Efecto de la suplementación proteico-energética en la degradabilidad ruminal in situ de la FND y MO del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) en bucerros (Bubalus bubalis)

J. R. López, A. Elías, Denia Delgado, R. González, Lucía Sarduy y Marbelis Domínguez Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba Correo electrónico: jrlopez@ica.co.cu

Para evaluar el efecto de la suplementación con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la degradación microbiana ruminal *in situ* de la FDN y MO del forraje de pasto estrella se utilizaron cuatro bucerros machos (*Bubalus bubalis*) de la raza Bufalipso. Los animales tenían 175 ± 5 kg de peso vivo y fueron canulados en rumen, según diseño cuadrado latino 4 x 4. Se utilizaron cuatro tratamientos con diferentes cantidades de suplementación proteica-energética en la dieta: 0 (control), 3, 6 y 9 g kg PV¹, ofrecida una vez al día. La degradación ruminal de la FND y la MO del forraje mostró los valores más altos (P < 0.05) con el aumento del tiempo de incubación para los tratamientos con suplementación proteico-energética con respecto al control, a partir de las 24 h. La suplementación tuvo efecto en el incremento de la tasa de degradación de la FND (0.018, 0.027, 0.029 y 0.030 fracción h⁻¹) y disminución del tiempo de colonización o fase lag (2.8, 2.2, 2.1, 2.0 h) para los tratamientos con 0, 3, 6 y 9 g kg PV¹, respectivamente. Mientras que la tasa de degradación de la MO fue mayor para los tratamientos con suplementación (2.8, 2.6, 2.2) para 9, 6, 3 g kg PV¹ con relación al tratamiento sin suplementación (1.9). La degradabilidad efectiva del forraje evaluado para la FND y MO fue mayor en los tratamientos con suplementación con respecto al control. Se establecieron ecuaciones de regresión múltiple que permitieron describir el proceso de degradación de la MS, FND y MO con la relación FND N⁻¹ consumido en la dieta y el tiempo (t) en rumen. Los resultados demuestran el efecto positivo de la suplementación con cantidades crecientes de concentrado hasta 9 g kg PV¹ en la dieta de bucerros alimentados con pasto estrella. Esto pudiera contribuir al incremento de la actividad productiva de los bucerros en las condiciones actuales de crianza.

Palabras clave: bucerros, degradabilidad ruminal, suplementación

Tradicionalmente se ha generalizado acerca del buen comportamiento de la especie bubalina en condiciones que resultan adversas para otras especies herbívoras, por ejemplo, en áreas de gramíneas nativas y de alimentos de poca calidad (Sonia *et al.* 1998). A partir de estas consideraciones, se han desarrollado los sistemas de producción actuales, con predominio de pastos naturales y dietas desbalanceadas (López 2009).

La alimentación del bucerro constituye una limitación en sistemas de explotación con forrajes de bajo valor nutritivo, como los que predominan en la región tropical. En esta zona se destacan las bajas tasas de crecimiento pre y post destete, asociadas a la nutrición y al manejo (Berroterán *et al.* 1998).

Diversos resultados científicos avalan la importancia de la suplementación proteico-energética para suministrar al animal los nutrientes necesarios para su desarrollo y producción. Esta opción mejora la disponibilidad de los nutrientes que limitan los procesos fermentativos en el rumen, con el consecuente incremento de la productividad animal (Elías 1983, Martínez y García 1983 y Hoover y Stokes 1991). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación estratégica con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la degradación microbiana ruminal *in situ* de la FND y MO del forraje de pasto estrella en bucerros (*Bubalus bubalis*).

Materiales y Métodos

Se utilizaron cuatro bucerros (*Bubalus bubalis*) de la raza Bufalipso, de 175 ± 5 kg de peso vivo, canulados

en rumen. Los animales se alojaron en cubículos individuales, con libre acceso al agua potable y los alimentos. Se alimentaron con forraje fresco de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) a voluntad y diferentes niveles de concentrado. Este se ofreció una vez al día y se formuló en base seca, con 67.4 % de maíz, 30 % de soya, 1.0 % de sal, 1.0 % de premezcla mineral y 0.6 % de fosfato dicálcico. La tabla 1 muestra la composición química de los alimentos.

