

Engorde de bovinos a corral: Efectos de monensina y de dos niveles de taninos condensados de quebracho sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* de la materia seca y de la proteína

Feedlot cattle: Effects of monensin and two levels of quebracho tannin extract on performance, ruminal fermentation and in situ dry matter and protein degradability

Volpi-Lagrecia¹, G., Alende¹, M., Pordomingo¹, A.J., Babinec^{1,3}, F. y Ceron², M.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Anguil
"Ing. Agr. Guillermo Covas", Anguil, La Pampa, Argentina
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Patobiología,
Castelar, Buenos Aires, Argentina
Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía

Resumen

Se llevaron a cabo dos ensayos a fin de evaluar el efecto de dos niveles de taninos condensados de quebracho colorado (*Schinopsis quebracho-colorado*) en comparación con monensina sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS) y de la proteína (PB), en dietas de feedlot basadas en grano de maíz entero sin agregado de fibra larga (ración de "fibra cero"). En el primer ensayo se midió el consumo de materia seca (CMS), el aumento diario de peso vivo (ADPV) y el índice de conversión de alimento (IC). Se utilizaron 48 vaquillonas de raza británica (Angus, Hereford y sus cruces) las cuales fueron asignadas a uno de tres tratamientos de acuerdo al modulador de fermentación ruminal utilizado: i) 0,03 g de monensina /kg MS (M), ii) 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS (TQ5), iii) 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS (TQ10). Las dietas estuvieron compuestas por 80% de grano de maíz entero, 16,5% de harina de girasol peleteada y 3,5% de un suplemento vitamínico-mineral conteniendo el aditivo (monensina o tanino de quebracho, en su dosis respectiva) y urea. En el segundo ensayo se evaluó la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* de la MS y de la PB. Para esto se utilizaron 3 novillos canulados a nivel del rumen sobre los cuales se aplicaron los 3 tratamientos antes descritos (M, TQ5 y TQ10) en un diseño cuadrado latino 3 x 3. En ambos ensayos las medias fueron comparadas mediante dos contrastes ortogonales: M vs taninos (TQ5 y TQ10) y TQ5 vs TQ10. En el primer ensayo, la suplementación con taninos incrementó el CMS ($p < 0,01$) el ADPV ($p < 0,01$) y mejoró el IC ($p = 0,05$) en relación al tratamiento M. Con respecto

Recibido: septiembre de 2012

Aceptado: diciembre de 2014

1. INTA EEA Anguil. C.C. 11 (6326) Anguil, La Pampa, Argentina. volpilagrecia.g@inta.gov.ar

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Patobiología, Castelar, Buenos Aires, Argentina

3. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía.

a las dosis de taninos utilizadas, el CMS fue mayor en TQ10 que en TQ5 ($p=0,02$), pero no se encontraron diferencias en ADPV ni en IC. En el segundo ensayo, la utilización de taninos disminuyó el pH ruminal e incrementó la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV). Adicionalmente, el pH fue menor y la concentración de AGV mayor en TQ10 que en TQ5. La concentración de nitrógeno amoniacal fue más baja con la utilización de taninos, sin diferencias entre TQ5 y TQ10. La utilización de taninos tendió a disminuir la tasa fraccional de degradación ($p=0,09$) y disminuyó la degradabilidad de la MS ($p=0,04$) en comparación con M, pero no se encontraron diferencias significativas entre TQ5 y TQ10. Estos resultados sugieren que moderadas dosis de taninos condensados podrían mejorar el comportamiento productivo de vaquillonas alimentadas con dietas de feedlot basadas en grano de maíz entero. Adicionalmente, se observa que los taninos tienen la capacidad de reducir la degradación ruminal de la materia seca y de modificar el ambiente ruminal.

Palabras clave: Feedlot, grano entero de maíz, aditivos, ionóforos, parámetros ruminales.

Summary

Two experiments were conducted to evaluate the effect of two levels of quebracho (*Schinopsis quebracho-colorado*) tannin extract compared to monensin on animal performance, ruminal fermentation and *in situ* dry matter (DM) and crude protein (CP) disappearance in whole corn-based feed lot rations. The aim of the first experiment was to measure DM intake, average daily gain (ADG) and feed conversion (FC). To this end, 48 Angus heifers were assigned to one of three treatments: i) 0.03 g of monensin /kg DM (M), ii) 5 g of quebracho tannin extract / kg DM (QT5), iii) 10 g of quebracho tannin extract / kg DM (QT10). Diets (DM basis) consisted of 800 g /kg of whole corn grain, 165 g /kg of pelleted sunflower meal, and 35 g /kg of a mix containing the additive (monensin or quebracho tannin extract, as appropriate), urea and mineral-vitamin supplements. The second experiment, which aimed to evaluate ruminal fermentation and *in situ* DM and CP disappearance, consisted of the same treatments applied to three rumen-cannulated steers in a 3 x 3 Latin-square design (21-d periods). Means were compared by orthogonal contrasts as follows: M versus QT5 and QT10, and QT5 versus QT10. In the first experiment, quebracho tannin extract supplementation increased DM intake ($p<0.01$), ADG ($p<0.01$) and improved FC ($p=0.05$) in relation to M treatment. With respect to the quebracho tannin extract doses used, QT10 led to higher DM intake than QT5 ($p=0.02$), but there were no differences in ADG and FC. In the second experiment, the quebracho tannin extract decreased pH and increased total volatile fatty acid (VFA) concentration. Additionally, pH was lower and total VFA was higher with QT10 than with QT5. The quebracho tannin extract decreased ruminal ammonia nitrogen (N-NH₃) concentration, but there were no differences between QT5 and QT10. The quebracho tannin extract tended to decreased ($p=0.09$) the DM fractional rates of degradation and decreased ($p=0.04$) DM degradability with respect to M supplementation, but there were no differences between QT5 and QT10. These results suggest that moderate doses of quebracho tannin extract may improve performance of cattle fed whole-corn-based diets. Additionally, the quebracho tannin extract reduces the ruminal dry matter degradability and affects the rumen environment.

