

# Efecto de la sustitución de *Brachiaria dictyoneura* por *acacia mangium* sobre la fermentación ruminal in vitro

L. A. Giraldo\*, M. J. Ranilla\*\*, M. L. Tejido\*\* y M. D. Carro\*\*

## Introducción

La población de bovinos en Colombia se estima en 28 millones de cabezas, de las cuales el 65% se encuentra en explotaciones de pequeños productores con sistemas de producción de doble propósito. Estos sistemas dependen en gran medida de los recursos forrajeros, los cuales presentan limitaciones nutricionales que restringen los índices productivos de los animales. El bajo contenido protéico de las gramíneas tropicales durante el año, pero especialmente durante la época seca, es una limitante importante para el funcionamiento del rumen y por ende de la productividad animal en sistemas de producción basados en especies forrajeras. Una alternativa a este problema es la utilización de leguminosas.

La leguminosa arbórea *Acacia mangium* se adapta bien a suelos ácidos y de baja fertilidad, cuando se asocia en sistemas silvopastoriles con la gramínea *Brachiaria dictyoneura*. Este sistema mejora la cantidad y la calidad nutritiva de la dieta en oferta, tiene mayor capacidad de carga animal y de reciclaje de nutrientes y en consecuencia, una mayor productividad animal (Giraldo, 2000). Estos beneficios son debidos a la mayor disponibilidad de nitrógeno que estimula la actividad y el crecimiento de microorganismos en el rumen (Carro y Miller 1999). Además, estos sistemas tienen un gran potencial para el mejoramiento de las condiciones ambientales, como resultado de la captura de carbono por la biomasa arbórea

debido al acelerado crecimiento de la *A. mangium* (Giraldo, 2004).

No existe información suficiente sobre las características de la fermentación ruminal producida cuando parte de *B. dictyoneura* es sustituida por *A. mangium* en la dieta de los animales. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue analizar las modificaciones de la fermentación ruminal in vitro resultantes de la sustitución de *B. dictyoneura* por cantidades crecientes de la leguminosa arbórea *A. mangium*.

## Materiales y Métodos

### Procedimiento experimental

Todos los substratos fueron recolectados en fincas productoras con sistema doble propósito en la zona del bajo Cauca, en el departamento de Antioquia (Colombia) y con ellos se elaboraron cuatro dietas diferentes basadas en la sustitución de *B. dictyoneura* por *A. mangium* en distintas proporciones. Las dietas, en base seca, consistieron en *B. dictyoneura* (braquiaria -B) solo (B100) o en mezcla con *A. mangium* (acacia) en proporciones 80:20 (B80), 70:30 (B70) y 60:40 (B60).

Para la elaboración de las dietas, las muestras de *B. dictyoneura* y *A. mangium* fueron molidas (1 mm) antes de proceder a su fermentación in vitro con líquido ruminal. Para el efecto, se pesaron 400 mg de MS de cada dieta que se colocaron en recipientes

\* Profesor e investigador del Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Colombia. [conisilvo@une.net.co](mailto:conisilvo@une.net.co)

\*\*Departamento de Producción Animal I. Universidad de León. 24071 León, España.

(botellas) de 120 ml de volumen procediendo a agregar 40 ml de una mezcla (1:4) de líquido ruminal y de un medio de cultivo para microorganismos anaerobios (Goering y Van Soest, 1970). Esta mezcla fue conservada a 39 °C y durante todo el proceso recibió la aplicación de CO<sub>2</sub>. Como inóculo se utilizó líquido procedente de cuatro ovejas fistuladas en el rumen que recibieron a voluntad un heno de gramíneas de buena calidad y 200 g de concentrado comercial al día. Los recipientes con la mezcla y el inoculante fueron cerrados herméticamente antes de ser introducidas en un incubador a 39 °C.

