

**Artigo Número 59**  
**TANINOS CONDENSADOS EN ESPECIES FORRAJERAS Y SUS EFECTOS**  
**EN LA PRODUCTIVIDAD ANIMAL**

Lerner Arévalo Pinedo<sup>1</sup>

**RESUMO**

Os taninos são substâncias de natureza complexa com capacidade de reagir com macromoléculas e proteínas de plantas forrageiras. O objetivo desta revisão é apresentar a importância dos taninos e seus compostos derivados como fatores anti-nutricionais na nutrição e alimentação animal. O termo tanino é antigo e foi dado devido à capacidade destes compostos de ligarem com proteínas presentes na pele dos animais, transformando-as em couro (curtimento ou "tanning"). Os taninos podem ser classificados na nutrição animal como um fator anti-nutricional. Esta característica é mais notada em animais monogástricos, nos quais níveis maiores que 1 % de taninos condensados na dieta podem trazer prejuízos para produção, afetando principalmente o consumo, a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos essenciais. Estudos indicam que os ruminantes são mais tolerantes aos taninos, pois a ação dos microrganismos do rúmen diminui os efeitos negativos destes compostos. Normalmente os microrganismos do rúmen são capazes de detoxificar diversos fatores anti-nutricionais em compostos mais simples e não tóxicos. Os maiores benefícios dos taninos condensados na nutrição animal são a proteção das proteínas da degradação ruminal, o aumento da tolerância dos animais às helmintoses e a prevenção do timpanismo.

**Palavras-chave:** Consumo, degradação, taninos condensados, digestibilidade.

**CONDENSED TANNINS IN FORAGE SPECIES AND THEIR EFFECTS**  
**ON THE PRODUCTIVITY ANIMAL**

**ABSTRACT**

The tannings are complex substances (plant polyphenols) which combine with proteins and other polymers to form stable complexes. The objective of this revision was to present the importance of tanning barks and its composites as anti-nutritional factors in the nutrition and animal feeding. The term tanning bark is old and was given due to the capacity of these composites to bind with proteins in the skin of the animals, transforming them into leather (tanning or "tanning"). The tanning barks may be classified in the animal nutrition as an anti-nutritional factor. This characteristic is noticed in monogastric animals, in which levels greater than 1 % of condensed tannin in the diet can bring damages for production, affecting mainly the consumption, the digestibility of protein and essential amino acids. Studies indicate that the ruminants are more tolerant to tannins, therefore the action of the microorganisms in the rumen diminish the negative effect of these composites. Normally the rumen microorganisms are capable to detoxify diverse anti-nutritional factors in simpler and not toxic composites. The biggest benefits of condensed tannins in animal nutrition are the protection of proteins of the ruminal degradation, the increase of the tolerance of the animals to parasites and the prevention of tympanis.

**Keywords:** Consumption, degradation, tanning barks, digestibility.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, M.Sc. y cursando Doctorado en Ciencias - Universidade de São Paulo - CENA/USP, Av. Centenário 303, CP. 96, Cep: 13400-970, Piracicaba, SP/Brasil.

## INTRODUCCIÓN

La eficiencia de la conversión del alimento consumido por el animal está relacionada principalmente con su valor nutritivo, las condiciones sanitarias, factores climáticos y ambientales.

En la naturaleza y dentro de los forrajes utilizados en los sistemas de producción de diferentes regiones del mundo, existen macromoléculas complejas capaces de interferir en los procesos digestivos afectando el consumo, el crecimiento y hasta el valor nutritivo de los mismos. Algunas de estas moléculas son conocidas genéricamente por el nombre de taninos. Existen dos tipos de taninos, hidrolizables (TH) y taninos condensados (TC), siendo este último el que posee mayor capacidad de interactuar con otras moléculas afectando a la nutrición y producción animal.

