

Artículo científico

Efecto de diferentes proporciones de *Moringa oleifera*:*Cenchrus purpureus* sobre el consumo voluntario y el balance de nitrógenoEffect of different proportions of *Moringa oleifera*:*Cenchrus purpureus* on voluntary intake and nitrogen balanceDelfín Gutiérrez-González¹, Nelson N. González-González², Arabel Elías-Iglesias¹, Roberto García-López¹ y Osvaldo R. Tuero-Martínez¹¹Instituto de Ciencia Animal Carretera Central km 47 ½, CP 32700, apdo. postal 24. San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba²Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA-Filial Mayabeque), Cuba

E-mail: delfin@ica.co.cu

Resumen

Se utilizaron cuatro machos caprinos de la raza Alpina, de dos años de edad y $37,94 \pm 4,87$ kg de PV, alojados en jaulas individuales de metabolismo durante 60 días y distribuidos en un diseño cuadrado latino (4 x 4), con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes proporciones de *Moringa oleifera*:*Cenchrus purpureus* cv. Cuba OM-22 sobre el consumo voluntario y el balance de nitrógeno. Los tratamientos consistieron en la inclusión de niveles crecientes de moringa (0, 20, 40, 80 %) en sustitución de *C. purpureus* cv. Cuba OM-22 (100, 80, 60, 20 %), y un control al que se le ofreció concentrado (6 g kg PV⁻¹) y forraje del cv. Cuba OM-22 a voluntad. Los resultados del consumo de materia seca relativos a peso vivo (3,5 % PV, $p < 0,0001$), peso metabólico (88,99 g kg PV^{0,75}, $p < 0,0004$) y consumo de proteína (220 g d⁻¹, $p < 0,0001$) beneficiaron la ración 80:20 % *M. oleifera*:*C. purpureus*. Similar comportamiento estadístico mostró el nitrógeno ingerido (35,20 g día⁻¹, $p < 0,0001$), el retenido (19,78 g día⁻¹, $p < 0,0001$) y la digestibilidad aparente del nitrógeno (92,31 %, $p < 0,0001$). Se concluye que la utilización de raciones con inclusión de *M. oleifera*:*C. purpureus* cv. Cuba OM-22 en la alimentación de caprinos mejora el consumo voluntario y la utilización del nitrógeno, aunque el mejor comportamiento se logró con 80 % de *M. oleifera*:20 % de *C. purpureus*; la cual incrementó la digestibilidad y la retención, así como disminuyó las excreciones de nitrógeno al medio.

Palabras clave: caprinos, digestibilidad, retención nitrogenada.

Abstract

Four male goats of the Alpine breed, two years old and $37,94 \pm 4,87$ kg of LW, were used, confined in individual metabolism cages during 60 days and distributed in a Latin square design (4 x 4), in order to evaluate the effect of different proportions of *Moringa oleifera*:*Cenchrus purpureus* cv. Cuba OM-22 on the voluntary intake and nitrogen balance. The treatments consisted in the inclusion of increasing levels of *M. oleifera* (0, 20, 40, 80 %) in substitution of *C. purpureus* cv. Cuba OM-22 (100, 80, 60, 20 %), and a control to which concentrate feed (6 g kg LW⁻¹) and forage from cv. Cuba OM-22 *ad libitum* were offered. The results of dry matter intake relative to live weight (3,5 % LW, $p < 0,0001$), metabolic weight (88,99 g kg LW^{0,75}, $p < 0,0004$) and protein intake (220 g d⁻¹, $p < 0,0001$) benefitted the ration 80:20 % *M. oleifera*:*C. purpureus*. Similar statistical performance was shown by the ingested nitrogen (35,20 g day⁻¹, $p < 0,0001$), retained nitrogen (19,78 g day⁻¹, $p < 0,0001$) and apparent nitrogen digestibility (92,31 %, $p < 0,0001$). It is concluded that the utilization of rations with inclusion of *M. oleifera*:*C. purpureus* cv. Cuba OM-22 in goat feeding improves voluntary intake and nitrogen utilization, although the best performance was achieved with 80 % of *M. oleifera*:20 % of *C. purpureus*; which increased digestibility and retention, and it also decreased the nitrogen excretion to the environment.

