

# Efectos del pastoreo de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*, ensilaje de porcinaza, en metanogénesis y producción bovina

*Effects of grazing with Leucaena leucocephala-Cynodon plectostachyus, pig manure silage, on cattle methanogenesis and production*

JOSSUÉ ISAAC VARGAS SANJUR

IA, MSc., Grupo de Investigación Biología de la Producción Pecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia  
jvargassa@gmail.com

JULIÁN ESTRADA ÁLVAREZ

MVZ, Ph.D., Grupo de Investigación Biología de la Producción Pecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia  
jestrada@ucaldas.edu.co

## RESUMEN

Se evaluó la producción de biomasa ( $\text{kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$ ) y la calidad de la asociación *Cynodon plectostachyus*-*Leucaena leucocephala* (ACL), solo o suplementado con ensilaje (60% de caña de azúcar y 40% de porcinaza enriquecida con vitafert). Adicionalmente, se determinó la ganancia de peso en 7 animales cruzados, de  $272 \pm 15$  kg, por tratamiento, cada cuarenta días, y la producción de metano ( $\text{CH}_4$ ) a 3 animales por tratamiento elegidos al azar, 2 veces consecutivas. Los 4 tratamientos se asignaron a parcelas de 1 ha así: a) monocultivo de *Cynodon plectostachyus*, b) asociación de ACL sin suplemento; c) ACL más 1 kg/A/día de suplemento; d) ACL más 2 kg/A/día de suplemento. La investigación fue realizada en las granjas y en los laboratorios de la Universidad de Caldas y los datos se analizaron con Stata<sup>®</sup>. Se registró efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) de tratamiento sobre la producción de biomasa, sobre los niveles de proteína cruda, grasa total, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, cenizas totales, calcio, magnesio, hierro y manganeso, y sobre la producción de  $\text{CH}_4$ . El monocultivo evidenció mayor cantidad y menor calidad de biomasa, al igual que menor ganancia de peso y mayor producción de  $\text{CH}_4$ . Con base en la producción de  $\text{CH}_4$ , el mejor tratamiento fue ACL suplementada con 1 kg de

RECIBIDO: 4 DE DICIEMBRE DEL 2014. APROBADO: 17 MARZO DEL 2015

— Cómo citar este artículo: Vargas Sanjur, J. I. y Estrada Álvarez, J. (2015). Efectos del pastoreo de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*, ensilaje de porcinaza, en metanogénesis y producción bovina. *Revista Ciencia Animal*, (9), 155-167.

ensilaje, lo cual permitiría convertir un componente altamente contaminante (porcinaza) en un suplemento alimenticio de alta calidad para rumiantes.

**Palabras clave:** *Cynodon plectostachyus*, ensilaje de porcinaza, *Leucaena leucocephala*, metanogénesis, producción bovina.

## ABSTRACT

Biomass production (kg·Ha<sup>-1</sup>) and the quality of *Cynodon plectostachyus*-*Leucaena leucocephala* (ACL) association, alone or supplemented with silage (60% sugarcane and 40% pig manure enriched with vitafert), was evaluated. Additionally, weight gain was assessed in 7 crossed animals, 272 ± 15 kg, per treatment, every forty days, as well as the production of methane (CH<sub>4</sub>) in 3 randomly chosen animals per treatment two consecutive times. Four treatments were assigned to plots of land of one hectare: a) monoculture of *Cynodon plectostachyus*; b) association of ACL without supplement; c) ACL plus 1 kg/A/day supplement; d) ACL plus 2 kg/A/day supplement. The research was conducted on farms and in the laboratories of the University of Caldas and the data were analyzed with Stata®. Significant effect (p ≤ 0.05) of the treatment on the production of biomass was observed, as well as on the levels of crude protein, total fat, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, total ash, calcium, magnesium, iron and manganese, and on CH<sub>4</sub> production. Monoculture showed greater quantity and lower quality of biomass, as well as lower weight gain and greater CH<sub>4</sub> production. Based on CH<sub>4</sub> production, the best treatment was ACL supplemented with 1 kg of silage, which would convert a highly polluting component (pig manure) into a high quality food supplement for ruminants.

**Keywords:** *Cynodon plectostachyus*, pig manure silage, *Leucaena leucocephala*, methanogenesis, cattle production.

## Introducción

El desarrollo pecuario en América tropical se ha orientado a incrementar la producción animal, a una tasa que le permita cubrir la demanda de alimentos para una población que crece aceleradamente, rehabilitar las pasturas degradadas, prevenir el deterioro de los recursos naturales y asegurar que los productores locales puedan competir con ventaja ante la apertura de mercados (Ibrahim, Camero, Camargo y Andrade, 2000).