En la actualidad, existe un reciente interés en los TC como integrantes de las dietas de rumiantes, debido a los beneficios potenciales sobre el valor nutritivo de la dieta y la salud animal. Según su concentración en los forrajes, las respuestas obtenidas son diferentes. Así a altas concentraciones (5-10 % de la materia seca, MS), deprimen el consumo y la digestibilidad del forraje, mientras que a menor concentración (2-4 % de la materia seca), podrían disminuir las pérdidas de la proteína de la ingesta producida por la proteólisis por los microorganismos del rumen e incrementar la absorción intestinal de las proteínas (Waghorn y Shelton, 1997).

Desde el punto de vista de la salud animal, la disminución de los efectos provocados por la acción de los parásitos, por una parte, y el mejoramiento del estado general de los individuos por otra, originaron diferentes investigaciones tendientes a esclarecer dichos efectos y en tratar de explicar los procesos intervinientes (Terrill et al., 1992). Para ello, se han probado distintas especies forrajeras algunas existentes en países tropicales, como el Lotus (*Lotus corniculatus*), y otras exóticas del género Lotus (*Lotus pedunculatus*), sulla (*Hedysarum coronarium*), llantén (*Plantago lanceolata*), raigras perenne (*Lolium perenne*) y alfalfa (*Medicago sativa*). Estas especies contienen diferentes concentraciones de taninos en su composición, observándose en alguna de ellas efecto antihelmíntico (Robertson et al., 1995).

El principal objetivo de esta revisión es abordar la importancia de los compuestos fenólicos que se encuentran en las plantas forrajeras, que son muy utilizados en la alimentación de los rumiantes.

## TANINOS EN FORRAJERAS

Los taninos son compuestos fenólicos secundarios de elevado peso molecular llegando de 500 a 20000 dalton presentes en la naturaleza, que se encuentran frecuentemente en frutas, árboles y en forrajes templadas principalmente en gramíneas y leguminosas.

En los vegetales pueden ser encontrados dos tipos de taninos: condensados e hidrolizables, según su estructura química. Los taninos condensados (TC) son polímeros flavonoides, que pueden ser oxidativamente degradados en ácido a antocianidinas y los taninos hidrolizables (TH) son polímeros de ácido gálico o ácido hexahidroxidifenólico, ésteres de glucosa y otros polifenoles. Las principales diferencias estructurales existentes entre los taninos condensados e hidrolizables afectarían la actividad de los taninos. Los principales efectos estarían dados por la interacción con la proteína por parte de los TC no así con los TH, estos últimos son rápidamente degradados en grupos fenólicos más pequeños, incapaces de reaccionar con las proteínas del medio (Hagerman et al., 1992).

Los taninos condensados o proantocianidinas, son polímeros de flavonas, que se encuentran presentes en los tallos, las hojas e inflorescencias de diversas especies forrajeras. Este grupo de taninos interactúa con las proteínas formando complejos. En general, esta interacción es muy selectiva teniendo especial afinidad por aquellas de cadenas más largas y con prolinas ricas en proteínas. Producto de esta interacción las

proteínas precipitan a un pH cercano a su punto isoeléctrico. La facilidad de los TC de formar esos complejos es el aspecto más importante en sus efectos nutricionales y toxicológicos. La proteína no es degradada en el rumen, pero está disponible para la digestión en el abomaso e intestino delgado. En un rango de pH de entre 5 y 7,5 en el rumen, la proteína permanece unida a los taninos, pero a pH bajos ( $\text{pH} < 3,5$ ) la proteína es liberada.

Los taninos condensados son encontrados principalmente en plantas dicotiledóneas, las plantas herbáceas tienen a menudo TC en las semillas, por ejemplo alfalfa, semillas de algodón, porotos y en los pétalos de las flores. Las especies templadas contienen los TC en el follaje como el género Lotus y la especie Sullá (*Hedysarium coronarium*), (Waghorn y Shelton, 1997).