Key words: feedlot, whole corn grain, additives, ionophores, ruminal parameters.

Introducción

Los taninos condensados son un grupo de compuestos polifenólicos de alto peso molecular que tienen la capacidad de unirse a la proteína de la dieta en un rango de pH entre 3,5 y 8. Por lo tanto, estos complejos son estables a pH ruminal pero se disocian en el abomaso (pH 2,5-3,5) y en el duodeno (pH 7,5-8,5) (Broderick et al., 1991; Schofield et al., 2001; Frutos et al., 2004). El efecto de la utilización de taninos en nutrición de rumiantes depende de su concentración en la dieta. Altas concentraciones de taninos afectarían negativamente el comportamiento productivo reduciendo el consumo de materia seca (CMS) y la digestibilidad de nutrientes (Hervás et al., 2003), mientras que concentraciones moderadas podrían tener un efecto positivo (Pordomingo et al., 2004, Pordomingo et al., 2007). Su efecto se debería a una reducción de la degradación proteica a nivel ruminal (Beauchemin et al., 2007), que incrementaría el flujo de aminoácidos al intestino y la eficiencia de utilización de la proteína (Barry y Manley, 1984; Frutos et al., 2000; Frutos et al., 2004). Adicionalmente, los taninos podrían modular la hidrólisis ruminal del almidón al reducir la degradación de la matriz proteica que rodea los gránulos de almidón. Esto podría reducir la ocurrencia de desórdenes metabólicos en rumiantes que consumen dietas con alta concentración de granos (Martínez et al., 2005, 2006). También se ha mencionado que los taninos podrían modificar el comportamiento ingestivo de los rumiantes, reduciendo el volumen de cada ingesta y haciendo la ingesta más uniforme a lo largo del día (Landau et al., 2000). Por estos motivos, los taninos han sido sugeridos como posibles remplazantes de ionóforos como la monensina, los cuales son cuestionados o están prohibidos en muchos países (Devant et al., 2006).

Hay pocos estudios que evalúen los efectos de diferentes dosis de taninos en el comportamiento productivo y el metabolismo ruminal de bovinos alimentados con dietas de alta concentración de granos (Krueger et al., 2010). Adicionalmente, faltan estudios donde

se comparen los efectos de taninos con la monensina. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos dosis de taninos comparadas con monensina sobre el comportamiento productivo de vaquillonas, parámetros de fermentación ruminal como pH, ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y la degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS) y de la proteína bruta (PB).

Materiales y Métodos

1. Ensayo 1

Se utilizaron 48 vaquillonas de razas británicas (Angus, Hereford y sus cruza) con un peso vivo (PV) inicial de 283 ± 21,3 kg, las cuales fueron bloqueadas por PV y asignadas aleatoriamente a uno de los siguientes tratamientos, definidos por el tipo de modulador de la fermentación ruminal: 1) 0,03 g de monensina /kg MS (M), 2) 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS (TQ5), y 3) 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS (TQ10). Las dietas estuvieron compuestas por 80% de grano de maíz entero, 16,5% de pellet de harina de girasol y 3,5% de un suplemento vitamínico-mineral conteniendo el aditivo (monensina o taninos de quebracho en su dosis respectiva) y urea. Se trató de raciones del tipo "fibra cero", ya que no se adicionó ninguna fuente de fibra larga. En el Cuadro 1 se muestran la composición porcentual y química de las dietas utilizadas. Los taninos fueron provistos por Unitan SAICA (Buenos Aires, Argentina) y el resto de los componentes del núcleo vitamínico por Laboratorios BIOFARMA SA (Córdoba, Argentina).

Las vaquillonas fueron alimentadas una vez por día a las 8:00 h en corrales de alimentación de 10 x 5 m. Se utilizaron 4 corrales con 4 animales por tratamiento, y se tomó el corral como unidad experimental. El rechazo diario de alimento fue colectado y pesado diariamente tres veces por semana en días consecutivos. A partir de la diferencia entre lo administrado y lo rechazado se calculó el CMS.

Cuadro 1: Composición porcentual y química de las dietas utilizadas.

Table 1: Ingredient and proximate composition of the diets.

Ingrediente (g/kg MS)	Tratamiento		
	M ¹	TQ5 ²	TQ10 ³
Grano maíz entero	810	800	800
Harina de girasol	165	165	165
Núcleo vitamínico-mineral	19,97	25	20
Urea	5	5	5
Taninos de quebracho	0	5	10
Monensina	0,03	0	0
MS ⁴ (%)	89,3	89,1	88,9
PB ⁵ (%)	17,2	17,1	17,1
FDN ⁶ (%)	15,1	15,1	15,1
EM ⁷ (Mcal/kg MS)	2,91	2,88	2,88

¹M: 0,03 g de monensina /kg MS; ²TQ5: 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ³TQ10: 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ⁴MS: Materia seca; ⁵PB: Proteína bruta; ⁶FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; ⁷EM, Energía Metabolizable, estimada como 3,608 Mcal x Digestibilidad; Digestibilidad estimada con Daisy Incubator II, Ankom Technology.

