los taninos tienen efectos en la calidad de la carne, mejorando el perfil de ácidos grasos (Priolo *et al.*, 2000; Vasta *et al.*, 2009); funcionan especialmente como antioxidantes, alargando la vida en anaquel de la carne (Larraín *et al.*, 2008). Sin embargo, estos estudios son muy aislados y en México, a pesar de que existe amplia variedad de árboles y arbustos con dichas cualidades, todavía no hay estudios con mayor detalle. La presente revisión ofrece un panorama general del uso de recursos forrajeros no convencionales en la alimentación animal, donde los taninos son el principal objetivo por su función antioxidante en la carne, alargando así la vida en anaquel, dando como resultado un valor agregado al sistema.

Uso de árboles forrajeros en la alimentación animal

El follaje de árboles y arbustos es importante en la producción ganadera porque no compite con alimentos para humanos; la mayoría contiene grandes cantidades de materia seca (hasta 11.5 ton ha.año⁻¹) y proteína (12 a 30 %) (Carranza-Montaña *et al.*, 2003; López *et al.*, 2008; Meléndez, 2001; Cruz, 2005; Villa, 2009), y en su mayoría están presentes como componentes de sistemas silvopastoriles (Figura 1) o como forraje de corte (Figura 2), aunque utilizados sin ningún arreglo formal de producción, lo que los hace ineficientes.

Las especies arbóreas y arbustivas, principalmente “leguminosas” (Fabaceae, Mimosoideae, Caesalpinioideae), contienen taninos condensados o proantocianidinas (Ramírez *et al.*, 2000) que, además de contener proteína enlazada a taninos, les permiten escapar a la degradación ruminal, contribuyendo a una mejor nutrición animal. Como alimento para el ganado, el follaje de especies arbóreas que contienen taninos tienen algunos efectos negativos, como disminución del consumo, por su sabor astringente y porque los hay ligados a fibra, reduciendo la digestibilidad de la materia seca, sobre todo cuando la concentración total de taninos en la dieta del animal supera 5 % (Hervás *et al.*, 2003; Frutos *et al.* 2004). Se ha re-



Figura 1. A: Parcela demostrativa de guásimo (*Guazuma ulmifolia*) en el estado de Veracruz. B: Parcela de un sistema silvopastoril usando el guásimo (*Guazuma ulmifolia*) como banco de proteína en el estado de Veracruz.

Fotografía por OHM

Fotografía por OHM



Figura 2. Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) seco para ser incluido como ingrediente base en la dieta para borregos.

portado que el consumo de plantas que contienen taninos pueden afectar el funcionamiento digestivo (Hagerman *et al.*, 1992), afectando la salud y la producción del animal; en muchos casos pueden causar toxicidad (Smith *et al.*, 2005) e incluso la muerte. Sin embargo, los taninos en bajas cantidades tienen efectos benéficos, como es la protección de la proteína, provocando que ésta sea de sobrepaso y escape a la degradación ruminal, aumentando así la eficiencia de la digestión de la proteína. Por lo tanto, es importante establecer las concentraciones óptimas de taninos en la dieta para mejorar el desempeño en la producción animal (Figura 3).

Algunas de esas especies arbóreas han sido reconocidas como fuente importante de taninos, como hojas de quebra-

cho, arbusto del Sur de América (Anacardiaceae: *Schinopsis balansae*) (Vasta *et al.*, 2009). También el sorgo (*Sorghum* spp.), dado su contenido de taninos, tiene las propiedades antioxidantes más altas que cualquier otro cereal (Gu *et al.*, 2004; Larraín *et al.*, 2008). Sin embargo, la mayoría de estudios *in vitro* e *in vivo* sugieren cierta capacidad antioxidante en la carne, aun cuando han sido realizados generalmente con productos purificados, o bien, con granos de sorgo que no son reflejo de una ingesta de forraje como fuentes de taninos. Un mayor conocimiento de los aspectos asociados al uso de plantas arbóreas en la alimentación del ganado permitirá explicar los potenciales efectos benéficos de los taninos en la dieta.