La cantidad y el tipo de taninos sintetizados por las plantas varían considerablemente dependiendo entre otras cosas de la especie, el cultivar, tejido, el estado de desarrollo y las condiciones ambientales. Por lo tanto, el estudio de los efectos nutricionales de los taninos en los animales requiere la cuantificación de los mismos para cada dieta en particular, de la estructura química y de la fisiología del animal en estudio (Barry y Manley 1984).

En general, la concentración de los taninos presentes en la naturaleza muestra una gran variabilidad. En la Tabla 1, se presentan las especies agrupadas según diferentes rangos de concentración de taninos. Esta variación está dada por la especie fundamentalmente y por los diferentes órganos que componen la planta.

Douglas et al. (1993), determinaron en distintas especies forrajeras la concentración de taninos totales en los tallos y en las láminas de las hojas, expresada como porcentaje de la materia seca de la especie forrajera considerada. Así encontraron que cuando se trata de especies con alta concentración de taninos (5-8% de MS) las hojas y tallos tienen concentración semejante y cuando la concentración es baja (<2% de la MS) la lámina de la hoja posee entre 2 a 5 veces más que en otros órganos de la planta como por ejemplo los tallos. Como se observa en la Tabla 1 existen concentraciones moderadas y bajas para las forrajeras de zonas templadas.

La concentración presenta gran variación según las condiciones del ambiente en cuanto a temperatura, humedad y fertilidad de los suelos en los que se desarrollan. Generalmente la concentración es mayor en las especies que prosperan en suelos agrícolas pobres o de baja calidad, tal es el caso de las regiones tropicales y subtropicales. Un ejemplo de esto lo constituye la especie acacia segal (*Sesbania goetsia*) con un rango de concentración amplio (4,8-8 % de MS). Siguiendo la misma tendencia la concentración de taninos más beneficiosa para quienes la consumen, se presenta en algunas especies forrajeras comúnmente utilizadas en la producción animal.

### **EFFECTOS PROVOCADOS POR LOS TANINOS CONDENSADOS**

La capacidad de los taninos condensados (TC) para unirse a otras moléculas constituye el aspecto más importante para comprender los efectos que se les atribuyen sobre los procesos de digestión. Debido a su estructura química poseen la capacidad de unirse a diferentes compuestos como proteínas, polisacáridos, minerales, carbohidratos, celulosa, células de las membranas bacterianas y enzimas involucradas en la digestión de los compuestos antes mencionados.

Los taninos pueden tener efectos positivos y negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes según la concentración en la que se encuentren. Así, a altas concentraciones, 6-10% de la MS deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras. También reducen la digestibilidad: de la materia seca, de la materia orgánica, de la fibra, de la proteína, y de los carbohidratos y por consiguiente afectan negativamente el desempeño productivo de los animales (Barry et al., 1986).

Tabla 1. Clasificación de las especies forrajeras según la concentración de taninos presentes en su composición.

Especies	Concentración de taninos totales en la plantas forrajeras (% MS)
Lotus grande ( <i>Lotus pedunculatus</i> )	5,0-7,7
Sulla ( <i>Hedysarium coronarium</i> )	4,5
Trébol pata de pájaro ( <i>Lotus corniculatus</i> )	2,0-4,7
Raigrás perenne ( <i>Lolium perenne</i> )	0,8-1,0
Llantén ( <i>Plantago lanceolata</i> )	0,8-1,0
Achicoria ( <i>Cichorium intybus</i> )	<0,2
Holcus lanatus	<0,2
Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	<0,2
Trébol rojo ( <i>Trifolium pratense</i> )	0,17
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	0,05

Fuente: Barry y McNabb (1999).

En moderada y baja concentración, (2-4 % de la MS), su efecto es beneficioso, previenen infecciones y aumentan la distribución de nitrógeno no amónico y de los aminoácidos esenciales desde el rumen. La concentración de los taninos en la dieta, con un rango de valores medidos que variaron entre 0 - 12 % de MS, presentaron respuesta lineal y positiva en la formación de complejos taninos-proteínas (Barry y MacNabb, 1999).