Tratamiento y diseño. Se utilizó un control (0 g kg PV⁻¹) y diferentes cantidades de suplementación proteico-energética (3, 6 y 9 g de concentrado kg PV⁻¹). La dieta de concentrado se ajustó para cada período experimental, según tratamiento y peso del animal. Se utilizó un diseño cuadrado latino 4 x 4.

Procedimiento experimental. La determinación de la degradabilidad ruminal de la MO y la FND del material vegetal se realizó según el procedimiento de las bolsas de nailon o *in situ*, descrito por Mehrez y Orskov (1977).

Los períodos experimentales consistieron en 14 d de

Tabla 1. Composición química (% MS) de los alimentos ofertados (n = 4).

Indicadores	Forraje	Concentrado	
PB	7.2 ± 0.1	20.2 ± 0.2	
MO	90.7 ± 0.1	92.9 ± 0.3	
FDN	77.6 ± 0.1	23.2 ± 0.1	
FDA	39.5 ± 0.2	13.1 ± 0.1	
Cenizas	9.3 ± 0.1	7.1 ± 0.1	
EM (MJ kg MS ⁻¹)	7.8	12.2	

406

adaptación a la dieta y cuatro de muestreo. En bolsas de nailon (14.0 x 8.5cm), con porosidad de 48 µm, se pesaron por duplicado 5 g de muestra de forraje seco de pasto estrella para cada horario de incubación y animal (tabla 2). Las bolsas se incubaron en el rumen durante 8, 12, 24, 48 y 72 h postalimentación. Una vez extraídas, se lavaron manualmente hasta que el agua quedó clara y transparente. Después se secaron en estufa, con circulación de aire a 60 °C durante 72 h. La diferencia entre el peso inicial de la muestra y el del residuo después de la incubación ruminal se utilizó para determinar la MS degradada en el rumen. Los residuos de las bolsas, correspondientes a las dos repeticiones de cada tiempo de incubación de un mismo animal, se molieron hasta alcanzar tamaño de partícula de 1 mm y se conformó una muestra homogénea. A todos los residuos se les determinó el contenido de MO y FND.

Tabla 2. Composición química del forraje de pasto estrella evaluado en la degradabilidad ruminal *in situ* (% MS)

Indicadores	Valor		
PB	6.4		
MO	91.7		
FND	70.1		
FAD	38.2		
Cenizas	8.3		
EM (MJ kg MS ⁻¹)	7.8		

Estimación de la degradación. La estimación de la degradación ruminal *in situ* de la MO y la FND se realizó mediante el programa NEWAY Excel, según Chen (1997).

Para la determinación de las características de la degradación se utilizó el modelo exponencial propuesto por Orskov y McDonald (1979). Se asumió que la curva de degradación de la MO (DMO) en el tiempo sigue un proceso cinético de primer orden, descrito de la siguiente forma:

P = A para t0 = 0

 $P = a + b(1 - e^{-ct}) t > t0$

La degradación de la FND se describe según Dhanoa (1988) por la fórmula:

P = A para t = t0

 $P = a + b(1 - e^{-c(t-L)}) \text{ t>t0}$

Donde:

P: Degradación ruminal del indicador evaluado en el tiempo "t" de permanencia en el rumen.

- a: Intercepto
- b: Fracción que se degrada en el tiempo t
- c: Tasa de degradación de la fracción "b"
- t: Tiempo de incubación
- L: Tiempo de latencia o "lag" (horas)

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.

- A: Fracción rápidamente soluble. Se obtuvo mediante la incubación de la muestra en un baño de agua a 39 °C durante 30 min.

