



Efecto de diferentes tipos de grasa en dietas para rumiantes sobre la cinética de degradación y fermentación de la materia seca *in vitro*[†]

Effect of different types of fat on the degradation and fermentation kinetics of the dry matter in vitro in ruminants diet

Efeito de diferentes tipos de gordura em rações para ruminantes sob a cinética de degradação e fermentação da matéria seca in vitro

Fredy A Arenas, Zoot^{1,3}; Ricardo R Noguera^{1,2*}, Zoot, Esp, MS, PhD; Luis F Restrepo^{1,2}, Est, Esp.

¹Grupo de Investigación en Ciencias Animales, GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia. AA 1226, Medellín, Antioquia (Colombia)

²Docente Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia AA 1226, Medellín, Antioquia (Colombia)

³Candidato Maestría Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia. AA 1226, Medellín, Antioquia (Colombia)

(Recibido: 5 agosto, 2009; aceptado: 2 febrero, 2010)

Resumen

El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de grasas saturadas e insaturadas y el grado de protección (protegidas y sin protección) sobre la cinética y la extensión de la degradación in vitro de la materia seca (MS) en dietas para rumiantes. Cuatro dietas fueron formuladas para ser isocalóricas (3200 Kcal ED/Kg MS) e isoproteicas (13% PC), en una ración totalmente mezclada (RTM), siguiendo los requerimientos nutricionales de ovinos en etapa de finalización, Cuatro tipos de grasas fueron formuladas al 8% de la MS y fueron testadas: 1) Grasa saturada sin protección (GSSP), 2) Grasa saturada protegida (GSP), 3) Grasa insaturada sin protección (GISP) y 4) Grasa insaturada protegida (GIP). Para estimar la cinética y la extensión de degradación de la MS y la cinética de producción de gas, las dietas fueron evaluadas mediante la técnica in vitro de producción de gas siguiendo los modelos propuestos por Orscov y McDonald (1979) y France et al (1993), para ello fue utilizado el procedimiento PROC NLIN de SAS (2001), fue usado un análisis de medidas repetidas para determinar el efecto de los tratamientos sobre la producción de gas y la degradación de la MS en el tiempo con ayuda de procedimiento PROC MIXED de SAS (2001) En este experimento pudo verificarse que la utilización de grasas insaturadas protegidas no

† Para citar este artículo: Arenas FA, Noguera R, Restrepo LF. 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 Pecu 2010; 23:55-64

* Autor para correspondencia: Ricardo R Noguera. Escuela de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Cra 75 No 65-87. Medellín, Colombia. Correo electrónico: ricardonoguera@agronica.udea.edu.co.

afectó la degradación de la MS con respecto a las no protegidas. En el caso de las grasas saturadas, no se evidenció un claro efecto de la protección sobre la degradación y la cinética de fermentación.

Palabras clave: *degradabilidad, in vitro, producción de gas, rumiantes.*

Summary

The objective of the experiment was to evaluate the effect of saturated and unsaturated fats and the protection degree (protected and without protection) on the in vitro degradation kinetics of the dry matter (DM) in diets for ruminants. Four diets were formulated to be isocaloric (3200 Kcal DE/ Kg DM) and isoproteic (13%CP), in total mixed ration (TMR), according to the nutritional requirements of sheep in finished. Four types of fats were formulated with 8% fat (DM basis) and evaluated: 1) saturated fat without protection (GSSP), 2) saturated fat protection (GSP), 3) unsaturated fat without protection (GISP) and 4) protected unsaturated fat (GIP). To estimate the kinetics and the extent of DM degradation and kinetics of gas production, the diets were evaluated using the in vitro gas production technique based on the models proposed by Orscov and McDonald (1979) and France et al. (1993) using the SAS procedure PROC NLIN (2001), repeated measures analysis were used to determine the effect of treatment on gas production and degradation of DM in time using the SAS procedure PROC MIXED (2001). In this experiment the use of protected unsaturated fat didn't affect DM degradation according to those unprotected. There was no clear effect of saturated fats on the degradation and fermentation kinetics.

Key words: *degradability, gas production, in vitro, ruminant.*

Resumo

O objetivo do experimento foi avaliar o efeito das gorduras saturadas e insaturadas e seu grau de proteção (protegidas e sem proteção) sob a cinética e a extensão da degradação in vitro da matéria seca (MS) em dietas para ruminantes. Quatro dietas foram formuladas para conter o mesmo nível de energia (3200 Kcal ED /Kg MS) e proteína (13% PC) a ração total misturada (RTM), de acordo com as necessidades nutricionais de ovelhas em fase de finalização, quatro tipos de gorduras foram feitas com 8% de MS e foram testados tipos de gorduras foram testados: 1) gordura saturada sem proteção (GSSP), 2) gordura saturada protegida (GSP), 3) gordura insaturada sem proteção (GISP) e 4) gordura insaturada protegida (GIP). Para estimar a cinética e a extensão da degradação da MS e cinética da produção de gás, as rações foram avaliadas mediante a técnica in vitro de produção de gás, seguindo os modelos propostos por Orskov e McDonald (1979) y France et al (1993), para isto foi empregado o procedimento PROC NLIN de SAS (2001). Ao mesmo tempo, foi realizado um análise de medidas repetidas no tempo para verificar o efeito dos tratamentos sobre a produção de gás e a degradação da MS no tempo com ajuda do procedimento PROC MIXED do SAS (2001.) Neste experimento verificou-se que a utilização de gorduras insaturadas protegidas não afetou a degradação de MS quando comparadas com as não protegidas. No caso das gorduras saturadas, não houve um claro efeito da proteção sob a degradação e a cinética de fermentação da MS.