La presencia de TC en leguminosas puede disminuir el consumo de las mismas por actuar sobre la palatabilidad de estas especies, afectando la digestión. La formación de complejos entre las proteínas salivales y taninos provocan una sensación de astringencia que pueden aumentar la salivación disminuyendo la palatabilidad de las especies. Sin embargo, estos efectos parecen estar más sujetos a los efectos propios del funcionamiento del rumen y del intestino. Los TC parecen reducir la tasa de fermentación provocando efectos sobre el llenado del rumen, hasta situaciones más severas en las que se reduce la digestión de la fibra y del nitrógeno (Waghorn et al., 1994). También pueden reducir la digestibilidad de las células de la pared por adherirse a enzimas bacterianas o por formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Reed, 1995).

Experimentalmente estos efectos pueden revertirse cuando se le suministra PEG (propilen glicol) a la dieta de los animales afectados que actúa acomplejando los taninos de la dieta y evitando que estos se unan a las proteínas, siempre que se realice dentro de los treinta minutos posteriores a la formación de los complejos. Siendo que, el trébol pata de pájaro produce efectos negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes. En ensayos producidos *in vitro* donde esta especie se mezclaba en una proporción de 1:2, se produjo la precipitación del 50% de la proteína soluble y la inhibición de la conversión neta a amonio. Sin embargo, cuando fue suministrado a ovinos se observó poco efecto de los TC sobre la función ruminal. Por otro lado cuando el trébol pata de pájaro, se suministraba solo, los TC redujeron la concentración de amonio en el rumen y la digestibilidad del nitrógeno en 7-8 puntos. Esta diferencia entre los resultados observados *in vitro* e *in vivo* sugiere la necesidad de no extrapolar los datos obtenidos entre las dos metodologías utilizadas.

En general los forrajes con una elevada concentración de TC se asocian con la baja palatabilidad, bajo consumo y un escaso desempeño productivo de los animales afectados. Si bien el bajo consumo puede ser consecuencia de una disminución de la palatabilidad, también podría ser debido a un desmejoramiento de la función ruminal, o a una disminución del apetito originada por una baja concentración de nitrógeno.

Los efectos positivos son de importancia práctica para la producción, para subsanar problemas asociados a las proteólisis indiscriminadas que ocurren en el

organismo. Diversos trabajos (Barry y Mc Nabb, 1999) sugieren que existe un rango de concentración de TC óptima (2-4% de la MS), dentro de la cual no se deprime ni la digestión ni el desempeño productivo animal. Los mismos autores indican que en monogástricos, consumiendo plantas forrajeras con mayores de 1% de taninos condensados en la materia seca, pueden provocar algunos disturbios e hasta la muerte.

Los taninos afectan el metabolismo proteico, precipitando las proteínas provenientes de la ingesta y aumentando su pasaje hacia el intestino delgado donde son absorbidas.

La estabilidad de los complejos taninos/proteína ha sido probada *in vitro* para la caseína. Esta proteína de estructura lineal, es degradada rápidamente en el rumen y menos del 10% de ella llega al duodeno. Sin embargo (Mangan, 1988), encontró que protegiendo a la caseína con sustancias como formaldehído de la degradación microbiana duodenal, se incrementaba la producción de lana en los animales bajo tratamiento. La fracción más abundante de proteína que se encuentra en el forraje es la 1(F1) (ribulosa-1,5 bifosfato oxigenasa- carboxilasa EC4.1.1.39), que al igual que la caseína es rápidamente degradada en el rumen, viéndose afectada del mismo modo que esta.