Se realizaron incubaciones durante 12 y 24 h de duración antes de medir los principales parámetros fermentativos. Después de 12 h de incubación se midió la cantidad de gas producido utilizando un medidor de presión y una jeringa graduada (Theodorou et al., 1994) y se tomó una muestra del mismo que fue transferida a un tubo de vacío de 10 ml (Venoject®) para determinar posteriormente su concentración en metano (CH<sub>4</sub>). A continuación se abrieron las botellas, se midió el pH de su contenido y se tomaron muestras para analizar la concentración en ácidos grasos volátiles (AGV) y amoníaco (NH<sub>3</sub>), siguiendo el procedimiento descrito por Giraldo et al. (2005). Posteriormente, el contenido de cada botella se filtró a través de un crisol Pirex® provisto de una placa porosa (no. 1). Los crisoles se secaron en estufa a 100 °C durante 48 h y se pesaron para determinar la degradabilidad de la materia seca (DMS); en el residuo obtenido se analizó su contenido en FND para determinar la degradabilidad (DFND). Se efectuaron cuatro series de incubación en días no consecutivos, cada una con un inóculo ruminal diferente, de tal forma que se obtuvieron cuatro réplicas para cada dieta. En cada incubación se incluyeron tres recipientes o botellas que únicamente contenían la mezcla de líquido ruminal y el medio de cultivo (sin sustrato) para corregir los valores de producción de gas para la cantidad de éste producida como consecuencia de la fermentación de los sustratos añadidos con el inóculo.

En los recipientes que se mantuvieron 24 h se midió la cantidad de gas producido a las 12 h y se liberó al exterior tras obtener una muestra para analizar su concentración en metano. A las 24 de incubación se

procedió a la toma de muestras siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. Se efectuaron cuatro series de incubación en días no consecutivos, cada una con un inóculo ruminal diferente, de tal forma que se obtuvieron cuatro réplicas para cada dieta. En cada incubación se incluyeron tres recipientes sólo contenían la mezcla de líquido ruminal y el medio de cultivo (sin sustrato) para corregir los valores de producción de gas para la cantidad de gas producido como consecuencia de la fermentación de los sustratos añadidos con el inóculo.

Para el estudio de la cinética de producción de gas se realizaron incubaciones in vitro siguiendo el procedimiento descrito anteriormente y se midieron las cantidades de gas producidas a 3, 6, 9, 14, 22, 26, 31, 36, 48, 72, 96 y 120 h (Theodorou et al., 1994). Al final de la incubación (120 h) el contenido de cada recipiente fue filtrado a través de crisoles provistos de una placa porosa, los cuales se secaron en estufa a 100 °C durante 48 h antes de medir la DMS. Posteriormente, se colocaron en estufa durante 12 h a 550 °C, se pesaron de nuevo para determinar el contenido en cenizas del residuo de incubación y calcular la degradabilidad de la MO (DMO). Se efectuaron cuatro series de incubación en días no consecutivos y en cada una de ellas se incluyeron tres botellas sin sustrato para corregir los valores de producción de gas.

Los datos del volumen de gas producido durante la fermentación se ajustaron al modelo exponencial:

$$G = A(1 - e^{-c(t-lag)})$$

donde,  $G$  (ml) es la producción acumulada de gas después de un tiempo de incubación  $t$ ;  $A$  (ml) es la producción asintótica de gas;  $c$  (h<sup>-1</sup>) es el ritmo fraccional de producción de gas y

$lag$  (h) es el tiempo de retraso en el inicio de la producción de gas. El ajuste de los datos se realizó con el procedimiento NLIN del programa SAS (SAS, 2001). Posteriormente, se calculó el ritmo medio de fermentación (ml, gas/h) como  $RMF = Axc / [2(\ln 2 + c \times lag)]$ , el cual se define como el ritmo promedio de producción de gas entre el inicio de la incubación y el tiempo en cual la producción

acumulativa de gas alcanza el valor asintótico (France et al. 1993). Asimismo, se calculó la degradabilidad efectiva (DE) de la MO (DEMO) a partir de la fórmula propuesta por France et al. (2000) y considerando un ritmo de paso ( $K_p$ ) de 0.04/h:

$$DEMO = \left[ \frac{DMO_{120h \text{ incubación}} \times c}{c + k_p} \right] e^{(-c \times lag)}$$