Los animales fueron pesados cada 21 d, previo ayuno de agua y alimento de 17 h (peso desbastado) y el aumento diario de peso vivo (ADPV) se estimó por regresión lineal simple. El índice de conversión de alimento (IC) se estimó como kg de MS consumida/ kg de ACPV.

Mensualmente se tomaron muestras de alimento para su análisis en laboratorio. Las muestras fueron secadas en estufa a 60°C durante 72 hs para determinar el contenido de MS y luego fueron molidas en molino tipo Wiley con malla de 1 mm (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA). Se determinó el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Van Soest et al., 1991) y el contenido de nitrógeno (Kjeldahl method 990.02, AOAC, 1990). El contenido de PB se estimó multiplicando el contenido de nitrógeno por 6,25.

Los datos correspondientes a PV inicial y final, ACPV, CMS e IC fueron analizados utilizando un diseño en bloques completamente aleatorizado mediante el procedimiento

PROC GLM de SAS (SAS Institute Inc., 2001). Las medias se compararon mediante los siguientes contrastes ortogonales: M *versus* taninos (TQ5 y TQ10), y TQ5 *versus* TQ10. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p \leq 0,05$, mientras que se consideró una tendencia estadística cuando $0,05 < p \leq 0,10$.

2. Ensayo 2

Se utilizaron tres novillos Angus (402 ± 25 kg PV) con cánulas permanentes en el rumen en un diseño cuadrado latino 3 x 3, para evaluar los siguientes parámetros de fermentación ruminal: pH, AGV y N-NH₃. Además, se evaluó la desaparición *in situ* de la MS y de la PB.

Los novillos fueron alimentados una vez por día a las 8:00 h durante tres períodos consecutivos de 21 d (17 d de acostumbramiento a la dieta y 4 d de mediciones) recibiendo cada vez una de las tres dietas utilizadas en el ensayo productivo (M, TQ5 y TQ10).

Muestras de $5 \pm 0,004$ g de la ración completa se colocaron secas y molidas a 2 mm en bolsas de Dacron F1020 (Ankom Company, Fairport, NY, USA) y fueron introducidas en el rumen en distintos horarios, por duplicado para cada horario, y retiradas todas juntas. Los tiempos de incubación fueron 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 h siguiendo el procedimiento de Mehrez y Ørskov (1977). Una vez removidas del rumen, fueron lavadas a mano con agua corriente hasta que escurrió agua transparente, y secadas en estufa a 60° C hasta peso constante. Las bolsas fueron pesadas para determinar las pérdidas de MS, mientras que el residuo fue analizado por Kjeldahl (método 990.02, AOAC, 1990) para determinar las pérdidas de PB durante la incubación.

Los datos se ajustaron al modelo de Ørskov y McDonald (1979): $[d = a + b(1 - e^{-kdt})]$, donde d representa las pérdidas desde la bolsa después de t horas, a representa la fracción rápidamente degradable, b representa la fracción lentamente degradable y kd la tasa fraccional de degradación de b . Luego, la ecuación se ajustó a los perfiles de degradación *in situ* mediante el método iterativo no lineal de Marquardt, usando el procedimiento NLIN de SAS (SAS Institute Inc., 2001). La degradabilidad (Dg) se estimó usando los parámetros a , b y kd , con una tasa de pasaje (kp) de 4% /h de acuerdo a la ecuación propuesta por Ørskov y McDonald (1979):

$$[Dg = a + (bc / (c + kp))].$$

El último día de medición de cada período, se tomaron muestras de licor y contenido ruminal cada cuatro horas (a las 07:00, 11:00, 15:00, 19:00, 23:00, 03:00 y 07:00 h) desde los sacos dorsal y ventral del rumen. Las muestras fueron inmediatamente filtradas con doble tela de quesería y el pH ruminal fue medido en el fluido colectado usando un peachímetro portátil (Cole-Palmer®, Chicago, IL, USA). Una alícuota de 20 ml del fluido filtrado fue colocada en envases plásticos descartables conteniendo 4 ml de ácido metafosfórico (190 g/l) para la determinación de la concentración de AGV, mientras que

otra alícuota de 100 ml se colectó en otro vaso conteniendo 1 ml de ácido sulfúrico para la determinación de la concentración de $N-NH_3$. Las muestras fueron conservadas a -20° C hasta su posterior análisis. Para la determinación de $N-NH_3$, las muestras fueron descongeladas y centrifugadas a $10000 \times g$ por 10 min a 4° C, para obtener un sobrenadante claro, el cual fue analizado usando la técnica colorimétrica descrita por Russell (1944). La concentración de AGV se determinó mediante cromatografía gaseosa (Varga y Prigge, 1982) usando un cromatógrafo Shimadzu GC-14B (Shimadzu, Kyoto, Japan) equipado con una columna de vidrio de 2-mm con polietilenglicol (10%) y H_3PO_4 (3%) como fase estacionaria y detector de ionización de llama. Las temperaturas fueron 155, 185 y 190° C para la columna, el inyector y el detector, respectivamente.