Con respecto a los aminoácidos, se observó que para la especie trébol pata de pájaro con una concentración 2,2% de taninos en la dieta, los TC aumentaron la absorción de aminoácidos esenciales en un 60%, disminuyendo en un 10% a la absorción de los no esenciales (Montossi et al., 1997). Con una concentración de 1,8 % en la dieta, se vio afectada la función ruminal, traduciéndose en una reducción en la digestibilidad del nitrógeno, asociado a una menor concentración de amonio ruminal y menor concentración de ácidos grasos volátiles. Estos hechos pusieron de manifiesto la reducción en la degradación de las proteínas provenientes del forraje consumido.

Waghorn y Shelton (1997), midieron el efecto de los taninos presentes en lotus grande con capacidad para precipitar las proteínas, observando una disminución de la digestibilidad del nitrógeno de la dieta en 13%. Esta fue asociada a una menor concentración ruminal de amoníaco, y de ácidos grasos volátiles, indicando una reducción en la degradación ruminal de proteínas de la dieta y aumentando por consiguiente su absorción intestinal.

Asimismo, los taninos poseen la capacidad de unirse a las proteínas de otras especies provenientes de la ingesta precipitándolas. Este efecto se ha comprobado para el caso de la alfalfa tanto *in vivo* como *in vitro*. Wang et al. (1996), estudiaron a los taninos presentes en el trébol pata de pájaro, y concluyeron que la mejor producción de ovejas que pastorearon Lotus en contraste con alfalfa se debió a que los TC del Lotus complejaron las proteínas y facilitaron la absorción de aminoácidos específicos (valina, leucina, arginina y lisina) en el intestino delgado. Consecuentemente hubo una menor concentración de ácidos grasos volátiles, producto de una menor desaminación a nivel ruminal.

Con respecto a la absorción de los aminoácidos esenciales, existe una relación lineal positiva entre la concentración de TC en la dieta y el pasaje de nitrógeno no amónico (NNA) duodenal dentro de un determinado rango. Aún así existe una diferencia entre especies, para el género Lotus la diferencia fue a favor del lotus grande en un + 59%, en relación a un +53% para el trébol pata de pájaro, pero solo el 10 % de este fue absorbido, el restante se eliminó por vía fecal.

La interacción de los TC con proteínas y carbohidratos, que ocurre en el rumen puede comprenderse con el concepto de "taninos libres". Este concepto se define como: la cantidad de taninos que sometidos a elevados niveles de centrifugación, no precipitan. La formación de los complejos Taninos-Proteínas ocurre hasta un punto de saturación, a una concentración de TC por encima del 90%, la adición de más taninos no favoreció la formación de más complejos. Esto ocurrió con las proteínas de la ingesta proveniente de un pastoreo de *Lotus sp.* (Barry y Mc Nabb 1999).

Este concepto también que permite explicar que en dietas compuestas por diferentes especies con diferentes concentraciones de TC (trazas a moderadas) se pueden lograr efectos beneficiosos intermedios entre aquellas que poseen bajos niveles y las de concentraciones de TC más elevadas, sobre todo cuando la concentración de TC es elevada respecto de la concentración de proteínas en el medio. Este efecto se observó en leguminosas de origen tropical cuando la fertilidad de los suelos es baja.

Los TC también aumentan la eficiencia del reciclado de urea en el rumen, por disminución de la degradación y desaminación de proteínas disminuyendo el amonio ruminal. La concentración de nitrógeno ureico, de amonio ruminal, y la pérdida de nitrógeno fue menor en ovejas que pastoreaban especies con moderada concentración de taninos en su composición (Reed, 1995).

En general los taninos liberados de la dieta actúan sobre el conjunto de la ingesta. Ciertas especies como el raigrás pueden reducir los TC del alimento ingerido y mejorar los efectos atribuibles a los taninos provenientes de otras especies como por ejemplo trébol grande. Los TC del lotus afectan la digestión de todos los demás componentes de la dieta. Waghorn y Shelton (1997), determinaron que los taninos presentes en el lotus grande son capaces de afectar la digestibilidad de lotus y raigrás cuando se suministran juntos.