Keywords: goats, digestibility, nitrogen retention

Introducción

Las cabras en América Latina y el Caribe son manejadas en pastoreo de gramíneas con insuficiente producción de biomasa para cubrir la demanda de alimentos y nutrientes, fundamentalmente en la época de menor disponibilidad de forrajes, situación que pudiera atenuarse al utilizar árboles y arbustos

forrajeros que logren satisfacer sus requerimientos (Sánchez, 2001).

Entre estas especies arbóreas, *Moringa oleifera* se ha incluido en protocolos de investigación en Cuba orientados a estudiar su composición química y digestibilidad (Rodríguez *et al.*, 2017), la utiliza-

ción de la biomasa en la elaboración de ensilajes mixtos con gramíneas (Gutiérrez *et al.*, 2013), la caracterización de la fermentación ruminal y la mejora en el consumo voluntario (Gutiérrez *et al.*, 2015), así como el desempeño productivo de los rumiantes (García-López *et al.*, 2017).

La utilización de esta forrajera (tanto fresca como procesada) como complemento en las dietas convencionales utilizadas en la alimentación de los rumiantes ofrece una alternativa alimenticia (Quintanilla-Medina *et al.*, 2018).

A pesar de todo lo alcanzado, en la actualidad existe la necesidad de desarrollar estrategias de alimentación ajustadas a los requerimientos de los rumiantes, que ayuden a prevenir la excesiva excreción de nitrógeno fecal y urinario al medio. Con base en lo planteado, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes proporciones de *M. oleifera* y *Cenchrus purpureus* cv. Cuba OM-22, sobre el consumo voluntario y el balance de nitrógeno en la especie caprina.

Materiales y Métodos

Localización. El experimento se desarrolló durante los meses de mayo-junio (2014) en el departamento de Manejo y Alimentación de Rumiantes, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal (ICA); el cual está situado a 22° 53' de latitud norte, 82° 02' de longitud oeste y a 92 msnm, en el municipio San José de las Lajas –provincia Mayabeque, Cuba.

Procedimiento experimental

Se trabajó con las plantas forrajeras *M. oleifera* cv. Supergenius y *C. purpureus* cv. Cuba OM-22, con aproximadamente 50 y 27 días de edad, respectivamente; estas se cultivaron en un suelo Ferralítico Rojo típico, de rápida desecación y perfil uniforme (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015), sin fertilización, ni riego.

Los forrajes se cosecharon de forma manual durante las primeras horas de la mañana (8:00 am), se molieron en un molino mecánico hasta alcanzar un tamaño aproximado de partícula de 3,0-5,0 cm; y después se mezclaron, según la proporción, dentro de la ración.

Se utilizaron cuatro machos caprinos de la raza Alpina, de dos años de edad y $37,94 \pm 4,87$ kg PV⁻¹ ($1,21 \pm 1,48$ kg PV^{0,75}); estos fueron alojados en jaulas individuales de metabolismo durante 60 días y distribuidos en un diseño cuadrado latino (4 x 4), con cuatro periodos experimentales de 15 días cada uno (10 adaptación y cinco de recolección

de datos), lo que se correspondió con 16 unidades experimentales totales. Previamente al inicio del experimento (30 días), se realizó desparasitación a los animales con Labiomec® (dosis de 0,2 mg kg PV⁻¹ ivermectina al 1 %, del grupo empresarial de Laboratorio Farmacéutico, LABIOFAM) y praziquantel (dosis de 10 mg kg PV⁻¹, producido por laboratorios farmacéuticos Bela Farma). De igual modo, se aplicó una dosis única (2 mL) de compuesto vitamínico altamente concentrado AD₃E FORTE (del Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos de Cuba); y al finalizar cada periodo, a intervalos de 48 horas, se hizo doble aplicación (2 mL animal⁻¹) de vitaminas del complejo B (producido por LABIOFAM).