### Determinaciones analíticas y análisis estadístico

El contenido en MS de las muestras se determinó mediante secado de las muestras a 100 °C en estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. El contenido en nitrógeno se determinó mediante el método Kjeldahl utilizando un equipo Kjeltex System 1002 (Tecator) y el contenido en PB se obtuvo multiplicando este valor por el factor 6.25. Los contenidos de FND y FAD se determinaron siguiendo la técnica secuencial descrita por Van Soest et al. (1991) y Goering y Van Soest (1970), respectivamente, utilizando un analizador ANKOM<sup>220</sup> (ANKOM Technology Corporation, Fairport, USA).

La concentración de amoníaco se determinó mediante el método colorimétrico con un espectrofotómetro (Amersham-Biosciences® Ultrospec 500 pro) a una longitud de onda de 650 nm. La concentración en AGV (acético, propiónico, isobutírico, butírico, isovalérico y valérico) de las muestras se midió mediante cromatografía de gases, en un cromatógrafo Pelkin Elmer Autosystem XL equipado con un inyector automático, un detector de ionización de llama y una columna semicapilar TR-FFAP de 30 m x 0.53 mm x 1 µm (Supelco, Barcelona, España). La concentración de metano se determinó por cromatografía de gases, empleando un

cromatógrafo Shimadzu GC-14B equipado con un detector FID, una columna empacada de Carboxen<sup>TM</sup> 1000, 45/60, de 2 m x 1/9" (Supelco, Barcelona, España) y helio como gas portador con un flujo de 24 ml/min.

Para cada tipo de incubaciones, los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza en el que los efectos principales fueron la dieta y el inóculo ruminal. Cuando se detectó un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) las diferencias entre dietas se analizaron mediante la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD). Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el procedimiento ANOVA del programa SAS (SAS, 2001).

### Resultados y Discusión

La acasia contenía 11.2% de proteína bruta (PB), 50.3% de pared celular (FND), 37.2 % de taninos condensados solubles y 2.7 % de taninos insolubles. La composición química de las dietas se presenta en el Cuadro 1. En general, los contenidos de PB, materia orgánica (MO), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en las dietas fueron similares. La inclusión de cantidades crecientes de acacia en las dietas produjo un aumento de su contenido en PB y una disminución del contenido en FND, en comparación con la dieta B100. Por el contrario, el contenido en FAD fue mayor en las dietas que contenían acacia (B80, B70 y B60) que en la constituida únicamente por *B. dyctioneura*.

Los resultados totales se presentan en el Cuadro 2; a las 12 h de incubación se observó un mayor ( $P < 0.05$ ) pH final con las dietas que incluyeron acacia (B80, B70 y B60) en comparación con la dieta de solo braquiaria (B100). Sin embargo, no se

**Cuadro 1.** Contenido (% de la materia seca) en proteína bruta (PB), materia orgánica (MO), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de las dietas.

Dietas <sup>a</sup>	PB	MO	FND	FDA
<i>Brachiaria</i> solo (B100)	8.40	91.8	75.4	49.1
<i>Brachiaria</i> : <i>A. mangium</i> 80:20 (B80)	8.99	92.6	70.1	52.7
<i>Brachiaria</i> : <i>A. mangium</i> 70:30 (B70)	9.23	93.0	66.9	54.0
<i>Brachiaria</i> : <i>A. mangium</i> 60:40 (B60)	9.78	93.4	64.5	55.6

a. B100: *Brachiaria dyctioneura*; mezclas de *B. dyctioneura* y *A. mangium* en proporción 80:20 (B80), 70:30 (B70) y 60:40 (B60). Todas las mezclas se realizaron con base en materia seca

observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre dietas en la producción de gas y de metano, la concentración de amoníaco y la producción total de AGV.