El trébol pata de pájaro ofrecería los mayores beneficios en cuanto a valor nutritivo, aumentando la absorción de aminoácidos esenciales en un 60%, sin disminuir el consumo voluntario ni la digestibilidad como sucede con el lotus grande. Se ha utilizado en estudios comparativos con alfalfa, en corderos, en engorde de vaquillonas y en vacas de tambo, ya sea como pastura o como ensilado mejorando en todos los casos el desempeño productivo de los animales.

En general los mecanismos por los cuales se ve afectada la función ruminal no son claros, se sabe que los taninos condensados pueden precipitar proteínas, pero se desconoce si existe algún efecto proteolítico *in vivo*.

Es bien conocido que en los rumiantes en pastoreo que consumen dietas de alta calidad alrededor del 70% de la proteína ingerida se degrada en el rumen y que el 30% restante escapa al intestino para su absorción (Waghorn et al., 1987). Si bien mucha de la proteína que escapa de la desaminación se compensa con la proteína de origen microbiana, la excesiva degradación proteica puede provocar una insuficiente absorción de aminoácidos necesarios para maximizar la producción de animales jóvenes y en crecimiento.

En la práctica, los taninos se utilizan para prevenir la formación excesiva de espuma (timpanismo) en los rumiantes, disminuyendo la concentración de proteínas en el rumen. Además reducen la incidencia de las miasis en los ovinos (ectoparásitos). En diferentes ensayos, se encontró que ciertas especies forrajeras como el trébol pata de pájaro reducía la producción de materia fecal, y como consecuencia de esto disminuyó la incidencia de estos insectos (Robertson et al., 1995).

Con respecto a las parasitosis gastrointestinales, existe suficiente evidencia que responsabiliza a los TC provenientes de la ingesta, como mejoradores del desempeño productivo de animales afectados por las parasitosis gastrointestinales. Es decir, su nivel productivo no se ve afectado por la enfermedad. Este fenómeno recibe el nombre de resiliencia. Fundamentalmente en la especie ovina, es donde más se ha estudiado este fenómeno (Fraser et al., 1997). La respuesta animal obtenida fue a favor de aquellas especies forrajeras que tienen un rango de concentración moderada de TC (2-5 % de MS, ver tabla 1). Esto se manifestó fundamentalmente en ganancia de peso, y producción de lana donde no sólo se lograron más kilos extras, sino también vellones con mayor diámetro y largo de fibra. Las diferencias encontradas en cuanto a ganancia de peso fueron significativas para la mayoría de los casos analizados, en pastoreos de especies, como sulla, lotus y sus variedades. Así, se encontraron ganancias de 129 g/día en pastoreos de sulla versus 29 g/día en pastoreos de alfalfa, y de 184 g/día con lotus

grande y de 33 g/día sobre pasturas de raigrás y trébol blanco. También (Niezen et al.,1998), obtuvieron ganancias de peso superiores en pastoreos de lotus (192 g/día) frente aquellos que pastorearon raigrás (35-65 g/día).

Douglas et al. (1995), reportaron un aumento en la productividad (referido a ganancia de peso y producción de lana) de ovejas en lactancia y sus crías, debido a un aumento en los ácidos grasos volátiles y a una mayor digestibilidad del forraje cuando el trébol pata de pájaro era el único componente de la dieta. Sin embargo, cuando se suministraba mezclado con otras especies el aumento en productividad se reducía aproximadamente a la mitad. Hubo una mejora importante de la ganancia de peso y la producción de lana de ovejas en lactancia y corderos destetados pastoreando *Lotus* versus alfalfa, con alta y casi nula concentración de taninos respectivamente, y una mezcla de estas dos, los mejores resultados se obtuvieron sobre el lotus (265 g/día versus 65 g/día) seguido por la mezcla de ambas (115 g/día). Con respecto a la producción de lana se observó la misma tendencia, siendo mayor sobre lotus que sobre alfalfa e intermedia cuando se pastoreó la mezcla de ambas.