Los tratamientos experimentales consistieron en una ración constituida por cantidades crecientes de *M. oleifera* (20, 40 y 80 %), como remplazo de *C. purpureus* (80, 60, 20 %), y un control con forraje de *C. purpureus* cv. Cuba OM-22 a voluntad y concentrado (6 g kg PV⁻¹) en una sola ocasión (8:30 am). La ración se ofreció a razón del 3,5 % del peso vivo en base seca, cantidad mínima de consumo para cabras en estado de mantenimiento según lo establecido por Morand-Fehr (2005), más 25 % para tratar de disminuir la selectividad y el nivel de rechazo al siguiente día. La totalidad de los animales tuvieron acceso a agua y sales minerales a libre voluntad.

La frecuencia de distribución de la ración fue a partes iguales en dos ocasiones durante el día (10:30 am y 4:30 pm); se realizó remoción del material en el comedero en horas diurnas intermedias entre las ofertas.

El concentrado se ofreció en una sola ocasión (8:30 am). Durante cinco días consecutivos por periodo, mediante el sistema tradicional (oferta-rechazo), se calculó el consumo voluntario; se realizaron pesajes individuales de la ración y de los animales para ajustar el consumo de alimento.

Indicadores químicos. A la totalidad de los alimentos de la ración se le realizó análisis químico proximal, según AOAC (2005); la fibra en detergente neutro (FDN), por el método de Goering y Van Soest (1970); y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, por el método indirecto del KOH. La energía metabolizable del forraje de la gramínea se estimó según Martín (1979), y la de la arborea y del concentrado, según Blaxter (1964). Los análisis (tabla 1) se realizaron en los laboratorios de servicios analíticos del Instituto de Ciencia Animal (LASEICA).

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados en la ración.

Alimento	MS (%)	PB (%)	EM (MJ/kg MS)	FDN (%)	DIVMS (%)
<i>C. purpureus</i>	26,40	4,0	7,91	81,84	52,49
<i>M. oleifera</i>	21,28	19,0	9,79	66,34	64,93
Suplemento caprino	88,10	16,4	10,25	8,50	-

MS: materia seca, PB: proteína bruta, EM: energía metabolizable, FDN: fibra en detergente neutro.

Para estudiar el balance de nitrógeno en los primeros cinco días de muestreo por periodo, se tomaron muestras diarias de la cantidad de alimento ofrecido y rechazado. El total de las heces frescas colectadas de cada animal fueron inmediatamente refrigeradas a 20 °C y almacenadas, para posteriormente integrar cuatro de ellas en una muestra compuesta. En el caso de la recolección de orina, se colocó debajo de la jaula una malla para retener las partículas de heces y alimentos; la orina se guardó en recipientes de plástico con 10 mL de ácido clorhídrico y se congeló a una temperatura de -4 °C, para evitar su volatilización, hasta su posterior análisis. El contenido de nitrógeno total fue analizado por el método micro-Kjeldahl. Se determinaron las variables: nitrógeno fecal heces (Nf), nitrógeno urinario (NU), nitrógeno ingerido (NI), nitrógeno retenido (NR); $NR = (NI - Nf - NU)$ y digestibilidad aparente del nitrógeno (DAN) = $(NI - NF) / NI \times 100$.

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza, después de comprobar que se cumplían los

supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad. En caso necesario, se aplicó la dócima de Duncan para expresar diferencias entre medias. De igual manera, se realizaron correlaciones simples y regresiones lineales y múltiples entre variables, y se plantearon los criterios estadísticos de ajuste de las ecuaciones. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Resultados y Discusión

Consumo voluntario

En la tabla 2 se muestra que el consumo absoluto de materia seca (kg día⁻¹) difirió entre tratamientos ($p = 0,001$); semejante comportamiento estadístico mostró el consumo de materia seca relativo al peso vivo (% PV, g kg PV^{0,75}). El valor más alto se alcanzó con 80 % de inclusión de moringa en la ración, similar al control, aunque este último incluyó suplementación (6 g kg PV⁻¹) con un sustrato energético y nitrogenado de rápida fermentación que

Tabla 2. Valores medios del consumo de nutrientes para caprinos alimentados con diferentes raciones.