Los datos de AGV, pH y $N-NH_3$ fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 2001) incluyendo en el modelo a período y tratamiento como factores fijos y a animal como factor aleatorio. Los parámetros de cinética ruminal fueron analizados mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS incluyendo en el modelo a período y tratamiento como factores fijos y a animal como factor aleatorio. Las medias fueron comparadas por medio de contrastes ortogonales pre-planeados: M versus (TQ5 & TQ10) y TQ5 versus TQ10. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p \leq 0,05$, mientras que se consideró una tendencia estadística cuando $0,05 < p \leq 0,10$.

Resultados

1. Ensayo 1

En el Cuadro 2 se muestran PV inicial, PV final, ADPV, CMS e IC. La suplementación con taninos incrementó el CMS respecto de M (8,13 vs 7,60 kg MS /d; $p < 0,01$). Adicionalmente, el CMS fue mayor ($p = 0,02$) para TQ10 que para TQ5. Tanto el ADPV como el PV final se vieron incrementados con la utilización

Cuadro 2: Consumo de materia seca (CMS), peso vivo (PV) inicial y final, aumento diario de peso vivo (ADPV) e índice de conversión (IC) de vaquillonas alimentadas con una dieta basada en grano de maíz entero suplementadas con monensina o dos niveles de taninos de quebracho (5 o 10 g/ kg MS).

Table 2: Dry matter intake (CMS), initial and final live weight (PV), average daily gain (ADPV) and feed efficiency (IC) of heifers fed a whole corn based diet with monensin or two levels (5 o 10 g/ kg DM) of quebracho tannin extract supplementation.

	Tratamiento			EEM ⁴	P valor	
	M ¹	TQ5 ²	TQ10 ³		M vs taninos ⁵	TQ5 vs TQ10
PV inicial (kg)	282,7	282,7	282,1	5,73	NS	NS
PV final (kg)	361,0	373,3	380,5	4,41	<0,01	NS
ADPV (kg/d)	0,93	1,10	1,18	0,045	<0,01	NS
CMS (kg/d)	7,60	7,98	8,27	0,085	< 0,01	0,02
IC (kg/kg)	8,01	7,32	6,97	0,282	0,05	NS

¹M: 0,03 g de monensina /kg MS; ²TQ5: 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ³TQ10: 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ⁴EEM: Error estándar de la media; ⁵taninos: promedio TQ5 y TQ10; NS: no significativo.

de taninos en comparación con M. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes dosis de taninos utilizadas. El IC mejoró con la suplementación con taninos en comparación con M (7,14 vs 8,01, $p=0,05$), sin diferencias significativas ($p>0,05$) entre TQ5 y TQ10.

2. Ensayo 2

Los parámetros de fermentación ruminal analizados se encuentran en el Cuadro 3. El pH fue menor con la utilización de taninos que con M (6,02 vs 6,15; $p<0,05$), y fue menor en TQ10 que en TQ5. La concentración de AGV totales fue mayor en los animales suplementados con taninos que en los suplementados con M (61,80 vs 56,24; $p<0,01$) y mayor en TQ10 que en TQ5 (66,50 vs 57,10; $p<0,001$). En cuanto a los AGV individuales, las concentraciones de acetato, butirato y valerato fueron mayores ($p<0,05$) con la utilización de taninos en comparación con M, y en TQ10 respecto

de TQ5. Asimismo, la concentración de 2-metil-butirato fue mayor ($p<0,05$) en los tratamientos con taninos respecto de M, sin diferencias entre dosis de taninos. No se encontraron diferencias ($p>0,05$) en la relación acetato:propionato. Con respecto a los AGV de cadena ramificada, la concentración total de isobutirato no mostró diferencias entre tratamientos; sin embargo, la proporción de este AGV en relación a los AGV totales fue significativamente menor en TQ10 que en TQ5 (0,143 vs 0,197, respectivamente; $p=0,03$; datos no mostrados) y tendió a ser menor en los animales suplementados con taninos comparados con M (0,169 vs 0,204, respectivamente; $p=0,10$; datos no mostrados). La concentración ruminal de N-NH₃ fue mayor en los animales suplementados con M que en los suplementados con taninos, pero no se encontraron diferencias significativas entre TQ5 y TQ10.

Cuadro 3: Efecto de la adición de monensina o de dos dosis de taninos condensados de quebracho a dietas basadas en grano de maíz entero sobre el pH ruminal, la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV).

Table 3: Effect of monensin or two levels of quebracho tannin extract supplementation on ruminal pH, and ammonia and volatile fatty acid concentrations in whole grain based diets.

	Tratamiento			EEM ⁴	P valor	
	M ¹	TQ5 ²	TQ10 ³		M vs taninos ⁵	TQ5 vs TQ10
pH ruminal	6,15	6,09	5,94	0,048	0,03	0,04
N-NH ₃ (mg/dl)	18,54	15,80	14,33	1,019	0,01	NS
AGV totales (mMol)	56,24	57,10	66,50	1,567	<0,01	<0,001
Acetato (mMol)	26,62	26,89	30,95	0,639	<0,001	<0,001
Propionato (mMol)	17,08	16,98	19,63	0,692	NS	0,01
Butirato (mMol)	7,70	8,03	10,22	0,446	0,01	0,002
Isobutirato (mMol)	1 ,05	1,10	0,92	0,146	NS	NS
2-metil-btirato (mMol)	2 ,00	2,29	2,40	0,062	<0,001	NS
Valerato (mMol)	1,33	1,44	1,86	0,879	<0,01	0,002
Caproato (mMol)	0,36	0,32	0,47	0,026	NS	<0,001
Relación A:P ⁶	1 ,66	1,66	1,63	0,036	NS	NS

¹M: 0,03 g de monensina /kg MS; ²TQ5: 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ³TQ10: 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ⁴EEM: Error estándar de la media; ⁵taninos: promedio TQ5 y TQ10; ⁶A:P: Acetato:Propionato; NS: no significativo.