La producción de propiónico fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento que incluyó el porcentaje más alto de acacia (B60) que en el resto de las dietas. Por otra parte, se detectaron diferencias en la producción de butírico entre las dietas B100, B80 vs. B70 y B60. Estos cambios en el perfil de AGV se manifestaron en diferencias en la proporción de acético/propiónico, que fue mayor ( $P < 0.05$ ) para las dietas B100, B80 y B70 que para la dieta B60. Estos resultados coinciden con los obtenidos in vivo por Carulla et al. (2005), quienes al evaluar la suplementación de diferentes forrajes (ryegrass sólo, ryegrass + trébol rojo ó alfalfa sola) con 41 g de extractos de taninos (61% de taninos condensados/kg de la dieta) obtenidos de la leguminosa arbórea tropical *Acacia mearnsii*, observaron un aumento significativo de la concentración de propiónico y butírico y una disminución en la relación acético/propiónico. La DMO y la DFND fueron afectadas por la inclusión de acacia. La dieta B60 mostró los mayores valores de DMO ( $P < 0.05$ ), mientras que todas las dietas que incluyeron acacia mostraron una DFND menor ( $P < 0.05$ ) que la de la dieta de solo braquiaria (B100).

Los resultados de las incubaciones durante 24 h podrían aportar información más real y con mayores posibilidades de ser extrapolable a condiciones in vivo. En esta incubación el pH final de los cultivos fue menor ( $P < 0.05$ ) para la dieta B100, comparado con las demás dietas (B80, B70 y B60), lo cual indicaría una mayor fermentación de la dieta con braquiaria sola que de las dietas que incluyeron acacia. De acuerdo con estos resultados, la fermentación de la dieta B100 produjo una mayor ( $P < 0.05$ ) cantidad de gas que el resto de las dietas. Asimismo, se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) de la producción de metano/g de MO degradada en todas las dietas que incluyeron acacia, la cual fue del 19%; 24% y 22% para las dietas B80, B70 y B60, respectivamente. Este descenso en la producción de metano puede ser atribuible a los taninos presentes en *A. mangium*. Algunos resultados de experimentos recientes sugieren que los taninos podrían reducir la producción ruminal de metano en leguminosas de zonas

templadas (Waghorn et al., 2002) y con leguminosas tropicales (Hess et al., 2003; 2004).

Cuando se incluyeron diferentes niveles de acacia en sustitución de braquiaria, no se observó efecto en la concentración de acético y del propiónico ( $P > 0.05$ ), pero se produjo una menor ( $P < 0.05$ ) cantidad de butírico en la dieta con el mayor nivel de sustitución de acacia por braquiaria (B60); Estas modificaciones provocaron diferencias en la relación acético/propiónico, que fue mayor ( $P < 0.05$ ) para las dietas que incluyeron acacia. Por otra parte, la inclusión de acacia provocó un aumento ( $P < 0.05$ ) en la concentración de amoníaco, independientemente del porcentaje de inclusión. Estos resultados son contrarios a los encontrados por Carulla et al. (2005), quienes encontraron disminuciones del 9% en la concentración de amoníaco debidas a la suplementación con taninos extraídos de *Acacia mearnsii*. Estos hallazgos contradictorios sugieren que los efectos de los taninos sobre los parámetros de la fermentación ruminal en forrajes tropicales pueden depender del tipo de leguminosa, de su nivel de inclusión, de la concentración de taninos en la misma, y de la actividad de los microorganismos ruminales.

La menor producción de gas y de metano observada para todas las dietas que incluyeron acacia en comparación con la dieta formada únicamente por braquiaria (B100) coincide con la menor ( $P < 0.05$ ) concentración de DMO y DFND observada para estas dietas. La disminución de la degradabilidad fue más marcada en las dietas B80 y B70 (3.8 y 4 unidades porcentuales en el caso de la DMO y 6.5 para la DFND) que para la dieta B60 (2.6 y 3.1 unidades porcentuales para la DMO y la DFND, respectivamente). Estos resultados podrían deberse al efecto negativo de los taninos sobre la degradación de la fibra (Reed, 1995; Carulla et al., 2005) debido, posiblemente, a la reducción selectiva de las bacterias celulolíticas por los taninos condensados (McSweeney et al., 2001). Van Soest (1994) indica como las altas concentraciones de taninos condensados presentes en algunas leguminosas tropicales pueden tener efectos negativos en la digestibilidad, debido a la capacidad de estos para formar complejos con minerales y carbohidratos estructurales como la celulosa