Palavras chave: *degradabilidade, in vitro, produção de gás, ruminantes.*

Introducción

Los sistemas de producción ganadera en Colombia se manejan generalmente en sistemas basados en el pastoreo; estos sistemas están sujetos al cambio constante de la calidad y cantidad de pasto provocado por las variaciones climáticas tropicales.

La alimentación de los bovinos basada en pastoreo, tiene gran variación de sus nutrientes, debido a la variación de la calidad del pasto,

esto sugiere limitantes en el consumo de energía, provocando pérdidas de peso, baja en la condición corporal y menor producción de leche y carne.

Las vacas productoras de leche en sistemas especializados bajo pastoreo necesitan energía suplementaria que pueda sostener las altas producciones de leche como compensación a bajos consumos de energía provenientes de los pastos. Es común el uso de suplementos basados en cereal con

altos contenidos de almidones que proveen energía fermentable de alta disponibilidad y potencializan la síntesis de proteína microbiana ruminal, sin embargo, el suministro de gran cantidad de cereal puede llegar a bajar el pH ruminal y reducir la digestibilidad ruminal de la fibra, bajar relación acético/propiónico, incrementar acidosis ruminal y reducir la cantidad de grasa en leche (Bargo *et al.*, 2002).

La inclusión de grasa en la dieta para aumentar la densidad energética es una alternativa para suplir esta demanda, sin embargo los altos niveles de grasa en la dieta (> 6% de grasa como porcentaje de la MS) tienen efectos negativos sobre la digestibilidad de la fibra en el rumen, los cuales están asociados con la inhibición de la actividad microbiana, particularmente de los microorganismos celulolíticos y metanogénicos (Jhonson y McClure, 1973; Devendra y Lewis, 1974) por acción directa de los ácidos grasos en la membrana celular de los microorganismos o por efectos indirectos de una reducción de la disponibilidad de Ca²⁺ y Mg²⁺ (Davison y Woods, 1963; Palmquist, 1984)

Esta reducción de digestibilidad puede ser inhibida mediante la adición de minerales a través de la reacción de cationes divalentes con ácidos grasos libres con la formación de jabones cálcicos (Palmquist, 1984)

El uso de sustancias lipídicas saponificadas a sales de calcio o mejor conocidas como grasas protegidas (de la fermentación ruminal) surge como

una alternativa para la suplementación de bovinos de alto nivel productivo, que entran con facilidad en un balance energético negativo.

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto del tipo de grasa (saturadas e insaturadas) y el grado de protección (con y sin protección) sobre la cinética y la extensión de la degradación de la materia seca en dietas para rumiantes.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en la Sede de Investigación Universitaria (SIU) de la Universidad de Antioquia (UdeA) y en laboratorio Integrado de Nutrición Animal, Bioquímica y de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U de A.

Sustratos

Para el experimento se formularon 4 dietas isocalóricas (3200 Kcal ED /Kg de MS) e isoproteicas (13% PC), en una ración total mezclada (RTM), siguiendo las recomendaciones del NRC (2007) para ovinos. Las dietas se formularon para animales en la etapa de finalización, con 40 kg de peso vivo y 300 g de ganancia diaria de peso.

En la tabla 1 se describen los porcentajes de proteína, la densidad energética y las dietas experimentales de este trabajo

Tabla 1. Composición porcentual de ingredientes usados en los tratamientos experimentales.

Ingredientes	Proteína (%)	ED (Kcal/Kg)	Dietas (tratamientos)			
			Porcentaje de la ración			
			GSP	GSSP	GIP	GISP
Maiz	9	3536	23.68	29.93	40.44	23.68
Harina de trigo	13	3506	10.57	8.62	5.89	10.57
Harina soja	44	3414	8.09	8.93	10.28	8.09
Mogolla	15	2927	11.82	8.99	4.50	11.82
Pasto estrella	11	2010	37.84	35.53	30.89	37.84
GSP ¹	0	7616	8.00	-	-	-
GSSP ²	0	6966	-	8.00	-	-
GIP ³	0	5750	-	-	8.00	-
GISP ⁴	0	7616	-	-	-	8.00
			100	100	100	100

¹GSP = Grasa saturada protegida, ²GSSP = Grasa saturada sin protección, ³GIP = Grasa insaturada protegida, ⁴GISP = Grasa insaturada sin protección.