La degradabilidad *in situ* de la MS y de la PB, y los parámetros de degradabilidad ruminal se muestran en el Cuadro 4. No se observaron diferencias significativas en las fracciones rápidamente degradables ni en las fracciones lentamente degradables de la MS y de la PB entre M y los tratamientos con taninos. Sin embargo, al comparar TQ5 con TQ10, se observó una tendencia (p=0,07) a una menor fracción rápidamente degradable de la PB en TQ5. La tasa fraccional de degradación de la

MS tendió (p=0,09) a ser menor para los tratamientos en los que se utilizaron taninos, en comparación con M, pero no se observaron diferencias (p>0,05) entre TQ5 y TQ10. También la degradabilidad de la materia seca calculada con una tasa de pasaje de 4% /h fue menor (p=0,04) en los tratamientos con taninos que en M. Sin embargo, la tasa fraccional de degradación y la degradabilidad de la PB no resultaron afectadas (p>0,05).

Cuadro 4: Parámetros de degradación ruminal (*a*, *b* y *kd*) y degradabilidad ruminal de una dieta basada en grano de maíz en bovinos suplementados con monensina o dos dosis de taninos de quebracho.

Table 4: Ruminal degradability parameters (*a*, *b* and *kd*) and ruminal degradability of a whole grain based diet in steers supplemented with monensin or two levels of quebracho tannin extract.

		Tratamiento			EEM ⁴	P valor	
		M ¹	TQ5 ²	TQ10 ³		M vs Taninos ⁵	TQ5 vs TQ10
<i>a</i> ⁶	MS	21,94	20,94	22,50	1,486	NS	NS
	PB	34,62	31,47	32,25	1,022	NS	0,07
<i>b</i> ⁷	MS	78,06	79,06	77,50	1,486	NS	NS
	PB	66,00	65,85	64,75	2,492	NS	NS
<i>Kd</i> ⁸	MS	4,41	3,79	3,68	0,352	0,09	NS
	PB	4,28	3,39	2,30	0,742	NS	NS
Degradabilidad ⁹	MS	62,72	58,96	59,27	1,366	0,04	NS
	PB	67,98	60,16	58,63	3,846	NS	NS

¹M: 0,03 g de monensina /kg MS; ²TQ5: 5 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ³TQ10: 10 g de taninos condensados de quebracho /kg MS; ⁴EEM: Error estándar de la media; ⁵taninos: promedio TQ5 y TQ10 ⁶*a*: fracción rápidamente degradable; ⁷*b*: fracción lentamente degradable; ⁸*Kd*: tasa fraccional de degradación; ⁹Degradabilidad estimada como $a + (b.Kd / (Kd + Kp))$, donde *Kp*= tasa fraccional de pasaje, la cual se asumió como 4% /h; MS: Materia seca; PB: proteína bruta; NS: no significativo.

Discusión

El efecto de los taninos sobre el CMS parecería depender de la dosis utilizada (Frutos et al., 2004; Benchaar et al., 2008). Mientras algunos autores reportan una depresión en el CMS con la utilización de taninos (Landau et al., 2000; Priolo et al., 2000; Hervás et al., 2003), otros no reportan ningún efecto (Pordomingo et al., 2004; Beauchemin et al., 2007; Benchaar et al., 2008; Krueger et al., 2010) o muestran un incremento en el CMS con alto contenido de taninos en los alimentos (Woodward et al., 2001; Puchala et al., 2005; Carulla et al., 2005; Pordomingo et al., 2007). Donnelly y Anthony (1969) reportaron que la mínima concentración de taninos necesaria

para reducir el CMS fue de 20 g/kg MS. Sin embargo, Pordomingo et al. (2003) suplementaron una dieta de alto grano con hasta 35 g/kg MS y no observaron depresión en el CMS. Landau et al. (2000) reportaron que vaquillonas consumiendo una dosis total de 500 g/d de taninos no mostraron disminución del CMS, dado que si bien se observó un efecto depresor del CMS al comienzo de la experiencia, las vaquillonas pudieron adaptarse a la presencia de taninos en la dieta y los efectos negativos sobre el CMS desaparecieron luego de 2 semanas de iniciado el ensayo. En una revisión, Frutos et al. (2004) mostraron que fue necesaria una concentración de taninos en los alimentos de al menos 50 g/kg

MS para reducir el CMS. En nuestro estudio, no se observó depresión del CMS. Más aún, las vaquillonas suplementadas con taninos mostraron un mayor CMS que las suplementadas con M, en coincidencia con Pordomingo et al. (2007). Adicionalmente, aumentó el CMS al incrementarse la concentración de taninos en la dieta de 5 a 10 g/kg MS. Landau et al. (2000) demostraron que los efectos de los taninos sobre el CMS pueden explicarse sobre todo por su astringencia, y que animales alimentados con dietas con alto contenido de taninos reducen la duración y el volumen de cada ingesta e incrementan el número de ingestas a lo largo de día. Este comportamiento podría reducir la fluctuación diaria del pH ruminal y aumentar el CMS (Gibb et al., 1998; Shabi et al., 1999; Soto-Navarro et al., 2000; Pritchard y Bruns, 2003; Schwartzkopf-Genswein et al., 2004). Si bien el comportamiento alimenticio de los animales no fue registrado, un mayor número de ingestas de menor volumen podría ser una explicación posible del mayor CMS observado en las vaquillonas suplementadas con taninos. Otra posible explicación de estas diferencias sería que M haya tenido un efecto depresor del CMS, efecto que ha sido reportado por Stock et al. (1995).