Estudios diversos muestran el efecto de diferentes fuentes y niveles de taninos en la dieta de toretes y ovinos, y su respuesta en la producción y la calidad de la carne. Estudios preliminares realizados por Velázquez *et al.* (2012a, 2012b) y Ayala *et al.* (2012) mostraron que no existen diferencias significativas en consumo, ganancia de peso, ni rendimiento en canal en toretes y ovinos cuando se les suplementó con taninos en la dieta, en comparación con las convencionales, que no los contenían (Cuadros 1 y 2).

Generalidades

Los taninos son compuestos naturales de alto peso molecular (500 a 2500 Daltons) con gran número de polifenoles hidroxilados que pueden ligarse a proteínas y otras moléculas (Hagerman *et al.*, 1992). Se reconocen dos grupos de taninos: los hidrolizables (C_6-C_1)_n y los condensados ($C_6-C_3-C_6$)_n. Los hidrolizables son polímeros de ácido gálico o ácido elárgico esterificado con glucosa o con catequina, los cuales se degradan en grupos fenólicos más pequeños sin



Fotografía por OHM

Figura 3. A: Muestreo de follaje de cocoite (*Gliricidia sepium*). B: guásimo (*Guazuma ulmifolia*) para su análisis químico en laboratorio.

Cuadro 1. Efecto de la adición de taninos en la dieta de toretes finalizados y su comportamiento productivo.

Variables	Tratamientos			EEM	Valor de P
	DB	DVE	DEQ		
PVI (kg)	415.5	412.3	410.3	4.2708	0.8818
PVF (kg)	522.5	515.8	517.5	6.5712	0.8146
CMS (kg)	10.8	10.8	10.9	0.2163	0.8983
GDP (kgd ⁻¹)	2.01	1.99	1.95	0.0641	0.8659
EA (g ¹⁰⁰ g ⁻¹ MS)	18.6	18.5	18.0	0.0059	0.7360
CA (kg:MS)	5.5	5.5	5.8	0.1953	0.5518
RCC (%)	58.1 ^{ab}	58.9 ^a	56.2 ^b	0.5802	0.0241

^{a, b}: medias con literales distintas en cada fila son diferentes (P<0.05). PVI= peso vivo inicial; PVF= peso vivo final; GDP=ganancia diaria de peso; CMS=consumo de materia seca; CA=conversión alimenticia; EA=eficiencia alimenticia; RCC=rendimiento de la canal caliente; EEM=error estándar de la media; DB=dieta base; DVE=dieta con Vit E; DEQ=Dieta con taninos.

Cuadro 2. Comportamiento productivo en ovinos alimentados con follaje de guásimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos.

Variable	Dieta base (DB)	DB con 1.5% taninos	DB con 2.5% taninos	DB con Vitamina E	±EE	P
CMS (kg:día)	1.40 ^a	1.48 ^a	1.43 ^a	1.40 ^a	0.060	0.80
GDP (kg:día)	0.271 ^a	0.258 ^a	0.286 ^a	0.262 ^a	0.020	0.78
Conversión alimenticia	5.31 ^a	5.85 ^a	5.08 ^a	5.45 ^a	0.27	0.26
Eficiencia alimenticia	0.191 ^a	0.174 ^a	0.198 ^a	0.184 ^a	0.0090	0.32
RCC (%)	51.91	52.00	52.64	52.51	0.61	0.79
RCF (%)	50.68	49.46	50.80	50.00	0.96	0.39

^{a, b, c}: medias con literales distintas en cada fila son diferentes (P>0.05); RCC=rendimiento de canal caliente; RCF=rendimiento de canal fría; ±EE=error estándar.

causar reacciones con las proteínas del medio. Los condensados son sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje, gracias a que son polímeros de flavan 3-ol, y flavan-3, 4-diol o sus derivados, según sea su concentración, estructura química y peso molecular, estando presentes en forma libre o adheridos a proteína y fibra. Los taninos pueden ser benéficos o perjudiciales en la alimentación del ganado, dependiendo de su fuente (especie de planta), tipo y concentración, y de su relación con otros componentes de la dieta animal.