Para la determinación de la degradabilidad efectiva ruminal (DE) se utilizó el modelo de McDonald (1981).

$$ED = A + \left(\frac{B \ c}{c + k}\right)$$

Donde:

- k: Tasa fraccional de pasaje ruminal. Se asume k = 0.044 (NRC 1989).
- B: Fracción insoluble, pero potencialmente degradable (B = (a+b) A) (Orskov 2002).

La comparación de la degradación ruminal entre tratamientos se realizó mediante el procedimiento RUMENAL (Correa 2004).

Análisis químico. Los análisis correspondientes a la MO se realizaron según AOAC (1995), mientras que las determinaciones de la FND se efectuaron según Goering y van Soest (1970).

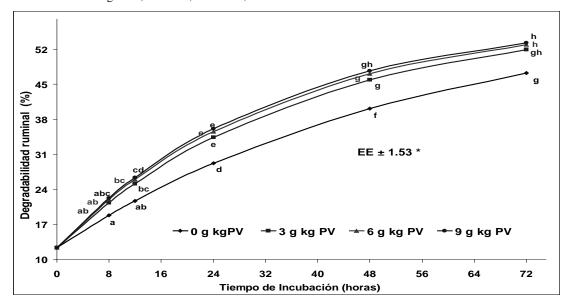
Análisis estadístico. Para la comparación entre medias, correspondientes a cada tratamiento y a los tratamientos de cada tiempo de incubación, se aplicó el procesador estadístico InfoStat (Balzarini *et al.* 2001). En los casos necesarios, se utilizó la dócima de comparación de Duncan (1955) para la comparación de las medias. Se ajustaron ecuaciones de regresión múltiple para la degradabilidad ruminal de la MS, FND y MO con respecto a la FND N⁻¹ y el tiempo.

Resultados y Discusión

El aumento de la suplementación proteico-energética (hasta 9 g kg PV⁻¹) en la dieta de bucerros tuvo efecto en la degradación de la FND y la MO del forraje de pasto estrella.

La suplementación con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético en la dieta de bucerros tuvo efecto positivo en la cinética de degradación ruminal *in situ* de la FND (DFND) del pasto estrella (figura 1). Hubo mayor (P < 0.05) degradación de la FND con el aumento del tiempo de incubación para los tratamientos con suplementación con respecto al control, a partir de las 24 h. El aumento de la DFND del forraje de pasto estrella, obtenido con la suplementación proteico-energética, pudiera relacionarse con lo referido por Hardy y Cruz (1979), Elías (1983) y Souza *et al.* (2000) acerca del efecto de la suplementación proteico-energética en el incremento de la utilización de la ración y la mejora de la actividad celulolítica ruminal.

Consecuentemente, el aumento de la degradabilidad de la FND del forraje de pasto estrella pudiera relacionarse con los resultados obtenidos por López *et al.* (2009). Estos autores informaron mayor cantidad de biomasa bacteriana en el rumen de bucerros suplementados con concentrado proteico-energético. Esto se pudiera relacionar con lo planteado por Cheng *et al.* (1991), quienes afirman que el incremento



^{abcdefgh} Medias con letras diferentes difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

* P < 0.05

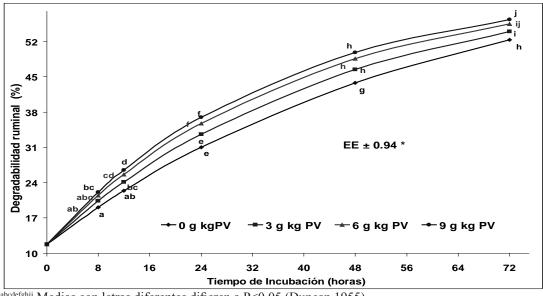
Figura 1. Efecto de la suplementación proteico-energética en la cinética de DFND del pasto estrella en bucerros

de la biomasa bacteriana favorece la capacidad degradativa de la fracción fibrosa del pasto, ya que las bacterias constituyen el grupo de microorganismos más representativos de la biomasa microbiana y de mayor actividad metabólica ruminal.