**Cuadro 2.** Promedios de pH, producción de gas, metano y ácidos grasos volátiles (AGV), concentración de amoníaco y degradabilidad de la materia orgánica (DMO) y de la fibra neutro detergente (DFND) por la incubación in vitro de diferentes dietas con líquido ruminal durante 12 y 24 horas.

Tiempo	Dietas <sup>a</sup>				E.E.D. <sup>b</sup>
	B100	B80	B70	B60	
12 horas					
pH	7.08 b*	7.11 a	7.11 a	7.11a	0.014
Gas (ml)	4133	4186	4193	4165	51.7
Metano (mmol/g MO <sup>d</sup> )	364	381	391	375	14.4
Total AGV (mmol/g MO <sup>d</sup> )	292	251	252	308	39.6
Acético	207	181	182	215	13.2
Propiónico	58 b	53 b	55 b	72 a	5.7
Butírico	13.9 a	11.3 ab	10.8 b	14.3 ab	1.2
Otros <sup>c</sup>	13.6	5	4.4	6.7	1.4
Acético /Propiónico	3.5 a	3.4 a	3.3 a	3.0 b	0,035
Amoníaco (mg/l)	193	192	190	185	5,8
DMO (%)	18.7 b	17.1 b	17.2 b	20.5 a	0.59
DFND (%)	4.00 a	3.01 b	2.86 b	2.46 b	0.291
24 horas					
pH	7.02 b	7.11 a	7.15 a	7.15 a	0.022
Gas (ml)	3776 a	3676 b	3666 b	3658 b	26.0
Metano (mmol/g MO <sup>d</sup> )	508 a	408 b	382 b	392 b	19.9
Total AGV (mmol/g MO <sup>d</sup> )	480	394	379	403	97.6
Acético	329	282	274	288	153
Propiónico	120 a	84 b	82 b	90 b	12.2
Butírico	27.2 a	19.7 b	19.2 b	20.1 b	2.85
Otros <sup>c</sup>	3.8 c	4.9 a	4.2 b	4.6 b	0.46
Acético /Propiónico	2.7 c	3.3 a	3.2 a	3.1 b	0,002
Amoníaco (mg/l)	187 b	212 a	211 a	211 a	2,9
DMO (%)	23.8 a	20.0 b	19.8 b	21.2 b	0,91
DFND (%)	17.3 a	10.8 b	10.8 b	14.2 ab	1.79

\* Valores promedios con diferente letra en la misma fila difieren ( $P < 0.05$ ).

a. B100: *Brachiaria dictioneura*; mezclas de *B. dictioneura* y *A. mangium* en proporción 80:20 (B80), 70:30 (B70) y 60:40 (B40). Todas las mezclas se realizaron en base a materia seca.

b. E.E.D. = error estándar de la diferencia.

c. Isobutírico + isovalérico + valérico.

d. Materia orgánica degradada.

(Reed et al., 1982), los cuales en concentraciones moderados (2-4.5% de la MS) pueden disminuir la digestibilidad de la MS y de la proteína e incrementar la absorción de aminoácidos en el intestino delgado, pero en niveles altos (> 5.5% de la MS) pueden deprimir el consumo voluntario, la eficiencia digestiva y la productividad animal (Aerts et al., 1999; Barry y McNabb, 1999).