Metabolismo de taninos en rumiantes

Los efectos nutricionales están asociados con el consumo de forraje, cuya concentración elevada de taninos (>5 % de la MS) radica en una menor palatabilidad, reducción del consumo de alimento, disminución de la ganancia de peso, y reducción de la eficiencia en la utilización del alimento. Hervás *et al.* (2003b) proporcionaron intraruminalmente dosis de extractos de taninos condensados del

quebracho (Anacardiaceae: *Schinopsis balansae*), equivalentes a 0, 28, 83 y 166 g.kg⁻¹ de MS (materia seca) por día consumidos en la dieta, encontrando que todos los animales aceptaron la dieta ofrecida, excepto los que recibieron la dosis alta (166 g.kg⁻¹ de MS). En estos animales (corderos) el consumo voluntario se redujo prácticamente a cero después de cinco o seis días. Sin embargo, Frutos *et al.* (2004) no encontraron reducción en el consumo voluntario entre corderos a los que se les ofreció alimento con harina de soya tratada con taninos hidrolizables (20.8 g.kg⁻¹ de MS de alimento). Lo anterior sugiere que la respuesta animal varía con base en el tipo y estado fisiológico del animal, calidad de la dieta, fuente, cantidad, y tipo de taninos involucrados.

Se han sugerido tres mecanismos principales para explicar el efecto negativo de la concentración de taninos en el consumo voluntario: reducción en la palatabilidad, lenta digestibilidad, y desarrollo de aversiones condicionadas.

Una reducción en la palatabilidad puede ser causada por una reacción entre los taninos y las proteínas de la mucosa salival, o bien, a través de una reacción directa con los receptores del gusto, provocando una reacción astringente. Muchos herbívoros basan su dieta en plantas con altas concentraciones de taninos, y en su saliva se han encontrado proteínas ricas en prolina, las cuales tiene alta capacidad para ligarse con taninos (Hagerman y Butler, 1991). Este complejo tanino-proteína rico en prolina es muy estable y reduce los efectos astringentes de los taninos. El principal efecto sobre las proteínas está basado en su habilidad para formar enlaces de hidrógeno, que son estables

a niveles de pH entre 3.5 y 8.0. Estos complejos (estables a pH del rumen) se disocian cuando el pH baja a menos de 3.5 (como en el abomaso que registra pH de 2.5 a 3.0) o es mayor a 8.0 (por ejemplo en duodeno con pH de 8.0), lo cual explica la actividad de los taninos en el tracto digestivo (Hagerman *et al.*, 1992; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). El efecto de los taninos sobre la degradación de la proteína es básicamente una reducción en la fracción degradable inmediata, así como en la tasa de la fracción degradable (Frutos *et al.*, 2000; Hervás *et al.*, 2000).

Los taninos ejercen sus efectos principalmente en la proteína, pero también sobre los carbohidratos, particularmente hemicelulosa, celulosa, almidón y pectinas (Leinmüller *et al.*, 1991; Schofield *et al.*, 2001). Por mucho tiempo su impacto sobre la degradación de la fibra fue visto como un efecto anti-nutricional secundario; sin embargo, algunos estudios han mostrado que la degradación de la fibra en el rumen puede ser drásticamente reducida en animales que consumen alimento rico en taninos (McSweeney *et al.*, 2001; Hervás *et al.*, 2003a).

El segundo mecanismo respecto a la lenta digestibilidad de la materia seca genera señales de que el animal está lleno y provee una retroalimentación a los nervios centrales involucrados en el control del consumo. El tercer mecanismo se basa en la identificación de una consecuencia negativa post-prandial, seguida del consumo de taninos y el subsecuente desarrollo de una aversión condicionada.