Actualmente, la ganadería bovina es una actividad generalizada y desarrollada

prácticamente en toda Colombia. Esta posee 22 074 391 cabezas, que representan el 3,6% de Producto Interno Bruto (PIB) nacional, el 20% del PIB agropecuario y el 53% del pecuario, y su consumo per cápita para el 2012 se estimó en 20 kg (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]). Por ello es considerado un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del campo. En los últimos años ha sido cuestionada fuertemente por su desempeño productivo, así como por su fuerte impacto ambiental (Corporación Colombia de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2002).

El plan 2019 de la Federación Colombia de Ganaderos (Fedegan, 2007) propone aumentar la eficiencia en la ganadería a través de alternativas de producción en la mitad del área que actualmente ocupa la ganadería. Una buena opción tecnológica para la ganadería colombiana son las asociaciones gramíneas-leguminosas, ya que al ser las leguminosas fijadoras de nitrógeno, brindan a las gramíneas un aporte mayor de este elemento y aumentan su productividad (Cardona, 1995; Cardona y Suárez, 1997). Los resultados productivos que se obtienen con dicho sistema están bien documentados y son atractivos, debido a lo mencionado. En ensayos realizados por los autores arriba citados, se encontró que en ganado de carne, la ganancia de peso por hectárea de un grupo de animales que pastoreó en una asociación gramínea-*L. leucocephala* fue de 14 a 20% mayor que la de otros que pastorearon gramínea en monocultivo.

No siempre con la disponibilidad forrajera ofrecida por las asociaciones (gramínea-leguminosa) se cubren los requerimientos animales, por ello la suplementación de rumiantes en pastoreo en zonas intertropicales es una práctica común para satisfacer estos requerimientos, siendo la proteína, la energía y los minerales, los nutrientes más determinantes (Van Soest, 1994). Esto lleva a realizar suplementaciones a partir de alimentos balanceados, los cuales de-

penden fundamentalmente de materias primas importadas, cuyos costos los determina el mercado internacional de los cereales y oleaginosas. Por ello en nuestros países intertropicales se busca la suplementación a partir de materias primas producidas dentro de nuestros países, convirtiendo al ensilaje de cultivos forrajeros o de subproductos industriales en una buena alternativa para el funcionamiento de los sistemas de producción, pero su empleo es aún muy escaso (Medina, Mejía, Martínez y Sánchez, 2008; Wilkins, Syrjälä-Qvist y Bolsen, 1999; Zapata, 2000).

En investigaciones realizadas por Campabadal (2003) se encontró que la porcinaza es una buena fuente de proteína (nitrógeno proteico y no proteico) y de minerales en la producción de ensilajes. Para la suplementación de rumiantes se aconseja mezclar la porcinaza con plantas forrajeras, convirtiéndose la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en una excelente opción; sin embargo, esta especie es pobre en proteína, pero rica en carbohidratos de fácil fermentación (Larrahondo, 1995). De otro lado, se ha comprobado que en este tipo de mezclas, la porcinaza mejora de manera sustantiva la digestibilidad del ensilaje (Pinto, Pereira y Mizubuti, 2003), especialmente si se incorporan aditivos microbianos como las bacterias ácido-lácticas (BAL), utilizadas para mejorar o aumentar la fermentación y conservar

los ensilajes (Estrada, Aranda, Pichard y Henao, 2013).

Nuestro planeta se enfrenta a problemas ambientales debido a las acciones del hombre, uno de estos problemas es el llamado cambio climático, el cual afecta la temperatura y el sistema climático de la tierra. Algunas estimaciones afirman que la ganadería contribuye en un 18% al cambio climático, produce el 9% de las emisiones de dióxido de carbono, el 37% de las emisiones de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y 65% de las de óxido nitroso (Steinfeld, Gerber, Wassenaar, Castel, Rosales y de Haan, 2006). El  $\text{CH}_4$  es un residuo de la fermentación entero-ruminal de los rumiantes, el cual es un proceso fisiológico debido a la degradación sufrida por los carbohidratos (como la celulosa) en el rumen para la obtención de glucosa (Van Soest, 1994). Los resultados del metabolismo de la glucosa son los ácidos grasos volátiles (AGV), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y  $\text{CH}_4$ , el cual es eliminado por vía eructo (Van Lier y Regueiro, 2008). Después del  $\text{CO}_2$ , el  $\text{CH}_4$  ocupa el segundo lugar en cuanto a gases de efecto invernadero producidos por las actividades humanas, el cual posee 21 a 25% más capacidad de retención de calor dentro de la atmósfera que el  $\text{CO}_2$  y una vida atmosférica hasta de doce años (Todd, Cole, Casey, Hagevoort y Auvermann, 2011), por lo que es necesario buscar alternativas de suplementación en rumiantes que contri-

buyan a mitigar la emisión de este gas a la atmósfera.