Indicador	<i>M. oleifera</i> : <i>C.purpureus</i>				EE ±	<i>p</i>
	0:100	20:80	40:60	80:20		
CMS, kg d ⁻¹	1,30 ^a	1,24 ^a	1,24 ^a	1,37 ^b	0,01	0,0010
CMS, % PV	3,58 ^b	3,26 ^a	3,20 ^a	3,58 ^b	0,06	0,0001
CMS, g kg PV ^{0,75}	87,71 ^b	80,88 ^a	79,65 ^a	88,99 ^b	1,73	0,0004
CPB, g d ⁻¹	75,58 ^a	87,11 ^a	123,59 ^b	219,99 ^c	7,30	0,0001
CEM, MJ d ⁻¹	10,70 ^a	10,25 ^a	10,71 ^a	12,93 ^b	0,50	0,0023
Relación g PB: MJ EM	7,08 ^a	8,50 ^b	11,55 ^c	17,02 ^d	0,02	0,0001
CFDN, g d ⁻¹	0,920	0,970	0,930	0,950	0,05	0,8187
CFDN, % PV	2,54	2,57	2,42	2,49	0,04	0,0649

CMS: consumo de materia seca, CPB: consumo de proteína, CEM: consumo de energía metabolizable, CFDN: consumo de fibra en detergente neutro.

a, b, c, d: letras diferentes en los superíndices en la misma fila indican diferencias significativas para $p < 0,05$.

favorece la actividad enzimática de los microorganismos y la digestión de la dieta (Blas-Beorlegui *et al.*, 1995).

De igual manera, los resultados de la regresión múltiple ($Y_{\text{CMS}} = 0,0076 + 0,1322 \text{ CEMT} - 0,0015 \text{ CPB}$; $R^2 = 99,23$; $R^2_{\text{aj.}} = 98,89$, $\pm \text{EE} = 0,01$, $p = 0,0001$) indicaron que el consumo de materia seca en las raciones experimentales estuvo determinado por incrementos en la ingestión de proteína y energía. Semejante comportamiento estadístico mostró la relación entre el consumo de proteína y energía, la cual creció de forma lineal ($Y_{\text{PB:EM}} = 6,552 + 0,1281 \% \text{ moringa}$; $R^2 = 98,65$, $R^2_{\text{aj.}} = 97,77$, $\pm \text{EE} = 0,44$, $p = 0,001$) con las dosis de moringa en la ración.

De forma general, la respuesta hallada podría atribuirse a que el uso de las plantas arbóreas incrementa la actividad microbiana y estimula la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (Jeovanny, 2008).

Otro elemento de la dieta que pudiera evidenciar la cantidad de energía disponible en el rumen que se utiliza para el crecimiento microbiano es la materia orgánica fermentada (MOF), sustrato utilizado para la proliferación de bacterias, del cual los microorganismos sintetizan como promedio por día 145 g de proteína por kilogramo de MOF (Stern *et al.*, 1994). De manera que, al considerar el consumo de proteína promedio por tratamiento, se puede inferir que las raciones experimentales lograron mayor sustrato verdaderamente fermentable a nivel ruminal ($0,99 \pm 0,45 \text{ kg MOF}^{-1}$) que el control ($0,52 \pm 0,08 \text{ kg MOF}^{-1}$), aunque fue superior ($1,52 \pm 0,37 \text{ kg MOF}^{-1}$) con 80 % de moringa en la ración.

Por otro lado, al considerar que para alcanzar la eficiencia en la síntesis microbiana, según Stern y Hoover (1979), se necesitan como promedio 30 g de N por kilogramo de MOF, solo en los grupos experimentales el valor promedio alcanzó el límite ($29,70 \pm 13,58 \text{ g N kg MOF}^{-1}$), pero superado por 80 % de moringa ($45,52 \pm 10,97 \text{ g N kg MOF}^{-1}$), el cual debió generar mayor cantidad de energía y nitrógeno para favorecer el crecimiento de los microorganismos e incrementar la síntesis de proteína microbiana (Nocek y Russell, 1988), a diferencia del control en que se obtuvo el valor más bajo ($15,64 \pm 2,25 \text{ g N kg MOF}^{-1}$). De igual manera, los resultados de la regresión ($Y \text{ g N kg MOF}^{-1} = 12,602 + 0,3881 \% \text{ moringa}$, $R^2 = 76,66$, $R^2_{\text{aj.}} = 75,84$, $\pm \text{EE} = 6,5$, $p = 0,0001$) entre los gramos de N por kilogramo de MOF y las dosis de moringa en la ración expresaron mejoras en la fermentación ruminal.

Los resultados del consumo de materia seca relativo al peso vivo (% PV) en este estudio fueron superiores a los informados por Gutiérrez *et al.* (2012) con dietas básicamente fibrosas compuestas por heno de *Brachiaria brizantha* y suplementación a razón de 6 g kg PV⁻¹, junto a un activador de la fermentación ruminal para cabras en mantenimiento. Sin embargo, resultaron similares a lo encontrado por Bacallao (2013) en cabras criollas lactantes (3,4 % PV⁻¹), alimentadas con una ración integral fresca compuesta por *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), *C. purpureus*, más gallinaza (8 g kg PV⁻¹) como fuente de NNP.

Con base en la semejanza en el consumo absoluto de materia seca (kg día⁻¹) y en que los valores de consumo de energía promedio ($11,14 \pm 2,28 \text{ MJ kg MS}^{-1}$) superaron los requerimientos mínimos (10 MJ kg MS⁻¹) planteados por el NRC (2001) para cabras en mantenimiento, entonces se pudiera inferir que el consumo de materia seca pudo estar asociado también a regulaciones de tipo metabólico, como resultado del incremento en el consumo de energía (Krehbiel *et al.*, 2006).

Referido al consumo de FDN, la totalidad de los tratamientos superaron el valor medio (1,53 % PV) planteado por Carvalho (2002) para la especie caprina, quien evaluó diferentes niveles de FDN a partir de una dieta básica con heno de Tifton-85 (*Cynodon* sp.).

Balance de nitrógeno

El balance de nitrógeno (tabla 3) mostró diferencias significativas en la ingestión de nitrógeno (NI) y una tendencia al crecimiento conforme se incrementó la moringa en la ración ($R^2 = 76,54$, $R^2_{\text{aj.}} = 75,80$, $\pm \text{EE} = 5,05$, $p = 0,0001$). Estas diferencias pudieron estar influenciadas por variaciones en la degradación de la proteína, unido al consumo de materia seca ($r = 0,58$; $p = 0,0001$) y energía ($r = 0,78$, $p = 0,0001$).

La disponibilidad y sincronización de estos sustratos nitrogenados y energéticos debieron garantizar la adecuada fermentación y actividad de los microorganismos ruminales (Clavero *et al.*, 1997), principalmente cuando los animales consumieron 80 % de moringa en la ración; en esta última el consumo fue de $25,64 \pm 0,05 \text{ g NI kg MS}^{-1}$, y superó los 24 g NI kg MS⁻¹ recomendados por Tamminga y Verstegen (1992) como valor mínimo necesario para garantizar una apropiada digestión ruminal, a diferencia del resto de los tratamientos experimen-

Tabla 3. Consumo y balance de nitrógeno de las raciones.

Indicador	<i>M. oleifera</i> : <i>P. purpureum</i>				EE ±	p
	0:100	20:80	40:60	80:20		
Nitrógeno ingerido, g	12,09 ^a	13,94 ^a	19,77 ^b	35,20 ^c	1,16	0,0001
Nitrógeno excretado, g	7,11 ^a	10,06 ^a	13,88 ^b	15,42 ^b	1,25	0,0001
Nitrógeno fecal, g	2,97	2,31	2,69	2,83	0,37	0,6167
Nitrógeno urinario, g	4,14 ^a	7,75 ^{ab}	11,19 ^{bc}	12,59 ^c	1,31	0,0002
Nitrógeno retenido, g	4,99 ^a	3,88 ^a	5,90 ^a	19,78 ^b	1,88	0,0001
Digestibilidad aparente del nitrógeno, %	74,20 ^a	83,20 ^b	87,27 ^b	92,31 ^c	1,68	0,0001
Nitrógeno ingerido kg MS ⁻¹ , g /kg	9,35 ^a	11,27 ^b	16,01 ^c	25,64 ^d	0,02	0,0001
Nitrógeno excretado total/nitrógeno ingerido, %	58,76 ^{ab}	74,84 ^b	71,31 ^{ab}	46,65 ^a	8,71	0,0142

a, b, c, d: letras diferentes en los superíndices en la misma fila indican diferencias significativas para $p < 0,05$.

tales ($17,64 \pm 6,06$ g NI kg MS⁻¹) y el control ($9,35 \pm 0,20$ g NI kg MS⁻¹) que fueron menores.

Los resultados permiten aseverar que, aun cuando la disponibilidad de energía no debió constituir un factor limitante –como se señaló anteriormente–, las diferencias en el incremento de nitrógeno debieron estar asociadas a la degradación de la proteína. Si esta se incrementara, como debió ocurrir en el tratamiento con el máximo porcentaje de moringa en la ración, se produciría acumulación de N amoniacal a nivel ruminal, absorción y transformación de este en el hígado, y el nitrógeno no se incorporaría a la masa microbiana, lo que conllevaría un aumento en la excreción de nitrógeno urinario (Salgado, 2006).

En el caso de la excreción total de nitrógeno, hubo diferencias ($p = 0,0001$) y valores superiores cuando los animales consumieron las raciones con 40 y 80 % de moringa, respecto al tratamiento con 20 % de la arbórea en la mezcla y el control, que fueron estadísticamente similares. Estas diferencias estuvieron básicamente determinadas por la excreción urinaria, no fecal ($p = 0,6167$), aunque esta última estuvo moderadamente relacionada con el consumo de materia seca ($r = 0,65$).

De igual modo, se observó que la excreción urinaria se relacionó de forma directa ($r = 0,56$) con el porcentaje de moringa en la ración; el 80 % de moringa superó en 8,4 y 4,8 g de N urinario excretado al control y al tratamiento con 20 % de moringa, respectivamente. Este efecto podría corroborarse con el incremento en la digestibilidad aparente del N, que difirió significativamente de la del resto de los tratamientos.

Los resultados en la retención de nitrógeno, a pesar de diferir y de que se alcanzó el valor más alto con 80 % de moringa en la ración, presentó un alto grado de ajuste ($r = 0,64$) conforme aumentó la mo-

ringa en la ración, así como ajuste con el consumo de materia seca ($r = 0,62$) y el consumo de proteína ($r = 0,90$). Tal comportamiento no parece inhibir la utilización del nitrógeno disponible por los microorganismos ruminales cuando se utiliza este forraje arbóreo en la ración (Valdes *et al.*, 2015).

Se concluye que la utilización de raciones con inclusión de *M. oleifera*:*C. purpureus* cv. Cuba OM-22 en la alimentación de caprinos mejora el consumo voluntario y la utilización del nitrógeno; el mejor comportamiento se alcanzó con 80 % *M. oleifera* y 20 % *C. purpureus*, que incrementó la digestibilidad y la retención, y disminuyó las excreciones de nitrógeno al medio.

Referencias bibliográficas

- AOAC. *Official methods of analysis*. Washington, D.C: Association of Official Agricultural Chemists, 2005.
- Bacallao, F. *Utilización de mezclas integrales con la inclusión de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y Pennisetum purpureum cv CT-169, en la alimentación de cabras lecheras*. Tesis presentada en opción al grado de Máster en producción animal para la zona tropical. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2013.
- Blas-Beorlegui, C. de; Rebollar, P. G. & Méndez, J. Utilización de cereales en dietas de vacuno lechero. *Avances en Nutrición y Alimentación Animal. XI Curso de Especialización FEDNA*. Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. p. 48-67, 1995.
- Blaxter, K. L. Utilization of the metabolizable energy of grass. *Proc. Nutr. Soc.* 23 (1):62-71, 1964.
- Carvalho, S. *Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra*. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como

- parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- Clavero, T.; Razz, Rosa; Araujo-Febres, O.; Morales, J. & Rodríguez-Petit, A. Metabolismo del nitrógeno en ovinos suplementados con *Leucaena leucocephala*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (1):226-228, 1997.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, Mónica G.; González, Laura A.; Tablada, M. & Robledo, C. W. *InfoStat versión 2012. Manual del usuario*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, 2012.
- García-López, R.; Gutiérrez, D. & Gutiérrez, O. *Moringa oleifera* (Lam) in ruminant feeding systems in Latin America and the Caribbean region. In: Lourdes L. Savón, Odilia Gutiérrez and G. Febles, eds. *Mulberry, moringa and thitonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean*. San José de las Lajas, Cuba: FAO, EDICA. p. 141-170, 2017.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Agricultural Handbook No. 379. Washington D. C: Agricultural Research Service, USDA, 1970.
- Gutiérrez, D.; Borges, E.; Rodríguez, R.; Rodríguez, Zoraya; Stuart, R. & Sarduy, Lucía. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca en ensilajes mixtos con *Pennisetum purpureum* vs Cuba CT-169 *Moringa oleifera*. *AlA*. 19 (3):7-16, 2015.
- Gutiérrez, D.; Elías, A.; García, R.; Herrera, F.; Jordán, H. & Sarduy, Lucía. Efecto del aditivo microbiano VITAFERT en el consumo de la materia seca y fibra neutro detergente en cabras Saanen alimentadas con heno de *Brachiaria brizantha*. *Rev. cubana Cienc. agric.* 46 (3):267-261, 2012.
- Gutiérrez, Perla; Rocha, L.; Reyes-Sánchez, N.; Paredes, V. & Mendieta-Araica, B. Tasa de degradación ruminal de follaje de *Moringa oleifera* en vacas Reyna usando la técnica *in sacco*. *La Caledonia*. 12 (18):37-44, 2013.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Jeovanny, L. M. *Efecto de la suplementación con Moringa oleifera sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (Panicum maximum Jacq.)*. Tesis presentada en opción Ingeniero Zootecnista. Managua: Universidad Nacional Agraria, 2008.
- Krehbiel, C. R.; Cranston, J. J. & McCurdy, M. P. An upper limit for caloric density of finishing diets. *J. Anim. Sci.* 84 (E):E34-E49, 2006.
- Martín, P. C. Contenido energético de pastos y forrajes tropicales. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1979.
- Morand-Fehr, P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Rum. Res.* 60 (1-2):25-43, 2005.
- Nocek, J. E. & Russell, J. B. Protein and energy as an integral system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 8:2070-2107, 1988.
- NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington D.C: National Research Council, 2001.
- Quintanilla-Medina, J.; Joaquín-Cancino, S.; Martínez-González, J.; Limas-Martínez, A.; López-Aguirre, D.; Estrada-Drouaillet, B. et al. Usos de *Moringa oleifera* Lam. (*Moringaceae*) en la alimentación de rumiantes. *Agroproductividad*. 11 (2):89-93, 2018.
- Rodríguez, R.; Scull, I. & Montejo, L. Nutritional value of *Moringa olifera* (moringa) for animal feeding. In: Lourdes L. Savón, Odilia Gutiérrez and G. Febles, eds. *Mulberry, moringa and thitonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean*. San José de las Lajas, Cuba: FAO, EDICA. p. 125-140, 2017.
- Salgado, V. V. *Metabolismo del nitrógeno y funciones ruminales en vacas cruzadas Bos taurus x Bos indicus en un sistema silvopastoril con Leucaena leucocephala*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Yucatán. México: Universidad Autónoma de Yucatán, 2006.
- Sánchez, M. D. Sistemas de alimentación para pequeños rumiantes en los trópicos. *II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. XI Congreso Nacional de Producción Ovina*. Mérida, México. p. 1-8, 2001.
- Stern, M. D. & Hoover, W. H. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *J. Anim. Sci.* 49 (6):1590-1603, 1979.
- Stern, M. S.; Calsamiglia, S. & Endres, M. I. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. *X Curso de especialización FEDNA*. Minnesota, USA: *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*, Universidad de Minnesota, 1994.
- Tamminga, S. & Verstegen, M. W. A. Implications of nutrition of animals on environmental pollution. In: P. C. Garnsworthy, W. Haresign and D. J. A. Cole, eds. *Recent advances in animal nutrition: 1992*. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann. p. 113-130, 1992.
- Valdes, K. I.; Salem, A. Z. M.; López, S.; Alonso, M. U.; Rivero, N.; Elghandour, M. M. Y. et al. Influence of exogenous enzymes in presence of *Salix babylonica* extract on digestibility, microbial protein synthesis and performance of lambs fed maize silage. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 153 (4):732-742, 2015.

Recibido el 9 de diciembre del 2017

Aceptado el 20 de septiembre del 2018