En el Cuadro 3 aparecen los parámetros de la cinética de producción de

gas; el ritmo fraccional de producción de gas (*c*) durante todo el tiempo de fermentación fue más rápido ( $P < 0.05$ ) para B100, seguido de B80, pero más lento para las dietas B60 y B70, sin embargo el periodo prefermentativo (*lag*) resultó mas largo ( $P < 0.05$ ) para las dietas con mayor sustitución de braquiaria por acacia (B60 y B70) y corto para el braquiaria con acacia al nivel del 20% (B80) o solo (B100), lo que incidió para que el ritmo promedio de producción de gas (*RMF*) entre el

**Cuadro 3.** Parámetros de la cinética de producción de gas durante la fermentación ruminal *in vitro* y la extensión de la degradabilidad efectiva de la MO (DEMO) de varias dietas basadas en *B. dictyoneura*-*A. mangium*.

Parámetro <sup>b</sup>	Dieta <sup>a</sup>				
	B100	B80	B70	B60	E:E.D. <sup>c</sup>
<i>A</i> (ml gas/400 mg de MS)	154.1 a <sup>*</sup>	103.9 b	79.3 bc	72.0 c	11.5
<i>c</i> (/h)	0.0140 b	0.0130 b	0.0184 a	0.0198 a	1.649
<i>lag</i> (h)	1.30 b	1.61 b	1.85 b	3.58 a	0.61
<i>RMF</i> (ml gas/h)	1.53 a	0.97 b	1.10 b	1.14 ab	0.186
<i>DEMO</i> (%)	16.6 a	12.5 b	15.2 a	15.3 a	1.108

\* Valores promedios con diferente letra en la fila difieren ( $P < 0.05$ ).

a. B100: pasto braquiaria; B80: mezcla 80:20 braquiaria/acacia mangium; B70: mezcla 70/20 braquiaria:acacia; B60: mezcla 60/40 braquiaria : acacia.

b. La definición de los parámetros aparece en el texto.

c. E.E.D.= Error estándar de la diferencia. <sup>3</sup>Ver el texto para la definición de los parámetros.

inicio de la incubación y el tiempo en el que la producción acumulativa de gas alcanza el valor asintótico, fuera mayor para B100 y menor para B80. Los resultados de la cinética de producción de gas confirman el efecto de la sustitución de acacia por braquiaria en los patrones de fermentación ruminal, dependiendo del nivel de sustitución y del tiempo de fermentación.

El período prefermentativo varió dependiendo del tipo de dieta, así a mayor sustitución de acacia por braquiaria el tiempo de colonización de los microorganismos ruminales hacia la MO tendió a ser mayor, siendo muy superior ( $P < 0.05$ ) en la dieta con el mayor nivel de sustitución (B60) debido, posiblemente, a la reducción del ataque de los microorganismos ruminales a las partículas nutritivas (McAllister et al., 1994), coincidiendo con la menor DFDN tanto a las 12 h como a las 24 h de fermentación *in vitro*.

En varios trabajos se han encontrado reducciones en la extensión y el ritmo de producción de gas en alimentos para rumiantes con altos contenidos de taninos condensados (Getachew et al., 2000; Frutos et al., 2002; Hervás et al., 2003), coincidiendo con los resultados en este trabajo con las dietas que incluyen acacia, especialmente al nivel de sustitución de 20% con la leguminosa arbórea *Acacia mangium* (B80). Finalmente la DEMO no presentó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre las dieta B100, B70 y B60, aunque las dietas que incluyen acacia por encima del 20% de sustitución presentaron tendencia a disminuir la DEMO, debido posiblemente a la disminución del crecimiento microbiano y en su actividad

enzimática (McSweeney et al. 2001).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la inclusión de *A. mangium* en dietas compuestas por *B. dictyoneura* puede reducir la producción de metano e incrementar la concentración de amoníaco, como consecuencia de modificaciones en los parámetros de la fermentación ruminal y en la cinética de la fermentación *in vitro* en largos períodos de tiempo. Sin embargo, estos efectos beneficiosos se ven acompañados de efectos negativos, como son una reducción de la degradabilidad de la dieta y de la producción de ácido propiónico a nivel ruminal.