Los taninos y la calidad de la carne

La suplementación con taninos está fuertemente ligada a la acumulación de ácidos grasos, los cuales están involucrados en la ruta de la bio-hidrogenación, y recientemente se ha encontrado que los taninos condensados tienen efectos en la calidad de la carne (Priolo *et al.*, 2000) y pueden actuar como antioxidantes (afectando la oxidación de lípidos y el color de la carne) (Larraín *et al.*, 2008; Vasta *et al.*, 2009). Sin embargo, este potencial no se ha explorado con detalle, más allá del uso del extracto de quebracho (*Schinopsis balansae*).

Considerando que los taninos inhiben la actividad ruminal, es probable que depriman también la bio-hidrogenación ruminal, resultando en mayor acumulación de C18:2 n₆ y ácidos grasos poliinsaturados en la carne de corderos cuando son alimentados con dietas que contienen taninos. Al respecto, Vasta *et al.* (2009) reportaron que la incubación de fluido ruminal con taninos redujo la bio-hidrogenación de ácido linoleico, y la saturación

trans C18:1 total se deprimió en mayor grado, permitiendo la acumulación de *trans* C18:1. Estos autores concluyeron que suplementar con taninos podría ser una estrategia útil para incrementar el ácido ruménico y el contenido de ácidos grasos poli-insaturados, así como reducir el contenido de ácidos grasos saturados en la carne de rumiantes. Sin embargo, mencionan que la correcta concentración de taninos en la dieta debe elegirse con cautela para evitar efectos negativos en consumo de materia seca y en el comportamiento productivo del animal.

Actividad antioxidante de los taninos

Un antioxidante es una biomolécula capaz de retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas (Halliwell y Gutteridge, 1995). Los antioxidantes actúan generalmente cediendo un electrón o hidrogenión a los radicales libres, transformándose a su vez en un radical libre de naturaleza no tóxica y, en algunos casos, puede ser regenerado por la acción de otros antioxidantes. De esta forma, los antioxidantes pueden detener reacciones de propagación e inhibir la oxidación de moléculas, evitando la alteración en el funcionamiento normal de la célula.

Los compuestos fenólicos, entre ellos los taninos condensados, son considerados como antioxidantes debido a su capacidad para captar radicales libres. Los grupos hidroxilo que forman parte de su estructura donan electrones o hidrogeniones inactivando a los radicales. El radical fenoxilo generado es muy poco reactivo, debido a que se estabiliza por resonancia con los electrones π del anillo aromático.

Los taninos, tanto condensados como hidrolizables, presentan capacidades quelantes que contribuyen a la actividad antioxidante. Metales como hierro y cobre forman parte de las ferroproteínas y otros complejos necesarios en el organismo. Generalmente estos metales se encuentran en forma inactiva (Fe^{+3} , Cu^{+2}); sin embargo, cambios de pH en el medio pueden generar la forma reducida (Fe^{+2} , Cu^{+1}) que interviene en la reacción de Fenton, transformando peróxido de hidrógeno (especie poco reactiva) en el radical hidroxilo (altamente reactivo) (Winterbourn, 1995). En este caso, los taninos impiden la reacción de Fenton; es decir, secuestran iones de hierro u otros metales.