La producción de  $\text{CH}_4$  en rumiantes cobra gran importancia por su efecto invernadero; sin embargo, es conocido que su producción ruminal baja al mejorar la eficiencia alimentaria y con el empleo de sustancias naturales moduladoras (algunas leguminosas) que actúan sobre las poblaciones de bacterias metanogénicas y protozoos existentes en simbiosis dentro del rumen y que no afectan el rendimiento animal (Galindo, González, Delgado, Sosa, Marrero, González, Aldana y Moreira, 2008). Según los autores citados, las emisiones de  $\text{CH}_4$  del rumen se reducen por este efecto alrededor de 13%.

Como objetivo de la presente investigación se planteó la evaluación de la biomasa forrajera de un monocultivo *vs.* una asociación y la suplementación de esta última con ensilaje de una mezcla de CAIM más porcinaza, usando como parámetros productivos ganancia de peso y producción de  $\text{CH}_4$  ruminal.

## Materiales y métodos

La investigación de campo se llevó a cabo en la granja Montelindo (ubicada a  $75^\circ 45'$  de longitud oeste y  $5^\circ 04'$  latitud norte, a una altitud de 1010 msnm, temperatura media de  $22,5^\circ\text{C}$ , humedad relativa de 75% y precipitación media

anual de 2377 mm) y en el laboratorio de nutrición animal y vegetal de la Universidad de Caldas. En la granja se utilizó un lote de 4 ha (16 franjas de 2500 m<sup>2</sup>) establecido en 1999, dividido en cuatro lotes experimentales de 1 ha (4 franjas por lote en una rotación 10/30). Los tratamientos utilizados fueron: 1) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* sin suplemento; 2) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 2 kg de ensilaje; 3) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 1 kg de ensilaje, y 4) monocultivo de *C. plectostachyus*. Dos de los tratamientos fueron suplementados con 1 y 2 kg/A/día de ensilaje de una mezcla de 60% de CAIM más 40% de porcinaza, enriquecida con vitafert, en una fermentación previa de 48 horas (Zapata, 2000).

Se utilizaron 28 bovinos experimentales  $\frac{3}{4}$  Cebúx,  $\frac{1}{4}$  Holstein de  $272 \pm 15$  kg, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente a los cuatro tratamientos (siete por tratamiento). A los cuatro lotes experimentales se les midió la disponibilidad de forraje en la franja próxima al pastoreo, al inicio y al final (oferta y rechazo), utilizando un marco de  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup>, a través del método descrito por Haydock y Shaw (1975), y a la leguminosa se le recolectó manualmente el follaje verde (hojas, peciolas y tallos verdes). Para determinar el consumo y la productividad de las asociaciones y el monocultivo, se utilizaron los animales previa-

mente seleccionados a los tratamientos ya establecidos.

Los análisis bromatológicos se realizaron siguiendo todas las normas de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005); a las muestras recolectadas se les midieron las siguientes variables: pH por método potenciométrico (solo al ensilaje), materia seca (MS) por gravimetría (método 934.01), PT por Kjeldahl (1883), fibras detergentes y lignina con tecnología ANKOM (FDN - FDA - Lig.) (Van Soest, 1994), GT por método Soxhlet, CT (método 942.05), macronutrientes: P por colorimetría, K, Mg, Ca, Na, y micronutrientes: Fe, Cu, Mn y Zn se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica marca Termoelemental® modelo 969.