## Resumen

Se analizó la fermentación ruminal *in vitro* de cuatro dietas compuestas por pasto braquiaria (*Brachiaria dictyoneura*) sólo (B100) o mezclado con acacia (*Acacia mangium*) en proporción 80:20 (B80), 70:30 (B70) y 60:40 (B60). Se incubaron 400 mg de cada dieta con una mezcla de buffer y líquido ruminal durante 12 y 24 h para determinar los principales parámetros fermentativos. A las 12 horas de incubación, el pH al final fue mayor ( $P < 0.05$ ) para las dietas B80, B70 y B60 respecto a la compuesta únicamente por braquiaria (B100). No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre dietas en la producción de gas, metano, la concentración de amoníaco y la producción total de AGV. La producción de propiónico fue mayor ( $P < 0.05$ )

con la dieta B60 que con el resto de las dietas, pero la producción de butírico fue mayor en la dieta sin acacia (B100) que en las otras. A las 24 horas de incubación se observaron también diferencias entre las dietas. El pH final de la incubación fue más bajo ( $P < 0.05$ ) para la dieta B100 comparado con el resto de las dietas, lo que concuerda con la mayor ( $P < 0.05$ ) producción de gas en esta dieta. Se observó una disminución de la producción de metano ( $P < 0.05$ ) en todas las dietas que incluyeron acacia, la cual fue del 5, 10 y 14% para las dietas B80, B70 y B60, respectivamente. No se observaron efectos de la inclusión de acacia en la dieta sobre la producción de acético ( $P > 0.05$ ), pero se produjo una menor ( $P < 0.05$ ) cantidad del ácido butírico en la dieta B60. La sustitución de braquiaria por acacia provocó un aumento ( $P < 0.05$ ) en la concentración de amoníaco, independiente del porcentaje de inclusión de acacia, pero también redujo ( $P < 0.05$ ) la DMO y la DFND respecto a la dieta compuesta únicamente por braquiaria (B100). Dependiendo del tipo de dieta se presentan cambios en la cinética y extensión de la fermentación ruminal *in vitro*. La inclusión de acacia en las dietas compuestas por braquiaria podría tener potencial en la reducción de la producción de metano, pero también ocasiona modificaciones desfavorables de la fermentación ruminal, como la disminución de la degradabilidad de la dieta.

### Summary

The ruminal fermentation *in vitro* of four diets composed by grass braquiaria (*Brachiaria distachneura*) (B100) or only mixed with acacia (*Acacia mangium*) in proportion 80:20 (B80), 70:30 (B70) and 60:40 (B60) was analyzed; 400 mg were incubated of each diet with a buffer mixture and ruminal liquid during 12 and 24 h to determine the main ruminal parameters. To the 12 hours of incubation, pH in the end was greater ( $P < 0.05$ ) for the diets B80, B70 and B60 with respect to the composed or only by braquiaria (B100). Differences ( $P > 0.05$ ) between diets in the production of gas, methane were not observed, the ammoniac concentration of and the total production of AGV. The propiónico production was greater ( $P < 0.05$ ) with the B60 diet that with the rest of the diets. The 24 hours of incubation differences between the diets were also observed. pH final of the incubation was lower ( $P < 0.05$ ) for the B100 diet compared with the rest of the diets, which agrees with the greater ( $P < 0.05$ ) production of

gas in this diet. A diminution of the methane production was observed ( $P < 0.05$ ) in all the diets that included acacia, which was of the 5; 10 and 14% for the diets B80, B70 and B60, respectively. Effects of the inclusion of acacia in the diet on the production of acetic ( $P > 0.05$ ) were not observed, but in all the diets with acacia was observed a minor ( $P < 0.05$ ) production of acids propiónico and butyric. The substitution of braquiaria by acacia caused an increase ( $P < 0.05$ ) in the ammoniac, independent the percentage of inclusion acacia, but also it reduced ( $P < 0.05$ ) to the DMO and the DFND with respect to the compound diet solely by braquiaria (B100). Depending on the type of diet changes in kinetic and the extension of the ruminal fermentation *in vitro* appear. The inclusion of acacia in the diets composed by braquiaria could have potential in the reduction of the methane production, but also it causes unfavorable modifications of the ruminal fermentation, like the diminution of the degradabilidad of the diet.