Según García y Kalscheur (2006), al ofrecer una dieta con altos niveles de FND, se pueden favorecer los procesos de rumia y masticación. En este sentido, la rumia y la masticación aumentan la reducción del tamaño de las partículas y con ello, la acción de los microorganismos con el consecuente incremento de la capacidad degradativa de los nutrientes del pasto. Este resultado se pudiera relacionar con la estabilidad en los valores de pH en el rumen de bucerros (López

et al. 2009). También se pudiera asociar al equilibrio entre la producción de protones (H⁺) y su neutralización a través de la capacidad amortiguadora del medio ruminal, debido fundamentalmente a la cantidad de saliva segregada. Esta aporta la mayor proporción de la capacidad amortiguadora del rumen, principalmente por los iones fosfatos y bicarbonatos presentes (Calsamiglia y Ferret 2002).

La cinética de la degradación ruminal *in situ* de la MO (DMO) del material evaluado (figura 2) mantuvo un comportamiento similar para todos los tratamientos. La DMO aumentó (P < 0.05) con el incremento de la cantidad de concentrado proteico-energético en la dieta y el tiempo de incubación en el rumen. Los tratamientos



abcdefghij Medias con letras diferentes difieren a P<0.05 (Duncan 1955)

* P<0.05

Figura 2. Efecto de la suplementación proteico-energética en la cinética de DMO del pasto estrella en bucerros

con suplementación (6 y 9 g kg PV^{-1}) mostraron los valores más altos de degradación a las 24 h y fueron superiores (P < 0.05) al resto de los tratamientos.

Con respecto a las características de los parámetros de la degradación ruminal de la FND y MO del pasto estrella en bucerros, se debe destacar que en todos los indicadores evaluados la fracción soluble (A) no varió, ya que el sustrato incubado fue el mismo (tabla 3). Sin embargo, Martínez (2006) indicó que la fracción insoluble, pero potencialmente degradable (B) depende, en gran medida, del tiempo de permanencia del alimento en rumen. En este estudio se encontró que este indicador disminuyó con la inclusión de concentrado en la dieta, lo que se pudiera relacionar con la mejora de las condiciones del ambiente ruminal, debido al aporte de la PB y EM del concentrado. Estos resultados se corresponden con los referidos por Rotger *et al.* (2006).

Se constató que el aumento del concentrado en la

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.

DMO =
$$25.62 - 0.17 (\pm 0.03)$$
 FDN N⁻¹ + $0.54 (\pm 0.02)$ t (R² 0.94; Sign: ***; EE de estimación = \pm 3.34; CME= 11.17)

Las ecuaciones se caracterizaron por presentar altos coeficientes de determinación (R²), alta significación, bajos errores estándar (EE) de estimación y cuadrados medios de error (CME) y distribución adecuada de los residuos. Estas ecuaciones permiten describir cómo a medida que aumentó la suplementación estratégica proteico-energética en la dieta (hasta 9 g kg PV¹) se estrechó la relación FND N¹¹ de la dieta. Esto mejoró las condiciones del ambiente ruminal de bucerros y con ello, los procesos de degradación de nutrientes del pasto.

Las respuestas obtenidas pudieran ser resultado del conjunto de reacciones bioquímicas que se establecen en el rumen de bucerros, debido al aporte energético y proteico del concentrado como complemento de dietas

Tabla 3. Características de los parámetros de la DFND y DMO del pasto estrella en bucerros suplementados con diferentes cantidades de concentrado proteico-energético

Parámetros	Concentrado g kg PV ⁻¹					
	0	3	6	9		
FND	A %	12.40	12.40	12.40	12.40	
	B %	48.0	46.1	46.20	46.20	
	c Fracción h-1	0.018	0.027	0.029	0.030	
	Lh	2.80	2.20	2.10	2.00	
	$EE \pm y Sig.$	4.57*	2.54***	3.39***	2.68***	
	\mathbb{R}^2	91.03	97.04	95.54	96.69	
	A %	11.80	11.80	11.80	11.80	
	B %	57.40	53.10	51.60	51.40	
	c Fracción h-1	0.019	0.022	0.026	0.028	
	$EE \pm y Sig.$	2.87**	2.21***	1.23***	1.85***	
	\mathbb{R}^2	95.66	97.73	99.31	98.43	