La actividad antioxidante de un compuesto en la dieta depende primeramente de la posibilidad de que éste sea absorbido a través del tracto gastrointestinal. El grado de polimerización afecta mayormente la absorción de los flavonoides de la dieta (Déprez *et al.*, 2001) y los microorganismos

mos del rumen pueden adaptarse a los taninos, protegiendo a los animales de sus efectos antinutrimientales (Smith *et al.*, 2005). Sin embargo, Makkar *et al.* (1995) demostraron que los microorganismos del rumen no hidrolizan taninos condensados, pero estudios *in vivo* e *in vitro* proveen evidencias de la actividad metabólica de los taninos condensados por la micro flora intestinal. Se ha reportado que los taninos pueden modificar la composición de los ácidos grasos de la carne (Priolo y Vasta, 2007; Vasta *et al.*, 2009) y que pueden mejorar la estabilidad del color en carne fresca de cordero cuando se guarda en refrigeración (Luciano *et al.*, 2009). En estudios preliminares, Velázquez *et al.* (2012a) y Ayala *et al.* (2012) demostraron que incluir diferentes niveles de taninos en la dieta de ovinos Pelibuey retardó el oscurecimiento de la carne, lo que sugiere un efecto antioxidante de estos (Figuras 4 y 5).

CONCLUSIONES

Esta revisión provee evidencias benéficas del uso de especies forrajeras arbóreas



Fotografía por OHM

Figura 4. Muestras de carne de borregos Pelibuey suplementada con taninos en la dieta a 15 días post-sacrificio. La muestra más oscura corresponde a carne de borrego sin taninos.

ricas en taninos condensados para la dieta de finalización de bovinos y ovinos para carne. Los resultados muestran que el consumo voluntario disminuye en los primeros días, sin efectos pos-



Fotografía por OHM

Figura 5. Muestras de carne de borregos Pelibuey a 15 días post-sacrificio. A: Tratamiento testigo sin taninos. B: 1,5 % de taninos en dieta. C: 2,5 % de taninos en dieta. D: Adición de vitamina E.

teriores y bajo las circunstancias en que los estudios han sido desarrollados, y que no más de 5 % de taninos en dietas altas en concentrado afectan el comportamiento productivo animal. El uso de estas especies arbóreas va más allá del aspecto nutricional, donde su funcionalidad como antioxidantes naturales y su posible efecto en la calidad de la carne son aspectos importantes por continuar investigando.