El mayor ADPV observado en las vaquillonas suplementadas con taninos respecto de M es coincidente con Pordomingo et al. (2004, 2007). En el presente estudio, el mayor ADPV con la utilización de taninos podría explicarse por el mayor consumo en los tratamientos TQ5 y TQ10. Zinn et al. (2008) analizó datos de más de 3 millones de bovinos consumiendo dietas de alto grano y encontró una correlación positiva entre CMS y ADPV ($r = 0,77$). Adicionalmente, el IC se vio mejorado en los tratamientos en los que se utilizaron taninos, en concordancia con lo observado por Pordomingo et al. (2004).

La menor concentración de $N-NH_3$ en los animales suplementados con taninos indicaría una menor degradabilidad de la PB en el rumen y, por ende, un mayor flujo de PB al duodeno (Frutos et al., 2004; Beauchemin et al., 2007). Esto, a su vez, mejoraría el IC

(Veira et al., 1990; Barry and McNabb, 1999; Min et al., 2003). Pordomingo et al. (2003) reportaron una mejora en la eficiencia de uso del nitrógeno con dietas suplementadas con 25 g/kg MS de taninos o al utilizar fuentes proteicas de baja degradabilidad ruminal (harina de pluma o de pescado) en comparación con las dietas control: sin el agregado de taninos o utilizando fuentes proteicas de alta degradabilidad ruminal (harina de girasol). En coincidencia, Driedger y Hatfield (1972) reportaron mayores ADPV e IC en corderos consumiendo harina de soja al igual que Peter et al. (1971), aunque estos últimos utilizaron harina de soja tratada para proteger la proteína de la degradación ruminal. Varios autores han reportado una menor degradabilidad ruminal de la proteína con la utilización de taninos (Frutos et al., 2000; Hervás et al., 2003) y, por lo tanto, una menor concentración de $N-NH_3$ (Driedger y Hatfield, 1972; Puchala et al., 2005; Beauchemin et al., 2007; Benchaar et al., 2008). Los taninos tienen la capacidad de formar complejos estables con las proteínas a pH ruminal normal (Hagerman et al., 1992; Frutos et al., 2004), pero dichos complejos se disociarían en el abomaso debido al bajo pH, dejando a las proteínas disponibles para su digestión y absorción en el intestino (Waghorn et al., 1987). Sin embargo, algunos autores han reportado que los complejos taninos-proteínas permanecen estables al alcanzar el intestino, disminuyendo la digestibilidad total de las proteínas (Beauchemin et al., 2007) y afectando el comportamiento productivo de los animales (Priolo et al., 2000).

En el presente estudio, el comportamiento productivo se vio mejorado con la utilización de taninos, lo cual, de acuerdo a algunos autores (Frutos et al., 2000; Beauchemin et al., 2007), podría explicarse tanto por el contenido de proteína metabolizable de las dietas como por las dosis de taninos utilizadas. Beauchemin et al. (2007) sugirieron que el efecto negativo de los taninos sobre el comportamiento productivo, atribuido a una menor digestibilidad intestinal de la proteína, podría ser esperado con dietas formuladas para alcanzar, más que para exceder, los requeri-

mientos proteicos de los animales. El contenido de proteína metabolizable (PM) de las dietas utilizadas en el presente estudio fue de 836 g PM /d, el cual estuvo por encima del valor estipulado por NRC (2000) de 605 g PM/d para vaquillonas de *frame* medio con 350 kg PV. Por otro lado, Frutos et al. (2000) al adicionar diferentes dosis de taninos a harina de soja observaron que dosis de 150 g/kg MS redujeron la degradabilidad ruminal de la proteína pero no afectaron su digestión a nivel intestinal. Hallazgos similares fueron reportados por Baah et al. (2007) y Benchaar et al. (2008), quienes mostraron que dosis de 5 y 10 g/kg MS (las mismas utilizadas en este estudio) no disminuirían la actividad enzimática a nivel intestinal.

Dado que el contenido de PB de todos los tratamientos fue similar, el mayor ADPV observado en las vaquillonas suplementadas con taninos, sugiere una mayor eficiencia de retención de nitrógeno. Barry y Manley (1984) observaron una mayor proporción de nitrógeno digerido post-ruminalmente en ovejas alimentadas con una variedad de *Lotus pedunculatus* con alto contenido de tanino en comparación con ovejas consumiendo una variedad con bajo contenido de tanino. Los autores concluyeron que los taninos incrementaron la eficiencia de retención de nitrógeno. Resultados similares fueron reportados por Driedger y Hatfield (1972) usando harina de soja con adición de taninos.

En el presente estudio, la concentración total de AGV fue más alta en los tratamientos con taninos, aumentando en la medida que la dosis de taninos fue incrementada. Como era esperable, el pH ruminal fue más bajo en aquellos tratamientos que tuvieron mayores concentraciones de AGV (Owens et al., 1998). Los tratamientos con taninos, que mostraron menor pH y mayor concentración de AGV en el experimento 2 mostraron los mayores consumos de MS en el experimento 1. Varios autores reportaron una disminución en la producción de AGV cuando se adicionan taninos a la dieta (Makkar et al., 1995; Martínez et al., 2006; Beauchemin et al., 2007), mientras que otros no encontraron ningún

efecto (Carulla et al., 2005; Benchaar et al., 2008; Krueger et al., 2010). La respuesta en concentración total de AGV varía ampliamente entre estudios dependiendo de la dosis y la fuente de taninos utilizada.