Para el pesaje de los 28 animales en forma individual, se utilizó una báscula ganadera marca Prometalicos®, con capacidad hasta de 1500 kg; adicionalmente, a tres animales por grupo (doce en total), procedentes de los tratamientos ya establecidos, se les tomó CH<sub>4</sub> por punción ruminal directa con vacuteiner®, utilizando la metodología propuesta por Albarracín, Henao y Estrada (2013). A cada animal se le tomaron dos muestras en el tiempo por duplicado, las cuales se transportaron al laboratorio dentro de una nevera portátil. Estas fueron procesadas en un cromatógrafo de gases marca HP 6890®, con detector de ionización

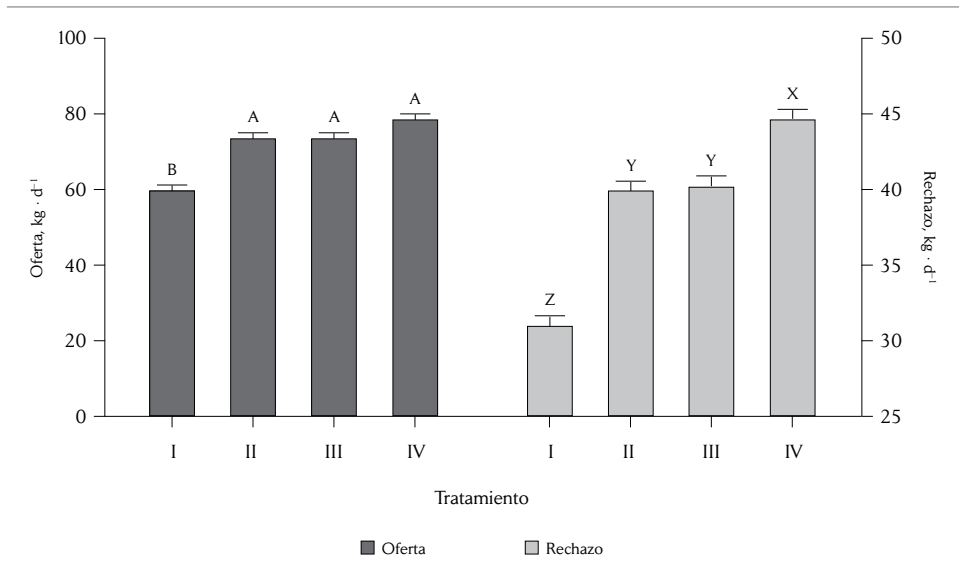
de llama para la determinación de CH<sub>4</sub>. Se utilizó una jeringa de 1 ml marca Pressure-Lok® Series A-2, en un modo de inyección directa al cromatógrafo en el punto de inyección. El tiempo requerido para el procesamiento de cada muestra fueron ocho minutos. Las condiciones descritas son: método Split con división de flujo, modo de inyección de 60:1, temperatura puerto de inyección 180 °C, presión 4,08 psi, flujo total de 25,5 ml/min, gas de arrastre empleado nitrógeno grado 5 (99,99% pureza), columna empacada (Fenilmetilxilano) de 50 m de longitud, 0,530 µm de diámetro y 0,10 µm de recubrimiento interno.

La realización de la investigación recibió el aval del Comité de Ética para la experimentación animal de la Universidad de Caldas (Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados), según acta 01 de 2012, y para los datos se utilizó un diseño completamente al azar, empleando el paquete estadístico R (R. Core Team, 2013).

### Resultados y discusión

Para la cuantificación de la disponibilidad forrajera de los cuatro tratamientos se utilizó la metodología propuesta por Haydock y Shaw (1975), en la cual se midió la oferta y el rechazo de biomasa (kg/Ha) de los cuatro tratamientos, en un sistema

Figura 1. **Medición de la oferta y el rechazo de forraje (kg/Ha) en los cuatro tratamientos**



\* Promedios identificados con letras iguales fueron iguales en la prueba de Tukey (p > 0,05). I) Mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* sin suplemento, II) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 2 kg de ensilaje, III) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 1 kg de ensilaje y IV) monocultivo de *C. Plectostachyus*.

Fuente: elaboración propia.

rotacional (10/30), con siete animales por tratamiento, donde los resultados de tres mediciones en el tiempo mostraron diferencias ( $p \leq 0,05$ ) (figura 1).

Asimismo, se obtuvieron los promedios de tres mediciones en los análisis bromatológicos a la entrada y salida (oferta y rechazo) de cada franja para los cuatro tratamientos (tabla 1).

Tabla 1. **Análisis bromatológicos de la gramínea y la leguminosa a la entrada y salida de los tratamientos y análisis bromatológicos del ensilaje**

Tratamiento I Mezcla de *C. plectostachyus-L. leucocephala* sin suplemento

	Gramínea		Leguminosa	
	Oferta	Rechazo	Oferta	Rechazo
MS	29,57	27,50	27,60	29,66
Proteína	8,88	6,27	27,05	25,23
Grasa	2,35	1,63	3,73	3,73
Cenizas	9,06	6,08	7,78	5,67
Na (%)	0,10	0,11	0,10	0,25
K (%)	1,13	0,93	1,85	1,31
Ca (%)	0,20	0,08	0,72	0,44
Mg (%)	0,89	0,05	1,12	0,11
P (%)	0,15	0,09	0,18	0,13
Cu (ppm)	10,32	58,76	12,94	9,33
Fe (ppm)	103,20	54,22	133,53	100,19
Mn (ppm)	76,10	19,39	50,54	34,40
Zn (ppm)	37,12	26,47	29,63	23,48
FDN	23,75	23,48	13,01	13,25
FDA	11,69	12,44	7,11	5,41
Lignina	1,25	1,58	2,37	2,08

Tratamiento II Mezcla de *C. plectostachyus-L. leucocephala* con suplemento más 2 kg de ensilaje

	Gramínea		Leguminosa	
	Oferta	Rechazo	Oferta	Rechazo
MS	31,06	27,44	26,05	30,62
Proteína	8,07	6,59	28,16	25,94
Grasa	2,28	1,59	3,77	3,39
Cenizas	9,28	8,68	7,36	7,72
Na (%)	0,09	0,07	0,08	0,07
K (%)	1,10	1,60	1,93	1,67
Ca (%)	0,20	0,19	0,84	1,13
Mg (%)	0,78	0,08	0,28	0,27
P (%)	0,14	0,10	0,18	0,14
Cu (ppm)	13,59	7,72	11,01	12,07
Fe (ppm)	796,90	138,19	133,91	142,22
Mn (ppm)	83,31	60,69	46,41	64,57
Zn (ppm)	36,55	39,02	28,55	28,57
FDN	74,24	75,49	44,78	44,32
FDA	38,28	38,66	20,40	20,54
Lignina	5,42	5,36	6,51	5,17

Tratamiento III Mezcla de *C. plectostachyus-L. leucocephala* con suplemento más 1 kg de ensilaje

	Gramínea		Leguminosa	
	Oferta	Rechazo	Oferta	Rechazo
MS	28,93	28,63	27,40	31,13
Proteína	9,77	7,58	26,21	27,77
Grasa	2,43	1,70	3,37	3,45
Cenizas	9,33	8,53	7,41	8,41
Na (%)	0,09	0,07	0,08	0,06
K (%)	2,02	1,47	1,76	1,83
Ca (%)	0,25	0,17	0,59	1,06
Mg (%)	0,09	0,07	0,25	0,29

Continúa

	Gramínea		Leguminosa	
	Oferta	Rechazo	Oferta	Rechazo
P (%)	0,17	0,10	0,17	0,18
Cu (ppm)	10,18	10,24	12,31	14,28
Fe (ppm)	92,47	110,35	104,70	121,91
Mn (ppm)	46,17	31,97	41,14	57,87
Zn (ppm)	32,23	37,49	28,61	33,42
FDN	73,98	76,20	43,51	42,65
FDA	38,02	37,30	19,08	21,43
Lignina	3,57	5,32	5,14	7,24

Tratamiento IV) Monocultivo de *C. plectostachyus*

	Gramínea	
	Oferta	Rechazo
MS	28,57	32,58
Proteína	12,32	6,47
Grasa	2,00	1,71
Cenizas	10,35	8,72
Na (%)	0,34	0,11
K (%)	1,62	1,35
Ca (%)	0,37	0,14
Mg (%)	0,15	0,11
P (%)	0,24	0,19
Cu (ppm)	18,51	19,76
Fe (ppm)	394,89	532,61
Mn (ppm)	57,10	70,95
Zn (ppm)	102,19	1503,67
FDN	66,45	68,67
FDA	34,19	37,39
Lignina	5,06	8,05

Ensilaje de caña de azúcar y porcinaza

MS	31,09
Proteína	7,99
Grasa	1,88
Cenizas	9,99
Na (%)	0,46
K (%)	1,28
Ca (%)	0,37
Mg (%)	0,21
P (%)	0,28
Cu (ppm)	36,04
Fe (ppm)	1190,73
Mn (ppm)	115,65
Zn (ppm)	2339,34
FDN	54,92
FDA	33,66
Lignina	8,95
pH	3,88

Fuente: elaboración propia.

Para la PC se encontró que los resultados bromatológicos en los tratamientos I y II fueron similares en la oferta y el rechazo, tanto en la gramínea como en la leguminosa. En el tratamiento III se encontraron valores superiores a la oferta y el rechazo solo en la gramínea, mas no así en la leguminosa; sin embargo, en el tratamiento IV el valor de la oferta en la gramínea fue el superior de todos los tratamientos, pero no así para el rechazo. Para la CT la tendencia fue semejante que para la PC. La FDN, la FDA y la lignina en todos los tratamientos, no



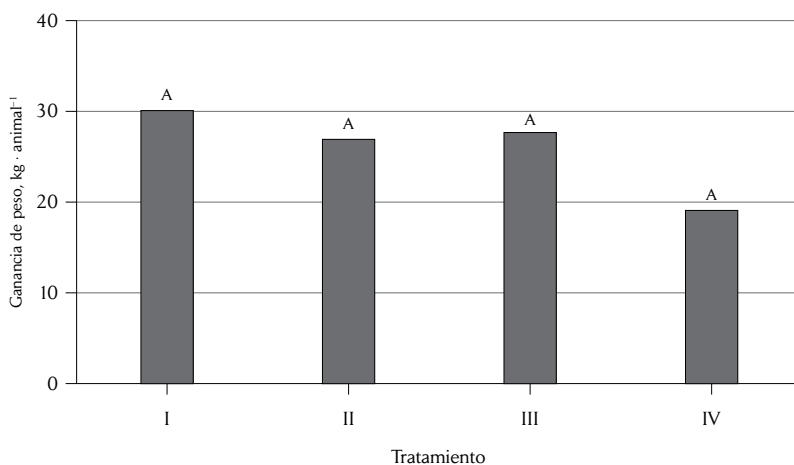
mostraron variaciones entre la oferta y el rechazo tanto en gramínea como en leguminosa. Para el ensilaje se encontró un nivel de PC cercano a 8% y CT de 10%, valores que se consideran altos, referidos a ensilajes de caña de azúcar sin aditivos; el pH, las fibras detergentes y la lignina se encontraron en valores aceptables para este tipo de ensilajes y son similares a los encontrados por Estrada, Aranda, Pichard y Henao (2013).

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se encuentra por qué en la ganancia de peso de los animales no se hallaron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos; sin embargo, la menor ganancia se observó en el tratamiento IV (monocultivo) (figura 2).

Autores como Aguilar, Valencia y Santos (2002) reportaron que en animales cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) con la utilización de una dieta a base de porcínaza fresca, más melaza y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), obtuvieron ganancias de peso similares a la de una dieta convencional suplementada con concentrado comercial más pasto Taiwán. Sin embargo, Heredia (2012) no encontró diferencias significativas entre dietas con y sin porcínaza, pero sí una diferencia económica entre la utilización de la porcínaza y los concentrados comerciales.

En las mediciones de  $CH_4$  ruminal se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos. En una

Figura 2. Ganancias de peso vivo de los animales en el periodo experimental para los cuatro tratamientos



I) Mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* sin suplemento, II) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 2 Kg de ensilaje, III) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 1 Kg de ensilaje y IV) monocultivo de *C. Plectostachyus*.

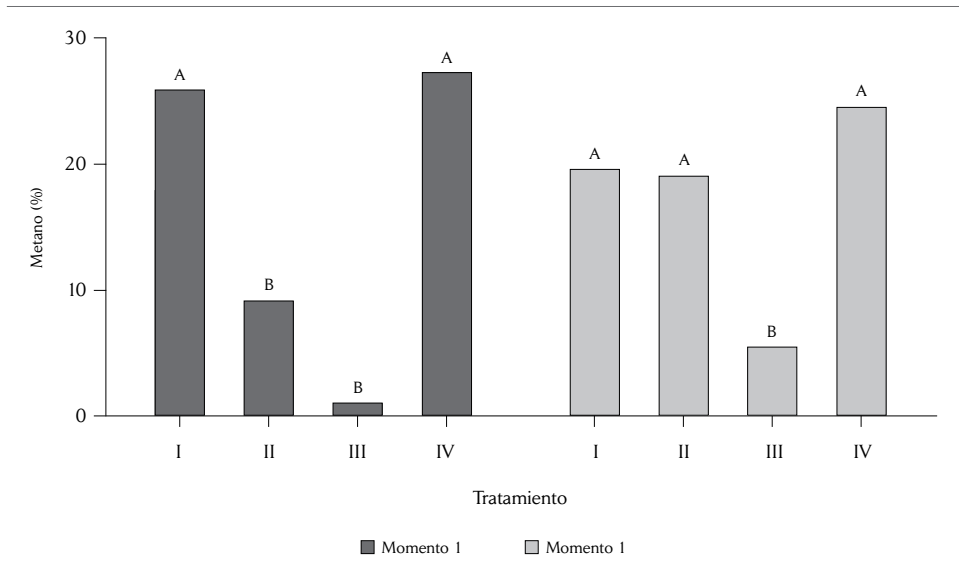
Fuente: elaboración propia.

primera medición se encontró que los tratamientos I y IV fueron similares (25,70 y 27,21 % de CH<sub>4</sub>), pero diferentes con los tratamientos II y III (9,05 y 1,01 % de CH<sub>4</sub>); sin embargo, en una segunda medición se encontró que los tratamientos I, II y IV fueron similares (19,62, 19,16 y 24,56% de CH<sub>4</sub>), pero diferentes al tratamiento III (5,56% de CH<sub>4</sub>) (figura 3). Lo anterior señalaría que el suministro del suplemento con ensilaje de CAIM-porcina disminuye significativamente (p<0,05) las emisiones de CH<sub>4</sub>.

Según Carrillo (2003), los alimentos ricos en glucosa (como *Saccharum officinarum*)

favorecen la formación de ácido propiónico, reduciendo la producción de CH<sub>4</sub>; además, Rodríguez y Valencia (2008) señalan la producción de CH<sub>4</sub> como un proceso realizado por bacterias metanogénicas anaeróbicas (grupo *Archae*), que fermentan la glucosa y reducen el CO<sub>2</sub> hasta CH<sub>4</sub>. Estas bacterias metanogénicas deben ser controladas con la dieta, por ello se busca que las fuentes de energía en el rumen sean utilizadas en beneficio del animal hospedero (Yokoyama y Johnson, 1993). En estudios realizados por Primavesi, Frighetto, Pedreira, Lima, Berchielli y Rodrigues (2003), los cuales compararon las emisiones de CH<sub>4</sub> pro-

Figura 3. Cuantificación de CH<sub>4</sub> ruminal en animales en pastoreo directo de *C. plectostachyus* solo y asociado y suplementado con ensilaje de CAIM-porcina



\* Promedios identificados con letra iguales fueron iguales en la prueba de Tukey (p>0,05).

I) Mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* sin suplemento, II) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 2 kg de ensilaje, III) mezcla de *C. plectostachyus*-*L. leucocephala* con suplemento más 1 kg de ensilaje, IV) Monocultivo de *C. Plectostachyus*.

Fuente: elaboración propia.

venientes de animales en pastoreo que recibieron suplementación de *Saccharum officinarum* con mayor y menor contenido de FDN, reportando un 30% menos  $\text{CH}_4$  por unidad de peso vivo en aquellas dietas más ricas en carbohidratos no estructurales, los mismos autores sugirieron que cuando se incluye un alimento balanceado en un 40% de la dieta, con bajo contenido de fibra, produce menos  $\text{CH}_4$  por unidad de producto (carne o leche). Por otro lado, Albarracín, Henao y Estrada (2013) señalan que en suplementaciones realizadas en pastoreo con dos niveles de concentrado comercial, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

## Conclusiones

El monocultivo de *C. plectostachyus* evidenció mayor cantidad y calidad de biomasa en la pradera referido a la gramínea de las asociaciones; sin embargo, produjo las menores ganancias de peso vivo y las mayores producciones de  $\text{CH}_4$ .

Con base en la cantidad de  $\text{CH}_4$  producida a nivel ruminal, podría afirmarse que el mejor tratamiento fue ACL suplementada con 1 kg de ensilaje, seguido por ACL suplementada con 2 kg de ensilaje, lo cual permitiría convertir un componente altamente contaminante (porcinaza) en un suplemento alimenticio de alta calidad para rumiantes.

## Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados y al Grupo de Investigación Biología de la Producción Pecuaria de la Universidad de Caldas, por el apoyo financiero del proyecto (código 0613712).

## Referencias

- Aguilar, C. F., Valencia, E. R. y Santos, J. S. (2002). Engorda de toretes con una dieta integral de excretas frescas de cerdo, melaza y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*). *Revista Biomédica*, 13, 94-99.
- Albarracín, J. S., Henao, F. J. y Estrada, J. (2013). Impacto de tres dietas basadas en forrajes, sobre la producción de metano y ácidos grasos volátiles en *Bos taurus* (Bovidae). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17 (1), 73-80.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2005). *Official methods of analysis* (18ª ed.). Gaithersburg, MD, Estados Unidos: AOAC International.
- Campabadal, C. (2003). El valor nutritivo de la porcinaza y su uso en la alimentación del ganado de carne. En *Memorias 2º Seminario Internacional de Porcicultura y Medio Ambiente, Bogotá, Colombia* (pp. 23-42).
- Cardona, M. C. (1995). Producción de carnes en pasturas asociadas en la zona cafetera. En *Curso manejo de praderas, forrajes y recursos naturales tropicales*. Pereira:

- Fundación Cicadep, Proyecto Colombo-Alemán (Corpoica-GTZ).
- Cardona, M. C. y Suárez, S. (1997). Potencial de la producción de carne y leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a la zona cafetera. *Avance Técnico Cenicafe*, 244.
- Carrillo, L. (2003). *Microbiología agrícola* (Cap. 5). Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Corporación Colombia de Investigación Agropecuaria (Corpoica) (2002). *Producción de carne bovina de alta calidad en Colombia*. Bogotá: Editorial Produmedios.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2012). *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*, (4).
- Estrada, J., Aranda, E. M., Pichard, G. y Henao, F. J. (2013). Ensilaje de caña de azúcar integral enriquecido con porcinoza fresca. *Orinoquia*, 17 (1), 38-49.
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegan) (2007). Sección I, Estado del arte. En *Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019* (pp. 24-89). Bogotá: Editorial Sanmartín Obregón & Cía.
- Galindo, J., González, N., Delgado, D., Sosa, A., Marrero, Y., González, R., Aldana, A. I. y Moreira, O. (2008). Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la microbiota ruminal. *Zootecnia Tropical*, 26 (3), 249-252.
- Haydock, K. P. y Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15 (76), 663-670.
- Heredia, M. R. (2012). *Utilización de cerdaza en dietas de levante para terneros postdestete* (Tesis pregrado). Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.
- Ibrahim, M., Camero, A., Camargo, J. C. y Andrade, H. J. (2000). *Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias del CATIE, Costa Rica*. Recuperado el 13 de mayo del 2013, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6121E/A6121E.PDF>.
- Kjeldahl, J. Z. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic bodies. *Analytical Chemistry*, 22.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la caña de azúcar. En C. Cassalet, J. S. Torres y C. H. Isaacs (Eds.), *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 337-354). Recuperado de <http://www.cenicana.org>.
- Medina, P., Mejía, S., Martínez, R. y Sánchez, L. (2008). Efecto de la suplementación con ensilaje de millo adicionado con urea-melaza azufre, semilla de algodón y harina de pescado sobre la producción de leche en vacas doble propósito durante la época seca en el valle del Sinú. *Revista Corpoica; Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9 (1), 81-87.
- Pinto, A. P., Pereira, E. S. y Mizubuti, I. Y. (2003). Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Semina: Ciências Agrárias*, 24 (19), 73-84.

- Primavesi, O., Frighetto, R. T. S., Pedreira, M. S., Lima, M. A., Berchielli, T. T. y Rodrigues, A. A. (2003). *Low-fiber sugarcane to improved meat production with less methane emissions in tropical dry season*. Recuperado el 18 de junio del 2013, de <http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/agriculture/AG066.pdf>.
- R. Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <http://www.R-project.org/>.
- Rodríguez, A. A. y Valencia, E. (2008). Ruminantia. *Universidad de Puerto Rico en Mayagüez*, 3 (1), 1-4.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Executive summary*. Roma: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Recuperado el 18 de junio del 2013, de [http://www.virtualcentre.org/en/library/key\\_pub/longshad/A0701E00.htm](http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.htm).
- Todd, R. W., Cole, N. A., Casey, K. D., Hagevoort, R. y Auvermann, B. W. (2011). Methane emissions from southern high plains dairy wastewater lagoons in the summer. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 575-580.
- Van Lier, E. y Regueiro, M. (2008). *Digestión en retículo-Rumen*. Montevideo: Departamento de Producción Animal y Pasturas, Universidad de la República. Recuperado el 5 de febrero del 2013, de <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2ª ed.). Ithaca, NY, Estados Unidos: Cornell University Press.
- Wilkins, R. J., Syrjälä-Qvist, L. y Bolsen, K. K. (1999). The future role of silage in sustainable animal production. En *International Silage Conference*, Silage.
- Yokoyama, M. T. y Johnson, K. A. (1993). Microbiología del rumen e intestino. En *Fisiología digestiva y nutrición*. Madrid: Editorial Acribia.
- Zapata, A. (2000). *Utilización de la caña de azúcar y sus derivados en la alimentación porcina*. Bogotá: Cipav, Asociación Colombiana de Porcicultores.