LITERATURA CITADA

- Ayala M.M., Hernández M.O., Hernández S.D., López O.S., Aranda O.G., Ramos J.J.A. 2012. Respuesta en comportamiento productivo de ovinos Pelibuey alimentados con taninos en la dieta. Memorias. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Barragán G.H., Hernández M.O., Hernández S.D., Aranda O.G. 2012. Estabilidad oxidativa de carne de bovinos y borregos suplementados con taninos en la dieta. Proyecto de investigación en marcha.
- Carranza-Montaño M.A., Sánchez-Velásquez L.R., Pineda-López M.R., Cuevas-Guzmán R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*, 37: 203-210.
- Cruz H.A. 2005. Contenido de taninos y valor nutricional del forraje de morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*), cosechados a cuatro frecuencia de corte. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Déprez S., Mila I., Huneau J.F., Tome D., Scalbert A. 2001. Transport of proanthocyanidin monomer, trimer and polymers across monolayer of human intestinal epithelial Caco2 cells. *Antioxidants and Redox Signaling*, 3: 957-967.
- Frutos P., Hervás G., Giráldez F.J., Fernández M., Mantecón A.R. 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meal in sheep. *J Agr Sci* 134, 101-108.
- Frutos P., Raso M., Hervás G., Mantecón A.R., Pérez V., Giráldez F.J. 2004. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolyzable tannins extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim Res* 56, 127-136.
- Gu L., Kelm M.A., Hamerstone J.F., Beecher G., Holden J., Haytowitz D. 2004. Concentration of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumptions. *Journal of Nutrition*, 134: 613-617.
- Hagerman A.E., Butler L.G., 1991. Tannins and lignins. In: *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*, Vol I: The chemical participants, (Rosenthal G.A. and Berenbaum M.R., eds.), Academic Press, NY (USA), pp. 355-388.
- Hagerman A.E., Robbins C.T., Weerasuriya Y., Wilson T.C., McArthur C., 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *J Range Manage.* 45, 57-62.
- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. 1995. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. *Free Radical Biology and Medicine*, 18: 125-126.
- Hervás G., Frutos P., Serrano E., Mantecón A.R., Giráldez F.J. 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J Agr Sci* 135, 305-310.
- Hervás G., Frutos P., Giráldez F.J., Mantecón A.R., Álvarez del Pino M.C. 2003a. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim. Feed Sci. Tech.* 109: 65-78.
- Hervás G., Pérez V., Giráldez F.J., Mantecón A.R., Almar M.M., Frutos P. 2003b. Intoxication of sheep with quebracho tannin extract. *J. Comp. Pathol.* 129: 44-54.
- Larraín R.E., Schaefer D.M., Richards M.P., Reed J.D. 2008. Finishing steers with based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sc.* 79: 656-665.
- Leinmüller E., Steingass H., Menke K.H., 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development through Animal Research 33, 9-62.
- López J., Tejada I., Vázquez C., De Dios G., Shimada A. 2004a. Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their *In vitro* biological activity part 1. *J. Sci Food Agric.* 84: 291-294.
- López J., Tejada I., Vázquez C., De Dios G., Shimada A. 2004b. Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their *In vitro* biological activity part 2. *J. Sci Food Agric.* 84: 295-299.
- López H.M.A., Rivera L.J.A., Ortega R.L., Escobedo M.J.G., Magaña M.M.A., Sanginés G.J.R., Sierra V.A.C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téx Pecu Méx*; 46: 205-215.
- Luciano G., Monahan F.J., Vasta V., Biondi L. Lanza M., Priolo A. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Scienc*, 81: 120-125.
- Makkar H.P.S., Becker K., Abel H.J., Szegetti C. 1995. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentation process in the RUSITEC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69: 495-500.
- McArthur C., Sanson G.D., Beal A.M. 1995. Salivary proline-rich proteins in mammals: roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *J Chem Ecol* 21, 663-691.
- McSweeney C.S., Palmer B., McNeill D.M., Krause D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Tech* 91, 83-93.
- Meléndez N.F. 2001. Densidad de siembra y frecuencia de corte de *Gliricidia sepium* "Cocoite" sembrado por semilla. In: *Memoria en CD. II Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Villahermosa, Tabasco. México.
- Mueller-Harvey I., McAllan A.B. 1992. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. In: *Advances in plant cell biochemistry and biotechnology*, Vol. 1 (Morrison I.M., ed.). JAI Press Ltd., London (UK), pp. 151-217.
- Priolo A., Waghorn G.C., Lanza M., Biondi L., Pennisi. 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.* 78: 810-816.
- Priolo A., Vasta V. 2007. Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6: 527-530.
- Ramírez R.G., Neira-Morales R.R., Ledezma-Torres R.A., Garibaldi-González C.A. 2000. Ruminal digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*; 36: 49-55.
- Schofield P., Mbugua D.M., Pell A.N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Anim Feed Sci Tech* 91, 21-40.
- Smith A.H., Zoetendal E. Mackie R.I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microbial Ecology*, 50: 197-205.
- Vasta V., Priolo A., Scerra M., Hallett K.G., Jeffrey D., Wood J.D., Doran O. 2009. $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Science*, 82: 357-364.
- Velázquez M.M., Hernández M.O., Pérez E.S., López P.E., Aranda O.G. 2012a. Pelibuey sheep productive response to different sources of tannins from forage trees. *Journal of Animal Science*. 90 (Suppl. 3): 286.
- Velázquez M.M., Hernández M.O., Pérez E.S., López P.E., Aranda O.G. 2012b. Productive response of finishing Young bulls to tannins supplementation. *Journal of Animal Science*. 90 (Suppl. 3): 286.
- Villa H.A. 2009. Productividad del sistema silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de especies en los agroecosistemas de angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.
- Winterbourn C.C. 1995. Toxicity of iron and hydrogen peroxide: the Fenton reaction. *Toxicology Letters*, 82-83: 969-74.