### Referencias

- Aerts, R. J.; Barry, T. N. y McNabb, W. C. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agric. Ecosyst. Environ.* 75:1-12.
- Barry, T. N. y 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.
- Carro, M. D. y Miller E. L. 1999. Effect of supplementing a fibre basal diet with different nitrogen forms on ruminal fermentation and microbial growth in an *in vitro* semi-continuous culture system (Rusitec). *Br. J. Nutr.* 82:149-157.
- Carulla, J. E.; Kreuzer, M.; Machmüller, A. y Hess, D. 2005. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Austr. J. Agric. Res.* 56:961-970.
- France, J.; Dhanoa, M.; Theodorou, M.; Lister, S.; Davies, D.; e Isac, D. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Jour. Theor. Biol.* 163:99-111.

- France, J.; Dijkstra, J.; Dhanoa, M.; López, S.; y Bannink, A. 2000. Estimating the extent on degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: derivation on models and other mathematical considerations. *Br. Tour. Nutr.* 83:143-150.
- Frutos, P.; Herbás, G.; Ramos, G.; Giráldez, F.; y Mantecón, A. 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Anim. Feed Sci. Technol.* 95:215-226.
- Getachew, G.; Makkar, H.P.; y Becker, K. 2000. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *Brit. J. Nutr.* 84:73-83.
- Giraldo, L. A.; Carro, M. D.; Ranilla, M. J.; y Tejido, M. L. 2005. Efectos de la aplicación de enzimas fibrolíticas sobre la fermentación ruminal *in vitro* de una mezcla de forraje y concentrado. *ITEA*. vol. extra 26:551-553.
- \_\_\_\_\_. 2000. Sistemas silvopastoriles, alternativa sostenible para la ganadería en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Pronatta/ Conisilvo. Medellín, Colombia.
- \_\_\_\_\_. 2004. Determinación y monitoreo de algunos servicios ambientales de sistemas silvopastoriles en Antioquia. Informe Técnico Final. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, División Nacional de Investigación (DINAIN).
- Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, Regents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook 379*. pp:1-20. ARS-USDA, Washington, D.C. USA.
- Hervás, G.; Frutos, P.; Giraldes, F. J.; Mantecón, A.; y Alvarez del Pino, M. C. 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extracto in rumen fermentation in ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109:65-78.
- Hess, H.D.; Monsalve, L. M.; Lascano, C. E.; Carulla, J. E.; Díaz, T. E.; y Kreuzer, M. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on *in vitro* ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Austr. J. Agric. Res.* 54:703-713.
- \_\_\_\_\_; Valencia F. L.; Monsalve, L. M.; Lascano, C.; y Kreuzer, M. 2004. Effects of tannins in *Calliandra calothyrsus* and supplemental molasses on ruminal fermentation *in vitro*. *J. Anim. Sc. Tech.* 13, Suppl. 1:95-98.
- McAllister, T. A.; Bae, H. D.; Yanke, L. J.; Cheng, K. J.; y Mui, A. 1994. Effect of condensed tannins from birdsfoot trefoil on the endoglucanase activity and the digestion of cellulose filter paper by ruminal fungi. *Can. J. Microbiol.* 40:298-305.
- McSweeney, C. S.; Palmer, B.; Bunch, R.; y Krause, D. O. 2001. Effect of the tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *J. Appl. Microbiol.* 90:78-88.
- Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenoles in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73:1516-1528.
- \_\_\_\_\_; McDowell, R.E.; Van Soest, P. J.; y Horvath, P. J. 1982. Condensed tannins: a factor limiting the use of cassava forage. *J. Sci. Food Agric.* 33 (3):213-220.
- SAS. 2001. SAS Systems Software, Version 8 for Windows SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Theodorou, M.; Williams, B.; Dhanoa, M.; McAllan, A.; y France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 1994. Second edition. Cornell University Press.
- \_\_\_\_\_; Robertson, J.B.; y Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal.