

EFECTO DE DIFERENTES SALES CÁLCICAS DE ÁCIDOS GRASOS SOBRE PARÁMETROS DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE *Cynodon dactylon*

Jorge Guerrero, Álvaro Ojeda, Julio Landinez y Nelly López

RESUMEN

Para evaluar los efectos de sales cálcicas de ácidos grasos (SCAG) elaboradas con diferentes fuentes de lípidos (grasa amarilla, aceite de maíz, aceite de palma africana, grasa de pollo, sebo de res y aceite de soya) sobre parámetros de la fermentación ruminal *in vitro*, se registró la estabilidad de las SCAG a pH entre 6,5 y 3,5; mientras la producción de gas y la digestibilidad aparente se caracterizaron considerando un heno de *Cynodon dactylon* (control) y niveles de inclusión de SCAG de 0, 5, 7,5 y 9%. Empleando como referencia dos SCAG comerciales (Com 1 y Com 2), la información se ajustó a un diseño aleatorizado con arreglo factorial (pH y nivel de inclusión), y comparaciones por contrastes ortogonales. Independientemente del pH, las SCAG mostraron valores su-

periores de Ca en solución respecto a las dos fuentes comerciales ($8,9 \pm 1,3$ y $3,6 \pm 1,6\%$, respectivamente). La producción acumulada de gas a las 24h y su tasa fraccional no fueron afectadas por el nivel de inclusión de SCAG ($17,8 \pm 0,6 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1} \text{ BS}$ y $1,0 \pm 0,1 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente), y respecto al control, la digestibilidad aparente de la materia seca aumentó ($P < 0,05$) cuando se emplearon SCAG con base en aceite de soya (5 y 9%), aceite de pollo (9%), grasa amarilla (5 y 9%) y Com 1 (9%). En conclusión, estos resultados sugieren que las sales cálcicas de ácidos grasos evaluadas pueden incluirse en la dieta de rumiantes hasta los niveles considerados, sin efectos adversos sobre la fermentación ruminal.

Introducción

La adición de grasas y aceites a la ración de rumiantes es una estrategia para incrementar la densidad energética de la ingesta, con una reducción proporcional en el uso de cereales y sus subproductos, y un potencial efecto positivo sobre parámetros productivos debido al valor funcional de algunos ácidos grasos (Tyagi *et al.*, 2010). Sin embargo, una vez liberados en el rumen los ácidos grasos pueden afectar negativamente la microflora, con el consiguiente impacto sobre los parámetros de la fermentación y la digestión ruminal, particularmente la fracción fibrosa (Sauvant y Bas, 2001), condicionando la respuesta animal y calidad de los productos (Chilliard *et al.*, 2007).

Para superar estas limitaciones se han utilizado ácidos grasos protegidos por medios físicos o químicos, los cuales son materiales inertes en el medio ruminal que permiten incrementar la densidad energética de la ración y el consumo de energía, sin afectar la tasa de fermentación (Jenkins y Palmquist, 1984). En términos industriales, el aceite de palma africana (*Elaeis guineensis* J.) es comúnmente empleado en la elaboración de sales cálcicas de ácidos grasos (SCAG); sin embargo, resulta de interés evaluar otras fuentes de ácidos grasos (grasa amarilla, sebo, mezcla animal-vegetal, extractos de jabón u oleínas, entre otros) disponibles a nivel regional y utilizadas en alimentación de vacunos (Plascencia *et al.*, 2005), las cuales

podrían ser empleadas en la elaboración de lípidos protegidos en forma de sales cálcicas.

El presente estudio tuvo como objetivo investigar la estabilidad de sales cálcicas elaboradas con diferentes fuentes de ácidos grasos a pH dentro de valores fisiológicos, así como su efecto sobre la producción de gas y la digestibilidad ruminal *in vitro* de heno de *Cynodon dactylon*

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, localizado en Maracay, estado Aragua ($10^{\circ}16'20''\text{N}$ y $67^{\circ}36'35''\text{O}$), a 455msnm, con temperatura media anual de

25°C y humedad relativa de 75% (INIA, 2012).

Elaboración de sales cálcicas

Se utilizaron seis fuentes de ácidos grasos disponibles localmente, a saber: aceite de soya, aceite de palma africana, grasa generada en una sala de beneficio de aves (grasa de pollo), grasa de freiduría (grasa amarilla), grasa generada en una sala de beneficio de vacunos (sebo de res) y aceite de maíz. Las SCAG fueron elaboradas siguiendo la metodología propuesta por Pérez (2007), empleando óxido de calcio (CaO) y generando un material sólido que fue molido en criba con diámetro de paso de 1mm y almacenado en envases de vidrio color ámbar hasta su evaluación.

PALABRAS CLAVE / Ácidos Grasos / Calcio / *Cynodon dactylon* / Lípidos / Rumen / Saponificación /

Recibido: 25/08/13. Modificado: 16/04/2014. Aceptado: 21/05/2014.

Jorge Guerrero. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV).

Álvaro Ojeda. Ingeniero Agrónomo, M.Sc. en Producción Animal y Doctor en Ciencias Agrícolas,

UCV, Venezuela. Profesor-Investigador, UCV, Venezuela. Dirección: Laboratorio de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía, UCV. Apartado Postal 4579. Maracay 2101, Venezuela. e-mail: ajojeda99@yahoo.com

Julio Landinez. Ingeniero Agrónomo, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Venezuela. M.Sc. en Producción Animal, UCV, Venezuela. Profesor, UCLA, Venezuela.

Nelly López. Médico Veterinario y M.Sc. en Producción Animal, UCV, Venezuela. Gerente de Nutrición y Formulación, Grupo La Caridad. Alimentos Súper-S, Valencia, Venezuela.

EFFECT OF DIFFERENT CALCIUM SALTS OF FATTY ACIDS ON *IN VITRO* RUMINAL FERMENTATION PARAMETERS OF *Cynodon dactylon*

Jorge Guerrero, Álvaro Ojeda, Julio Landinez and Nelly López

SUMMARY

In order to evaluate the effects of calcium salts of fatty acids (CSFA) manufactured with different lipids sources (yellow fat, corn oil, African palm oil, chicken fat, tallow and soybean oil) on parameters of *in vitro* ruminal fermentation, the CSFA stability to pH between 6.5 and 3.5, gas production and apparent digestibility were evaluated based on *Cynodon dactylon* hay (control) and 0, 5, 7.5 and 9% CSFA inclusion levels. Using as reference two commercial CSFA (Com 1 and Com 2), the data was adjusted to a complete randomized design with factorial arrangement (pH and inclusion level), and comparisons were performed by orthogonal contrasts. Independently of pH,

the CSFA showed higher values of soluble Ca compared to the two commercial sources used (8.9 ± 1.3 and $3.6 \pm 1.6\%$, respectively). The accumulated gas production after 24h and its fractional rate of gas production were not affected by the inclusion level of CSFA ($17.8 \pm 0.6 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ dry base and $1.0 \pm 0.1 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$, respectively), while compared to the control, dry matter digestibility increased ($P < 0.05$) when CSFA based on soybean oil (5 and 9%), chicken fat (9%), yellow fat (5 and 9%) and Com 1 (9%) were used. In conclusion, these results suggest that CSFA can be included in ruminant diets up to the considered levels, without negative effects on ruminal fermentation.

EFEITO DE DIFERENTES SAIS CÁLCICOS DE ÁCIDOS GRAXOS SOBRE PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* DE *Cynodon dactylon*

Jorge Guerrero, Álvaro Ojeda, Julio Landinez e Nelly López

RESUMO

Para avaliar os efeitos de sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG) elaborados com diferentes fontes de lipídios (gordura amarela, óleo de milho, óleo de palma africana, gordura de frango, sebo bovino e óleo de soja) sobre parâmetros da fermentação ruminal *in vitro*, foi registrada a estabilidade dos SCAG com pH entre 6,5 e 3,5; enquanto a produção de gás e a digestibilidade aparente se caracterizaram considerando um feno de *Cynodon dactylon* (controle) e níveis de inclusão de SCAG de 0, 5, 7,5 e 9%. Utilizando como referência dois SCAG comerciais (Com 1 e Com 2), a informação foi ajustada a um desenho aleatório com arranjo fatorial (pH e nível de inclusão), e comparações por contrastes ortogonais. Independente-

mente do pH, os SCAG mostraram valores superiores de Ca em solução em relação às duas fontes comerciais ($8,9 \pm 1,3$ e $3,6 \pm 1,6\%$, respectivamente). A produção acumulada de gás em 24h e sua taxa não foram afetadas pelo nível de inclusão de SCAG ($17,8 \pm 0,6 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ BS e $1,0 \pm 0,1 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente), e em relação ao controle, a digestibilidade aparente da matéria seca aumentou ($P < 0,05$) quando foram utilizados SCAG com base em óleo de soja (5 e 9%), óleo de frango (9%), gordura amarela (5 e 9%) e Com 1 (9%). Em resumo, estes resultados sugerem que os sais cálcicos de ácidos graxos avaliados podem incluir-se na dieta de ruminantes até os níveis considerados, sem efeitos adversos sobre a fermentação ruminal.

Estabilidad de las sales cálcicas

La estabilidad fue valorada empleando una solución de HCl 1N (Sukhija y Palmquist, 1990), donde la tasa de liberación de Ca^{++} se empleó como indicador del nivel de disociación. De este modo se evaluó la estabilidad a pH de 3,5; 4,5; 5,5 y 6,5; valores presentes en el tracto digestivo de rumiantes de interés zootécnico (Dukes y Swenson, 1983). La determinación de Ca libre en la solución se evaluó de acuerdo a COVENIN (2408-86). Para esta evaluación y las subsiguientes, se incluyeron como referencia dos fuentes comerciales de SCAG, identificadas como Com 1 (Energras® de

Nutribásicos de Venezuela C.A., Aragua, Venezuela) y Com 2 (Magnapac® de Norel, S.A., Madrid, España).

Producción de gas y digestibilidad aparente

La producción *in vitro* de gas se midió de acuerdo a la técnica descrita por Mauricio *et al.* (1999), utilizando envases de vidrio color ámbar y 130 cm^3 de capacidad, adicionando a cada uno 0,75g de un heno de la gramínea *Cynodon dactylon* (control), más la inclusión de SCAG a niveles de 5; 7,5 y 9% en base seca. Previo a su empleo, el C. *dactylon* (6,3% proteína cruda; 71,2% fibra detergente neutro (FDN); 0,79% Ca y 0,37% P) fue deshidratado

hasta peso constante en estufa con ventilación forzada a 65°C y molido en criba con diámetro de paso de 1mm.

Luego de colocado el sustrato a incubar, en cada envase se adicionó una solución nutritiva (macro y microminerales), así como 8ml de inóculo ruminal colectado del rumen de tres animales sacrificados en una sala de beneficio comercial ubicada en Maracay, estado Aragua ($10^\circ 14' 21'' \text{N}$ y $67^\circ 38' 4'' \text{O}$). El manejo de los envases se efectuó de acuerdo al protocolo descrito por Theodorou *et al.* (1994), utilizando un transductor de presión (Red Lion®, modelo DP5-1/8 DIN) para registrar la producción de gas a las 3, 6, 9, 12, y 24h. Se incluyeron cuatro repeticiones por tratamiento, además de un

blanco (solución nutritiva + inóculo ruminal) y un patrón de seguimiento suministrado por el laboratorio.

Finalizadas las lecturas se evaluó la digestibilidad aparente *in vitro* de la materia seca y FDN filtrando el contenido de cada envase en crisoles de vidrio con placa de porcelana porosa (poro # 1) previamente pesados, los cuales posteriormente fueron deshidratados a 105°C en estufa con ventilación forzada. El volumen de gas producido (V; ml) se estimó a partir de la transformación de las lecturas de presión (p; psi), de acuerdo a Mauricio *et al.* (1999).

Análisis físicoquímicos

El perfil de ácidos grasos se determinó de acuerdo a

TABLA I
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN FUENTES DE ÁCIDOS GRASOS

Parámetro	Fuentes					
	Aceite de soya	Aceite de palma africana	Grasa de pollo	Grasa amarilla	Sebo de res	Aceite de maíz
Ácidos grasos						
Palmitico	18,9	45,2	26,8	25,3	26,5	11,1
Estearico	5,4	4,7	7,0	5,9	17,5	2,3
Oleico	25,5	41,8	37,5	32,5	36,9	28,2
Linoleico	44,9	8,2	28,7	36,4	19,1	58,5
Acidez (%)	1,1	4,9	4,9	2,6	17,6	0,2
Peróxidos	5,6	3,4	6,9	3,2	1,2	1,6
Índice de Iodo	130,6	52,2	76,1	93,7	65,1	115,7

Peróxidos: meq O₂/kg, Índice de Iodo: cg I absorbido/g.

Bligh y Dyer (1959), empelando un cromatógrafo de gases (Shimadzu modelo GC-14B) acoplado a un integrador (Shimadzu modelo CR4-4 Cromatopac). El equipo funcionó con un detector del tipo ionización a la llama con flujo de aire comprimido e hidrógeno (0,5kgf·cm⁻³), y a una temperatura de 250°C. Los tiempos de retención de los ácidos grasos de las muestras fueron comparados con un estándar interno (RM-6, Matreya Inc.), expresando los resultados como porcentaje de ésteres metílicos.

Las determinaciones de materia seca a 105°C, proteína cruda, P, acidez, índice de peróxidos e índice de iodo se efectuaron de acuerdo a AOAC (2005). La FDN se midió de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991) y el contenido de Ca en las SCAG según lo descrito por Fick *et al.* (1979). La estimación de la energía bruta se realizó con una bomba calorimétrica de tipo isoperibol (Parr, modelo 6400).

Análisis estadístico

La información derivada de la experiencia donde se evaluó la estabilidad de las SCAG fue analizada considerando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 8×4, con ocho tipos de sales cálcicas y cuatro registros de pH. Para el estudio *in vitro* se comparó el control con los diferentes tratamientos por medio de contrastes ortogonales lineales (Kuehl, 2000).

Posteriormente, se prescindió del control para evaluar el resto de la información de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 8×3 (ocho tipos de SCAG y tres niveles de inclusión). En ambos casos fue empleado el procedimiento GLM de SAS (2001) y cuando hubo diferencias significativas (P<0,05) entre medias, se efectuó su comparación mediante la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

Caracterización fisicoquímica

Comparados con parámetros reseñados en la literatura (Briceño y Navas, 2005; De Blas *et al.*, 2010; Rostagno *et al.*, 2011), el perfil de ácidos grasos de las fuentes de lípidos se presentó ampliamente variable (Tabla I). En cuanto a la acidez, sólo el aceite de soya y el sebo de res superaron los valores máximos permitidos para aceites refinados (<0,2%) y no refinados (<10%) (Briceño y Navas, 2005). Los compuestos de oxidación (peróxidos) fueron superiores a lo referido por Nuchi *et al.* (2009) para estas fuentes de ácidos grasos, y en general, el Índice de Iodo se localizó en el rango establecido como referencia para países europeos (Codony *et al.*, 2010). Estas variaciones en composición química y parámetros de calidad de fuentes de lípidos son debidas a factores tales como técnica de muestreo, parámetros tecnológicos durante su

procesamiento (grado de molienda, temperatura y presión, entre otros), y en el caso de las fuentes de origen animal, al perfil de ácidos grasos de las raciones empleadas durante la cría de los animales de origen (Bailey, 1984).

En la Tabla II se aprecia que las SCAG elaboradas en el presente trabajo presentaron un nivel de materia seca de 98,3 ±0,57%, similar al de las sales cálcicas comerciales de referencia (97,7 ±0,83%). Un mayor contenido de Ca en las SCAG elaboradas respecto

das en el presente estudio mostraron mayores valores (P<0,001) de Ca soluble respecto a las fuentes comerciales, tanto en términos absolutos (943,7 ±122,9 y 165,3 ±69,6mg·l⁻¹ respectivamente) como relativos (8,9 ±1,3 y 3,6 ±1,6% respectivamente).

El efecto del pH sobre el nivel relativo de disociación de las SCAG varió con los valores empleados (P=0,001), observándose la mayor reducción del Ca soluble (13,3%) cuando el pH aumentó de 3,5 a 4,5. Para los cambios de 4,5 a 5,5 y 5,5 a 6,5, este parámetro alcanzó niveles de 7,1 y 5,4% respectivamente. En general, los valores de Ca soluble tienden a incrementarse en la medida que aumenta el nivel de acidez, de forma análoga a lo

TABLA II
CONTENIDO DE MATERIA SECA, CALCIO Y ENERGÍA BRUTA DE SALES CÁLCICAS DE ÁCIDOS GRASOS

Fuente	Materia seca (%)	Calcio (% BS)	Energía bruta (kcal·kg ⁻¹ BS)
Aceite de soya	98,3	21,5	7731,0
Aceite de palma africana	98,3	20,6	7463,7
Grasa de pollo	98,1	20,0	7568,2
Grasa amarilla	98,4	21,8	8144,8
Sebo de res	98,4	22,7	7607,2
Aceite de maíz	99,2	21,2	7515,3
Com 1	97,1	9,6	8430,9
Com 2	98,3	8,8	8368,4

Com 1 y Com 2: fuentes comerciales de sales cálcicas de ácidos grasos, BS: base seca.

a las comerciales (21,3 ±0,93 y 9,2 ±0,54% respectivamente) se reflejó en la mayor densidad energética de los productos comerciales (8400 ±44,2 vs 7672 ±249,0kcal·kg⁻¹ BS, respectivamente). Esta diferencia en el contenido de Ca es debida a los factores que regulan la participación relativa de los constituyentes en las sales, donde destacan pH, temperatura y la concentración de iones en los materiales empleados en su elaboración (Beneventi *et al.*, 2001).

Estabilidad de las sales cálcicas

Tal como se muestra en la Tabla III, las SCAG elabora-

que se espera ocurra en el tracto digestivo de especies de interés zootécnico (Codony *et al.*, 2010).

La Figura 1 muestra que entre pH 3,5 y 6,5 la reducción del Ca soluble fue mayor para la sal cálcica de grasa amarilla (31,4%) y menor para la de aceite de pollo (7,3%). Cabe resaltar que si bien las grasas comerciales generaron una menor concentración de Ca soluble, el efecto del pH fue más marcado en ellas en términos relativos, ya que la reducción fue de 62,3 ±5,6% entre pH 3,5 y 6,5.

Sukhija y Palmquist (1990) obtuvieron niveles de disociación de sales cálcicas inferiores al 10% cuando el pH de la so-

TABLA III
ESTABILIDAD DE SALES CÁLCICAS DE ÁCIDOS GRASOS

pH	Fuentes									Probabilidad			
	Aceite de soya	Aceite de palma africana	Grasa de pollo	Grasa amarilla	Sebo de res	Aceite de maíz	Com 1	Com 2	Media	EEM	SCAG	pH	SCAG*pH
Calcio soluble (mg·l ⁻¹)													
3,5	1058,9	909,1	1088,9	1178,8	1019,0	1188,8	245,8	289,7	872,4 A*	36,9	0,001	0,001	0,001
4,5	979,0	859,1	1038,9	1078,9	799,2	969,0	157,8	169,8	756,5 B				
5,5	919,1	859,1	1029,0	869,1	779,2	909,1	117,9	139,9	702,8 C				
6,5	855,1	809,2	1008,9	809,2	769,2	865,1	81,9	119,9	664,8 D				
Media	953,0 b	859,1 c	1041,4 a	984,0 b	841,7 c	983,0 b	150,9 d	179,8 d					
Calcio soluble (%)													
3,5	9,9	9,1	10,9	10,9	9,0	11,2	5,1	6,6	9,1 A	0,41	0,001	0,001	0,001
4,5	9,1	8,6	10,4	9,9	7,1	9,6	3,3	3,9	7,7 B				
5,5	8,6	8,6	10,3	7,9	6,9	8,9	2,5	3,2	7,1 C				
6,5	7,9	8,1	10,1	7,4	6,8	8,2	1,7	2,7	6,6 D				
Media	8,7 bc	8,6 c	10,4 a	9,1 bc	7,4 d	9,3 b	3,2 d	4,1e					

Com 1 y Com 2: fuentes comerciales de sales cálcicas de ácidos grasos (SCAG), EEM: error estándar de la media.

* Medias seguidas por la misma letra en minúscula en una línea y mayúscula en una columna no difieren estadísticamente (Tukey, P>0,05).

lución fue de 5,5, lo cual se redujo a 1% cuando el pH ascendió a 6,5. La tasa y fuerza (pKa) de disociación de sales cálcicas pueden estar influidas por la longitud de cadena de los ácidos grasos, temperatura del proceso de saponificación, presencia de catalizadores, perfil mineral del solvente, nivel y fuente de Ca empleados, entre otros (Beneventi *et al.*, 2001).

Producción *in vitro* de gas y digestibilidad aparente

Tomando en cuenta los registros acumulados de producción de gas del tratamiento control a las 6, 12 y 24h (2,4; 6,5 y 15,7ml·g⁻¹ BS, respectivamente) y su tasa fraccional de producción (0,97ml·h⁻¹), la evaluación de contrastes ortogonales demostró que estas

variables no fueron afectadas por el nivel de inclusión de sales cálcicas.

Cuando se consideró únicamente el efecto de las SCAG elaboradas en este estudio sobre la producción de gas (Tabla IV), se observó un efecto del nivel de inclusión sólo durante las primeras 6h de incubación, siendo superior al nivel de 9% (4,5ml·g⁻¹ BS). Para el resto de los tiempos considerados, la respuesta observada se debió a una interacción entre el tipo de SCAG y su nivel de inclusión (P<0,001). En este sentido, y en lo que respecta a los valores acumulados para las 24h, el aceite de soya mostró el mayor registro, mientras los menores correspondieron al sebo de res y aceite de maíz. El resto de las fuentes de SCAG se presentaron en un intervalo de 20,3 a 15,0ml·g⁻¹ BS, mostrando una tasa fraccional de producción de gas *in vitro* que no fue afectada cuando se compararon las diferentes SCAG (1,1 ±0,06ml·h⁻¹).

Comparada con la digestibilidad aparente *in vitro* de la materia seca del control a las 24h (30,9%), y tal como se presenta en la Tabla V, esta variable se incrementó (P=0,05) cuando se emplearon SCAG con base en aceite de soya (5 y 9%), grasa de pollo (9%), grasa amarilla (5 y 9%) y Com 1 (9%), alcanzando en

promedio un valor de el 35,0 ±0,48%, equivalente a un aumento de 13,3% respecto al control. Tomando en cuenta sólo las SCAG, independientemente del nivel de inclusión y su interacción con la fuente, la mayor (P=0,05) digestibilidad aparente se observó cuando se incluyeron aquellas elaboradas en base a aceite de soya (34,8%), mientras que la menor fue cuando se empleó sebo de res (31,9%), sin diferencias para el resto de las fuentes de lípidos evaluadas (33,3 ±1,1%).

En lo referente a la digestibilidad aparente *in vitro* de la FDN, no se observaron variaciones respecto al control (22,0%) debido a la fuente y nivel de inclusión de las sales cálcicas. Sin embargo al considerar sólo las SCAG, la grasa amarilla y el aceite de palma africana presentaron los mayores valores (25,2 ±0,42%), y el sebo de res el menor registro (20,4%). Tomando en cuenta evaluaciones *in situ* realizadas por Herrera-Camacho *et al.* (2006), estos resultados sugieren la ausencia de impacto sobre las poblaciones de microorganismos ruminales de raciones que incluyan estas SCAG a los niveles evaluados en el presente estudio.

Si bien existen estudios que señalan que el uso de SCAG reduce los efectos depresivos de los lípidos sobre los pará-

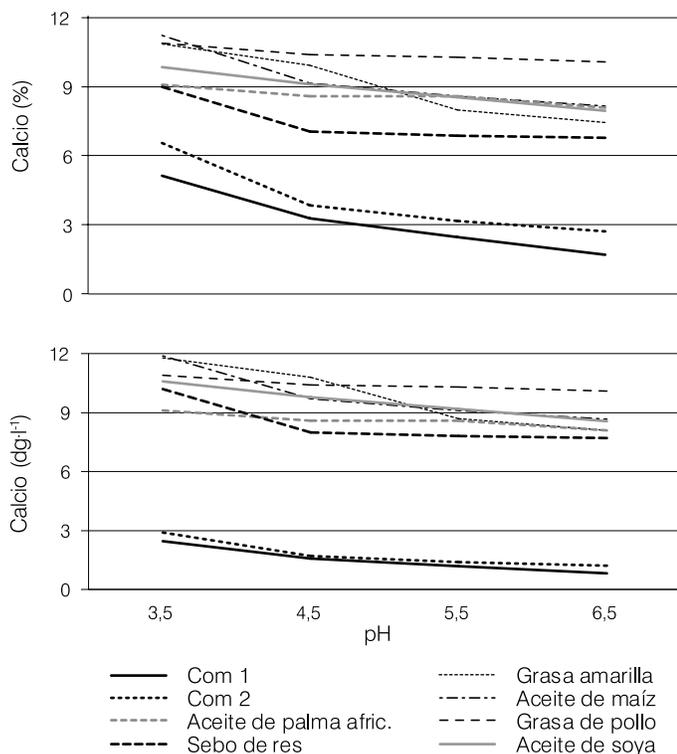


Figura 1. Efecto de la fuente de sales cálcicas y el pH de la solución sobre la estabilidad de las sales cálcicas.

TABLA IV
PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* CON DIFERENTES NIVELES DE SALES CÁLCICAS DE ÁCIDOS GRASOS

Tiempo (h)	Nivel de inclusión (% BS)	Fuentes									Probabilidad			
		Aceite de soja	Aceite de palma africana	Grasa de pollo	Grasa amarilla	Sebo de res	Aceite de maíz	Com 1	Com 2	Media*	EEM	SCAG	Nivel	SCAG*Nivel
Producción acumulada de gas (ml·g ⁻¹ BS)														
6	5,0	5,5	3,0	1,7	4,0	1,9	2,5	2,4	2,6	3,0 B	0,59	0,001	0,001	NS
	7,5	4,9	3,9	2,2	4,2	2,4	1,7	4,8	1,1	3,2 B				
	9,0	6,3	5,6	3,9	4,0	4,6	2,8	5,7	3,5	4,6 A				
	Media	5,6 a	4,2 abc	2,6 c	4,1 abc	3,0 bcd	2,3 c	4,3 ab	2,4 c					
12	5,0	9,8	9,5	6,1	9,6	5,9	6,5	6,4	8,2	7,8	0,62	0,001	NS	0,001
	7,5	10,2	9,0	6,4	10,1	5,9	6,5	8,7	4,9	7,7				
	9,0	12,5	9,7	4,5	8,2	8,5	7,4	10,9	7,1	7,6				
	Media	10,8 a	9,4 ab	5,7 d	9,3 ab	6,8 cd	6,8 cd	8,7 bc	6,7 d					
24	5,0	23,3	21,4	16,3	21,0	11,8	15,1	18,6	18,1	18,2	0,81	0,001	NS	0,001
	7,5	22,2	20,1	16,7	19,9	12,1	13,3	17,4	15,1	17,1				
	9,0	23,3	19,5	12,1	16,9	17,9	14,9	22,3	17,7	18,1				
	Media	22,9 a	20,3 b	15,0 de	19,3 bc	13,9 e	14,4 e	19,4 bc	17,0 cd					
Tasa fraccional de producción de gas (ml·h ⁻¹)														
	5,0	1,11	1,15	1,00	1,08	0,99	0,97	0,97	0,99	1,03	0,22	NS	NS	NS
	7,5	0,94	0,98	1,00	0,94	0,97	0,96	0,97	0,94	0,97				
	9,0	1,03	0,94	0,94	0,98	1,07	1,02	1,09	1,05	1,02				
	Media	1,03	1,02	0,98	1,00	1,01	0,98	1,01	0,99					

Com 1 y Com 2: fuentes comerciales de sales cálcicas de ácidos grasos (SCAG), BS: base seca (105°C), EEM: error estándar de la media. Medias seguidas por la misma letra en minúscula en una línea y mayúscula en una columna no difieren estadísticamente (Tukey; P>0,05).

TABLA V
DIGESTIBILIDAD APARENTE *IN VITRO* CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SALES CÁLCICAS DE ÁCIDOS GRASOS

Nivel de inclusión (% BS)	Fuentes									Probabilidad				
	Aceite de soja	Aceite de palma africana	Grasa de pollo	Grasa amarilla	Sebo de res	Aceite de maíz	Com 1	Com 2	Media	EEM	SCAG	Nivel	SCAG* Nivel	
Materia seca (% BS)														
5,0	35,1†	34,0	32,8	34,8†	32,7	33,3	33,9	32,9	33,7	0,62	0,05	NS	NS	
7,5	33,3	33,6	32,3	32,8	31,9	32,6	32,9	31,4	32,6					
9,0	35,9†	33,6	34,8†	34,7†	31,1	31,8	34,6†	33,1	33,7					
Media	34,8a*	33,7 ab	33,3 ab	34,1ab	31,9b	32,6 ab	33,8 ab	32,5ab						
Fibra detergente neutro (% BS)														
5,0	24,3	26,8	22,8	25,6	20,4	22,0	23,1	23,9	23,6	0,56	0,001	NS	NS	
7,5	22,8	24,2	23,7	24,2	20,9	21,3	21,2	22,6	22,6					
9,0	25,0	23,8	23,5	26,7	19,9	22,1	23,0	23,3	23,4					
Media	24,0ab	24,9a	23,3ab	25,5a	20,4c	21,8bc	22,4bc	23,3ab						

Com 1 y Com 2: fuentes comerciales de sales cálcicas de ácidos grasos (SCAG), BS: base seca (105°C), EEM: error estándar de la media.

† Medias con símbolo en una misma columna difieren del Control (P<0,05) en función a contrastes ortogonales lineales.

* Medias seguidas por la misma letra en una línea no difieren estadísticamente (Tukey; P>0,05).

metros de la fermentación ruminal (Bourrillon-Rojas *et al.*, 1996; Gagliostro y Schroeder, 2007), es preciso considerar que esta condición depende de diversos factores, resaltando la fuente de grasa, nivel de inclusión, grado de insaturación, longitud de la cadena de ácidos grasos y grado de esterificación, entre otros (Getachew *et al.*, 2001; Arenas *et al.*, 2010).

Conclusiones

Las SCAG elaboradas a partir de fuentes de lípidos localmente disponibles mostraron estabilidad a diferentes valores de pH y un efecto sobre la producción de gas *in vitro* asociados a la interacción entre fuente de lípidos y su nivel de inclusión. La ausencia de impacto negativo sobre la digestibilidad

aparente *in vitro* de la materia seca y fibra sugieren que estas sales cálcicas pueden constituir una fuente de energía y ácidos grasos para la alimentación de rumiantes, siendo necesaria su evaluación *in vivo*.

REFERENCIAS

AOAC (2005) *Official Methods of Analysis*. 18ª ed. Association of

Official Agricultural Chemist. Gaithersburg, MD, EEUU.

Arenas AF, Noguera RR, Restrepo LF (2010) Efecto de diferentes tipos de grasa en dietas para rumiantes sobre la cinética de degradación y fermentación de la materia seca *in vitro*. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 23: 55-64.

Bailey A (1984) *Aceites y Grasas Industriales*. Reverté. Barcelona, España. 717 pp.

- Beneventi D, Carré B, Gandini A (2001) Precipitation and solubility of calcium soaps in basic aqueous media. *J. Colloid. Interface Sci.* 237: 142-144.
- Bligh EG, Dyer WJ (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917.
- Bourrillon-Rojas A, Quan A, Araya E (1996) Efecto de niveles crecientes de grasa sobrepasante sobre la degradabilidad ruminal del pasto kikuyo y parámetros de la fermentación ruminal. *Agron. Costarric.* 20: 61-65.
- Briceño J, Navas P (2005) Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31: 109-119.
- Chilliard Y, Glasser F, Ferlay A, Bernard L, Rouel J, Doreau M (2007) Diet, rumen bio-hydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 828-855.
- Codony R, Guardiola F, Bou R, Tres A (2010) Valoración analítica y nutricional de las grasas. En: Gsarcía-Rebollar P, de Blas C, Mateos GG (Eds.). *XXVI Curso Especialización FEDNA: Avances Nutrición y Alimentación Animal*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. www.fundacionfedna.org/publicaciones_2010 (Cons. 27/01/2013).
- COVENIN (2408-86) *Agua. Determinación de dureza total y calcio. Método volumétrico. Determinación de magnesio por cálculo*. Fondonorma. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 13 pp.
- De Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P (2010) *Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para la Fabricación de Piensos Compuestos*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 502 pp. www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos (Cons. 16/01/2013).
- Dukes HH, Swenson JM (1983) *Fisiología de los Animales Domésticos*. 4ª ed, Trad. FJ Castejón. Aguilar. México. 1054 pp.
- Fick K, McDowell L, Miles P, Wilkinson N, Funk J, Conrad J (1979) *Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales*. 2ª ed. Universidad de Florida. Gainesville, EEUU. 57 pp.
- Gagliostro GA, Schroeder GF (2007) Efectos de la suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos insaturados sobre la digestión ruminal en vacas lecheras en pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3: 92-103.
- Getachew G, DePeters EJ, Robinson PH, Taylor SJ (2001) In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn oil and their potassium soaps. *Anim. Feed Sci. Technol.* 93: 1-15.
- Herrera-Camacho J, Quintal-Franco JA, Williams GL, Quijano-Cervera R, Ku-Vera JC (2006) Dry matter, rumen fermentation and microbial nitrogen supply in pelibuey sheep fed low-quality rations and different levels of corn oil. *Interciencia.* 31: 525-529.
- INIA (2012) *Reporte de Estación Climatológica*. Unidad Agroclimática. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela.
- Jenkins TC, Palmquist DL (1984) Effect of fatty acid or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *J. Dairy Sci.* 67: 978-986.
- Kuehl RO (2000) *Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis*. 2ª ed. Duxbury. Londres, RU. 666 pp.
- Mauricio RM, Mould ML, Dhanoa MS, Owen E, Channa KS, Theodorou MK (1999) A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79: 321-330.
- Nuchi C, Guardiola F, Bou R, Bondioli P, Della L, Codony R (2009) Assessment of the levels of degradation in fat co and byproducts for feed uses and their relationships with some lipid composition parameters. *J. Agric. Food Chem.* 57: 1952-1959.
- Pérez EP (2007) Method for producing calcium soaps for animal feed. Norel, S.A. Madrid, España. <http://www.google.com/patents/CA2633017A1?hl=es&cl=en> (Cons. 04/04/2012).
- Plascencia A, Mendoza GD, Vásquez C, Zinn RA (2005) Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: Una revisión. *Interciencia* 30: 134-142.
- Rostagno H, Teixeira L, Lopes J, Gomes P, De Oliveira R, D Lopes, Soares A, De Toledo S, Euclides R (2011) *Tablas Brasileñas Para Aves y Cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 3ª ed. Universidades Federal de Viçosa. Brasil. 259 pp.
- SAS (2001) *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Institute Inc. Ver.8. SAS, Inc. Cary, NC, EEUU.
- Sauvart D, Bas P (2001) La digestion des lipides chez le ruminant. *INRA Prod. Anim.* 14: 303-310.
- Sukhija PS, Palmquist DL (1990) Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *J. Dairy Sci.* 73: 1784-1787.
- Theodorou MK, Williams B, Dhanoa MS, McAllan A, 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.
- Tyagi N, Thakur SS, Shelke SK (2010) Effect of bypass fat supplementation on productive and reproductive performance in crossbred cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 42: 1749-1755.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.