EE: Error estándar, Sig: Significación, R²: Coeficiente de determinación pertenecientes al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979) y Dhanoa (1988) para cada tratamiento, para la DFND y DMO, respectivamente.

dieta de bucerros provocó incremento de la tasa de degradación (c), de 1.8 a 3.0 % h⁻¹ y de 1.9 a 2.8 % h⁻¹, para la DFND y DMO del forraje de pasto estrella en bucerros, respectivamente (tabla 3). Maeda *et al.* (2007) citaron resultados similares al evaluar diferentes niveles de concentrado en la dieta de bubalinos y vacunos.

En este trabajo se ajustaron las siguientes ecuaciones de regresión múltiple para la degradación de la MS, FND y MO, a partir de la relación FND N⁻¹ consumido en la dieta y tiempo (t) en rumen.

DMS = $26.61 - 0.18 (\pm 0.03)$ FDN N⁻¹ + $0.53 (\pm 0.01)$ t (R² 0. 94; Sign: ***; EE de estimación = \pm 3.21; CME= 10.33)

DFDN = $29.30 - 0.19 (\pm 0.04)$ FDN N⁻¹ + 0.53

(R² 0.89; Sign: ***; EE de estimación = \pm 4.53; CME= 20.53)

deficitarias en nutrientes. De esta forma mejora el aporte de energía-proteína, el crecimiento microbiano y la degradación de los nutrientes (McAllister *et al.* 1994 y Suárez *et al.* 2007). Respuestas similares informaron Wanapat y Chanthakhoun (2009) y Wanapat *et al.* (2009) en estudios desarrollados con búfalos y vacunos.

Las ecuaciones de regresión obtenidas se pudieran utilizar como elementos teóricos para establecer estrategias de suplementación adecuadas, cuando se utilizan pastos de bajo valor nutritivo en la alimentación de bucerros. Pudieran servir también de referencia para la aplicación de subproductos agroindustriales, residuos de cosecha, entre otras alternativas que se pudieran utilizar como suplementos nutricionales.

De manera general, a diferencia del tratamiento control, la suplementación estratégica con concentrado proteico-energético, hasta 9 g kg PV⁻¹, favoreció la

degradación de nutrientes del pasto estrella. Se recomienda la suplementación proteica-energética a bucerros para las condiciones de explotación de Cuba. Se sugiere fomentar investigaciones que recomienden un nivel más adecuado desde el punto de vista biológico y económico.

Referencias

- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. Ass. Off. Agric. Chem. Washington, D.C.
- Balzarini, G.M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., González, L. A. & Robledo, C.W. 2001. InfoStat. Software estadístico. Manual del usuario. Versión 1. Córdoba, Argentina
- Berroterán, L., Birbe, B., Herrera, P., Colmenares, O., Martínez, N., Reggeti, F. & Reggeti, J. 1998. Suplementación de bucerros predestetes con bloques multinutricionales. I Suplemetación a partir de los 37 días de edad. En: The buffalo: an alternative for animal agriculture in third millennium. VI World Buffalo Congress
- Calsamiglia, S. & Ferret, A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. En: XVIII Curso de Especialización. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Eds. C. P. Ga Rebollar, G.G. De Blas y Mateos. Madrid, España
- Chen, B. 1997. NEWAY Excel. An excel application program for processing feed degradability data. Rowett Research Institute. Bucksburn. Reunio Unido. Disponible: http://www.macaulay.ac.uk/IFRU/software/Test.xls> [Consultado: 5 agosto 2008]
- Cheng, K.J., Furseberg, C.W., Minato, H. & Costerton, I.W. 1991.
 Microbial physiology and ecology of feed degradation within the rumen. En: Physiological aspect of digestion and metabolism in ruminats. Eds. T. Tsuda, Y. Sasaki y R. Kawashima. Academic Press. Toronto. Otario, Canada
- Correa, H.J. 2004. RUMENAL. Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. Rev. Col. Cienc. Pec. 17:250
- Dhanoa, M.S. 1988. On the analyses of dacron bag data for low degradability feeds. Grass and Forage Sci. 43:444
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1
- Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales. En: Los pastos en Cuba. Utilización. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. pp. 187-246
- García, A. & Kalscheur, K. 2006. Tamaño de particular y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras College of Agriculture and Biological Sci. South Dakota. State University. USA. Disponible: http://agbiopubs.sdstate. edu/articlesxEx4033S .pdf> [Consultado: 5 agosto 2010]
- Goering, H.K. & Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). US Department of Agriculture. Agric. Handbook. p. 379
- Hardy, C. & Cruz, R. 1979. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la actividad celulolítica ruminal de animales alimentados con forraje de pangola. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 13:299
- Hoover, W.H. & Stokes, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J. Dairy Sci. 74: 3630
- López, J.R. 2009. Efecto de la suplementación con concentrado en indicadores de la fisiología digestiva y consumo de nutrientes en bucerros (*Bubalus bubalis*) alimentados con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.140 pp.

- López, J.R., Elías, A., Delgado, D., González, R. & Sarduy, L. 2009. Efecto de la suplementación con concentrado en la degradabilidad ruminal *in situ* de forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en bucerros (*Bubalus bubalis*). Rev. Cubana Cienc. Agric. 43:157
- Maeda, E., Zeoula, L., Valério, L.J., Best, J., Nunes, I., Nunes, E. & Kazama, R. 2007. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. R. Bras. Zootec. 36:716
- Martínez Marín, A. 2006. Aportes de proteína en vacuno de leche. Disponible: http://www.engormix.com/aportes_proteina_vacuno_leche_s_articulos_1099_GDL.ht [Consultado: 19 de septiembre de 2008]
- Martínez, R. O. & García López, R. 1983. Alimentación con concentrados a vacas lecheras en pastoreo. En: Los pastos en Cuba. Utilización. Tomo II. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Pp. 299-330
- McAllister, T.A., Bae, H.D., Jones, G.A. & Cheng, K. J. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. J. Anim. Sci. 72:3004
- McDonald, I.M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. J. Agric. Sci. 96:251
- Mehrez, A.Z. & Orskov, E.R. 1977. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. 88:645
- NRC 1989. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington D.C. 157 pp.
- Orskov, E.R. 2002. Trails and trails in Livestock Res. Abeerden. Garamond. 204 pp.
- Orskov, E.R. & Mc Donald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92: 499
- Rotger, A., Ferret, A., Calsamiglia, S. & Manteca, X. 2006. *In situ* degradability of seven plant protein supplements in heifers fed high concentrate diets with different forage to concentrate ratio. Anim. Feed Sci. Tech. 125:73
- Sonia, S., Garg, S.L. & Sindhu, S. 1998. Effect of defaunation on rumen fermentative pattern in buffaloes maintained on high concentrate diet. Haryana Veterinarian 37:53
- Souza, N.H., Franzolin, R., Rodríguez, P.H. & Scoton, R. A. 2000. Efeitos de níveis crescentes de fibra em detergente neutro na dieta sobre a fermentação ruminal em bubalinos e bovinos. Rev. da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 29:1553
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Stockhofe, N., Dijkstra, J. & Gerrits, W.J. 2007. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. J. Dairy Sci. 89:4365
- Wanapat, M. & Chanthakhoun, V. 2009. Recent advances in rumen ecology, digestion and feeding strategies of swamp buffaloes. Simpósio de Búfalos das Américas. Europe and America's Buffalo Symposium. Brasil. pp. 27-36
- Wanapat, M, Chanthakhoun, V., Cherthong, A. & Khejornsart, P. 2009. A comparative study of rumen ecology in swamp buffalo and beef cattle. Proc. Annual Anim. Sci. Faculty of Agric. Khon Kaen University, Thailand. p. 115-117

Recibido: 19 de enero de 2010