Una menor relación acético/propiónico se podría relacionar con una mayor eficiencia de utilización del alimento (Blaxter, 1962; Hungate, 1966). En el presente estudio, no se encontraron diferencias en la relación acético/propiónico, lo cual coincide con los hallazgos de Hervás et al. (2003), Puchala et al. (2005), Benchaar et al. (2008) y Krueger et al. (2010). Otros autores, en cambio, reportaron una disminución en dicha relación cuando agregan taninos en las dietas (Carulla et al., 2005, Beauchemin et al., 2007). Nuestros resultados indicarían que las diferencias en ADPV e IC a favor de los tratamientos con taninos no pueden ser explicadas por diferencias en la relación acético/propiónico.

Aunque no hubo diferencias estadísticas en la concentración total de isobutirato, la proporción de este ácido graso ramificado en relación a los AGV totales fue más baja en TQ10 que en TQ5, y tendió a ser más baja con taninos que con M. Esto también estaría indicando una menor degradación ruminal de la proteína (Martínez et al., 2006), dado que los ácidos grasos de cadena ramificada (por ejemplo, isobutirato) se producen cuando los microorganismos ruminales atacan y degradan los aminoácidos de cadena ramificada (Dehority et al., 1958, Menahan y Schultz, 1964, Allison, 1978).

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que dosis moderadas de taninos condensados de quebracho (5 y 10 g/kg de MS) podrían tener efectos positivos en la respuesta productiva de bovinos alimentados en corrales con dietas de alto grano, aumentando en CMS y el ADPV y mejorando el IC. Uno de los principales efectos observados con la utilización de taninos es la reducción en la degradabilidad ruminal de la MS y un descenso en la concentración de N-NH₃.

Agradecimientos

Agradecemos a Unitán SAICA por la provisión de los taninos y a Biofarma SA por la provisión del núcleo vitamínico-mineral. También agradecemos al Dr. Gustavo Depetris (INTA Balcarce, Argentina) por su ayuda con la determinación de nitrógeno amoniacal. Finalmente, agradecemos a Carlos Urquiza, Luis Urquiza y a su equipo por su indispensable labor.

Bibliografía

- Allison, M.J. 1978. Production of branched-chain volatile fatty acids by certain anaerobic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 35, 872-877.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Baah, J., Ivan, M., Hristov, A.N., Koenig, K.M., Rode, L.M. and McAllister, T.A. 2007. Effects of dietary antiprotozoal supplements on rumen fermentation and digestibility in heifers. *Anim. Feed Sci. Tech.* 137, 126-137.
- Barry, T.N. and Manley, T.R. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. *Brit. J. Nutr.* 51, 493-504.
- Barry, T.N. and McNabb, W.C. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Brit. J. Nutr.* 81, 263-272.
- Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Martínez, T.F. and McAllister, T.A. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 85, 1990-1996.
- Benchaar, C., McAllister, T.A. and Chouinard, P.Y. 2008. Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or *Yucca schidigera* saponin extracts. *J. Dairy Sci.* 91, 4765-4777.
- Blaxter, K.L. 1962. The energy metabolism of ruminants. Hutchinson Publishing Group, London, 329 pp.
- Broderick, G.A., Wallace, R.J. and Ørskov, E.R. 1991. Control of rate and extent of protein degradation. In: Tsuda, T., Sasaki, Y., Kawashima, R. (Eds), *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 541-592.
- Carulla, J.E., Kreuzer, A.M., Machmüller, B.A. and Hess, H.D. 2005. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Aust. J. Agr. Res.* 56, 961-970.
- Dehority, B.A., Johnson, R.R., Bentlet, O.G. and Moxon, A.L. 1958. Studies on the metabolism of proline, valine, leucine and isoleucine by rumen microorganism in vitro. *Arch. Biochem. Biophys.* 78, 15-27.
- Devant, M., Anglada, A., Medina, B., Recoquillay, F. and Bach, A. 2006. Effet d'un mélange de plantes aromatiques sur la croissance, le fonctionnement ruminal et le métabolisme des bovins: cas de bouvillons laitiers engraisés avec une ration sèche. *Renc. Rech. Ruminants* 13, 119.
- Donnelly, E.D. and Anthony, W.B. 1969. Relationship of tannin, dry matter digestibility and crude protein in *Sericea lespedeza*. *Crop Sci.* 9, 361-362.
- Driedger, A. and Hatfield, E.E. 1972. Influence of tannins on the nutritive value of soybean meal for ruminants. *J. Anim. Sci.* 34, 465-468.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J., Fernández, M. and Mantecón, A.R. 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meals in sheep. *J. Agric. Sci.* 134, 101-108.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J. and Mantecón, A.R. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Span. J. Agric. Res.* 2, 191-202.
- Gibb, D.J., McAllister, T.A., Huisma, C. and Wiedmeier, R.D. 1998. Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. *Can. J. Anim. Sci.* 78, 707-710.
- Hagerman, A.E., Robbins, C.T., Weerasuriya, Y., Wilson, T.C. and McArthur, C. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Manage.* 45, 57-62.
- Hervás, G., Frutos, P., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. and Álvarez Del Pino, M.C. 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 109, 65-78.
- Hungate, R.E. 1966. The rumen and its microbes. Academic press, New York, 533 pp.
- Krueger, W.K., Gutiérrez-Bañuelos, H., Carstens, G.E., Min, B.R., Pinchak, W.E., Gómez, R.R., Anderson, R.C., Krueger, N.A. and Forbes, T.D.A. 2010. Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. *Anim. Feed Sci. Tech.* 159, 1-9.

- Landau, S., Silanikove, N., Nitsan, Z., Barkai, D., Baram, H., Provenza, F.D. and Perevolotsky, A. 2000. Short-term changes in eating patterns explain the effects of condensed tannins on feed intake in heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 199-213.
- Makkar, H.P.S., Blümmel, M. and Becker, K. 1995. *In vitro* effects and interactions of tannins and saponins and fate of tannins in rumen. *J. Sci. Food Agric.* 69, 481-493.
- Martínez, T.F., McAllister, T.A., Wang, Y. and Reuter, T. 2006. Effects of tannic acid and quebracho tannins on *in vitro* ruminal fermentation of wheat and corn grain. *J. Sci. Food Agric.* 86, 1244-1256.
- Martínez, T.F., Moyano, F.J., Díaz, M., Barroso, F.G., Alarcón, F.J., 2005. Use of tannic acid to protect barley meal against ruminal degradation. *J. Sci. Food Agric.* 85, 1371-1378.
- Mehrez, A.Z., and Ørskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88, 645-650.
- Menahan, L.A. and Schultz, L.H. 1964. Metabolism of leucin and valine within the rumen. *J. Dairy Sci.* 47, 1080-1085.
- Min, B.R., Barry, T.N., Attwood, G.T. and McNabb, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 106, 3-19.
- NRC, 2000. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press, Washington, D.C. 248 p.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to the rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499-503.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. and Gill, D.R. 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76, 275-286.
- Peter, A.L., Hatfield, E.E., Owens, F.N. and Garrigus, U.S. 1971. Effects of aldehyde treatments of soybean meal on *in vitro* ammonia release, solubility and lamb performance. *J. Nutr.* 101, 605-612.
- Pordomingo, A.J., Azcarate, M.P. and Juan, N.A. 2003. Effect of condensed-tannins addition to a corn-sunflower meal based feedlot diet. *J. Anim. Sci.* 81 Suppl. 1, 215-216.
- Pordomingo, A.J., Volpi-Lagreca, G., Orienti, W. y Welsh, R. 2004. Evaluación del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne. *Rev. Arg. Prod. An.* 24 Supl. 1, 89-90.
- Pordomingo, A.J., Volpi-Lagreca, G., Stefanazzi, I.N. y Pordomingo, A.B., 2007. Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano entero en engorde de vaquillonas a corral. *Rev. Arg. Prod. An.* 27 Supl. 1, 81-82.
- Priolo, A., Waghorn, G.C., Lanza, M., Biondi, L. and Pennisi, P. 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.
- Pritchard, R.H. and Bruns, K.W. 2003. Controlling variation in feed intake through bunk management. *J. Anim. Sci.* 81, 133-138.
- Puchala, P., Min, B.R., Goetsch, A.L. and Sahl, T. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83, 182-186.
- Russell, J.A. 1944. The colorimetric estimation of small amounts of ammonia by phenol-hypoclorite reaction. *J. Biol. Chem.* 156, 457-461.
- SAS Institute Inc., 2001. Statistical analysis system. SAS/STAT®, SAS User's Guide Release 8.0 edition. Cary, NC, USA.
- Shabi, Z., Bruckental, I., Zamwell, S., Tagari, H. and Arieli, A. 1999. Effects of extrusion of grain and feeding frequency on rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 1252-1260.
- Schofield, P., Mbugua, D.M. and Pell, A.N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 91, 21-40.
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Beauchemin, K.A., McAllister, T.A., Gibb, D.J., Streeter, M. and Kennedy, A.D. 2004. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 82, 3357-3365.
- Soto-Navarro, S.A., Krehbiel, C.R., Duff, G.C., Galyean, M.L., Brown, M.S. and Steiner, R.L. 2000. Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers. *J. Anim. Sci.* 78, 2215-2222.
- Stock, R., Laudert, S., Stroup, W., Larson, E., Parrott, J. and Britton, R. 1995. Effect of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 1995, 73:39-44.

- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Varga, G.A. and Prigge, E.C. 1982. Influence of forage species and level intake on ruminal turnover rates. *J. Anim. Sci.* 55, 1498-1504.
- Veira, D.M., Proulx, J.G. and Seoane, J.R. 1990. Performance of beef steers fed grass silage with or without supplements of soybean meal, fish meal and barley. *Can. J. Anim. Sci.* 70, 313-317.
- Waghorn, G.C., Ulyatt, M.J., John, A. and Fisher, M.T. 1987. The effect of condensed tannins on the site of digestion of aminoacids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus* L. *Brit. J. Nutr.* 57, 115-126.
- Woodward, S.L., Waghorn, G.C., Ulyatt, M.J. and Lassey, K.R. 2001. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emission from ruminants. *Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod.* 61, 23-36.
- Zinn, R.A., Barreras, A., Owens, F.N. and Plascencia, A. 2008. Performance by feedlot steers and heifers: Daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetics. *J. Anim. Sci.* 86, 2680-2689.