En los ensayos donde se incluye el uso de PEG se han encontrado resultados variables. Desde mejoras significativas en ganancia de peso en especies forrajeras como raigrás (62,2 g/día con PEG versus 33g/día sin PEG), hasta no provocar ninguna diferencia en cuanto a este mismo parámetro cuando se aplico en especies como trébol grande.

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

Los resultados de investigación analizados en esta revisión indican que dietas compuestas por especies forrajeras que poseen una concentración de taninos de 2 a 4% de la materia seca, mejoran la productividad secundaria y la salud animal, no así en concentraciones más elevadas. En sistemas de producción ecológica sería fundamental el uso de esas especies dentro de la rotación en los sistemas de pastoreo para mantener una elevada productividad, limitar el uso de antihelmínticos y disminuir las pérdidas productivas y económicas originadas por las parasitosis gastrointestinales. Además la incorporación de estas especies permitirán lograr un producto de mejor calidad para el consumo humano acorde a potenciales consumidores cada vez más interesados en conocer el origen, el manejo del animal durante el ciclo de producción, que asegure la calidad del producto final.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Barry T N and Manley T R 1984. The role condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. **British Journal of Nutrition**, 51:493-504.

Barry T N, Manley T R and Duncan S J 1986. The role condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. **British Journal of Nutrition**, 55:123-137.

Barry T N and Mc Nabb W C 1999. The Effect of Condensed Tannins in Temperate forages on Animal Nutrition and Productivity. In **Tannins in Livestock and Human Nutrition**, pp 30-35 [J D Brooker, editor]. Canberra Australian Center for International Agricultural Research. <http://www.aciar.gov.au/>.

Douglas G B, Donkers P, Foote A G. and Barry T N 1993. Determination of extractable and bound condensed tannins in forage species. International Grassland Congress,17, **Proceedings**, pp 204-206.

Douglas G B, Wang Y, Waghorn C G, Barry T N, Purchas R W, Foote A G and Wilson G F 1995. Live weight gain and wool production of sheep grazing *Lotus corniculatus* and Lucerne (*Medicago sativa*). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 38:95-104.

Hagerman A, Robbins C H T, Weerasuriya Y, Wilson T C and McArthur C 1992 .Tannin chemistry in relation to digestion. **Journal of Range Management**, 45 (1) 57-62.

Mangan J L 1988 Nutritional effects of tannins in animal feeds. **Nutrition Research Reviews**, 1, 209-231.

Montossi F, Liu F, Hodgson J and Morris S T 1997. Influence of low-level condensed tannins concentrations in temperate forage on sheep performance. International Grassland Congress,17, **Proceedings**. Session 8: Tannins-Plant Breeding Animal Effects IDN 110 Winnipeg, Canada, 8:1-2.

Niezen J H, Waghorn C G and Charleston W A G 1998. Establishment and fecundity of *Ostertagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis* in lambs fed lotus (*Lotus pedunculatus*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Veterinary Parasitology**, 78:13-21.

Reed J. D, 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, 73:1516-1528.

Robertson H A, Niezen J H, Waghorn C G, Charleston W A G and Jinlong N 1995. .The Effect of six herbage's on live weight gain, wool growth and fecal egg count of parasites ewe lambs. of the New Zealand Society of Animal Production, **Proceedings**. 55:199-201.

Terrill T H, Douglas G B, Foote A G, Purchas R W, Wilson G F and Barry T N 1992 .Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. **Journal of Agricultural Science**,119: (2): 265-273.

Waghorn C G, Shelton I D, McNabb W C and McCutcheon S N 1994. Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. **Journal of Agricultural Science**, 123:109-119.

Waghorn C G and Shelton I D 1997. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. **Journal of Agricultural Science**, 128, 365-372.

Waghorn C G, Ulyatt M J, John A and 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* L. **British Journal of Nutrition**, 57:115-126.