Para la Formulación se utilizaron 4 tipos de grasa a un nivel de inclusión del 8% de la MS y corresponden a productos comerciales utilizados en la alimentación animal.

En la tabla 2 se muestra el perfil de ácidos grasos de las grasas utilizadas en los tratamientos experimentales.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos.

Acidos graso		Perfilación ácidos grasos			
		Porcentaje grasa verdadera			
		GSP	GSSP	GIP	GISP
Marístico	C:14:0	-	1.6	1.24	1
Palmítico	C:16:0	24.8	23.4	30.8	42.5
Palmitoleico	C:16:1	3.2	3.1	-	-
Estearico	C:18:0	21.3	13.3	4.85	4.8
Oleico	C:18:1	38.3	42.4	32.58	40.1
Linoleico	C:18:2	2	10.5	22.1	9.7
Linolenico	C:18:3	-	1	1.25	-

¹Sebo, ²Manteca, ^{3,4}Aceite de palma

Para la preparación de los sustratos, las materias primas fueron molidas utilizando un molino estacionario Thomas-Wiley modelo 4 (Arthur H. Thomas Company, Philadelphia) con criba de 1 mm. Las materias primas se mezclaron manualmente en las proporciones encontradas en la formulación.

En la formulación de las dietas fue utilizado pasto estrella (*Cynodon nlmfuensis*), de 40 días de rebrote.

Preparación solución tampón (saliva artificial)

La solución tampón se preparó un día antes del inicio del experimento, de acuerdo con las recomendaciones de McDougall (1948): 9.8 g/l de NaHCO₃, 7 g/l de Na₂HPO₄·7H₂O, 0.57 g/l de KCl, 0.47 g/l NaCl, 0.12 g/l de MgSO₄·7H₂O, 0.04 g/l de CaCl₂. Estos reactivos fueron disueltos totalmente en agua destilada, la solución fue saturada con CO₂ y mantenida en estufa a 39 °C.

Preparación de frascos para incubación

La incubación se realizó en frascos de vidrio con capacidad de 100 ml, los cuales fueron lavados con abundante agua y secados en estufa a 110 °C por 12 horas. 0.5 g de muestra fueron pesados en cada frasco un día antes del inicio del experimento.

Inóculo e incubación

El líquido ruminal fue obtenido de tres vacas Holstein con fístula ruminal permanente, en condiciones de pastoreo consumiendo pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), los animales pertenecían al Centro de producción Paysandú, de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín).

La recolección de líquido ruminal se realizó a las 06:00 horas y fue extraído manualmente de varias partes del rumen y filtrado en paños de algodón, almacenado en tres contenedores térmicos, y transportados a la Sede de Investigación Universitaria (SIU).

El líquido ruminal de cada animal fue nuevamente filtrado y transferido a tres erlenmeyer, saturados con CO₂ y mantenidos en estufa a 39 °C.

Los frascos fueron inoculados con 5 ml de líquido ruminal en una proporción de 1:9 en relación al volumen de medio de cultivo utilizado (45 ml) (Theodorou *et al.*, 1994; Mauricio *et al.*, 1999) usando jeringas graduadas.

Se utilizó una serie de frascos como blancos que contenían medio de cultivo e inóculo pero sin sustrato, con el propósito de corregir la

presión generada por el gaseado con CO₂ y la presión producida por la fermentación de los microorganismos ruminales presentes en el líquido (Theodorou *et al.*, 1994; López *et al.*, 1998).

Los frascos con medio de cultivo, muestra e inóculo fueron saturados con CO₂ y sellados con tapón de caucho (14mm), dispuestos en cajas de icopor con espesor 1.5 cm e incubados en estufa de ventilación forzada a 39 °C.

Lectura de producción de gases

La presión generada por los gases de fermentación se midió a través de un transductor digital de presión (OMEGA Modelo PX 605-030GI). Para tal efecto, una aguja fue acoplada al transductor e introducida a través de la tapa de caucho de los frascos. La presión fue medida en libras por pulgada cuadrada (PSI).

Las lecturas de presión de gas se realizaron a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 48, 72, 96 horas, después de cada lectura los frascos fueron agitados manualmente y devueltos a la estufa de incubación.

Para transformar los datos de presión en volumen fue utilizada la ecuación $Y = -0.1375 + 5.1385X + 0.0777X^2$ donde Y representa el volumen de gas producido por cada unidad de presión (X) (Posada y Noguera, 2006).

Degradación in vitro de la MS

Para determinar la degradación de la MS fueron retirados frascos del proceso de incubación a las 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Estos frascos fueron refrigerados a 4 °C, para detener el proceso de

degradación. El contenido de cada frasco se filtró a través de papel filtro de peso conocido utilizando una bomba de vacío. La MS degradada fue determinada por el secado del material filtrado a 65 °C por 48 horas hasta obtener peso constante.

Análisis estadístico

Para estimar los parámetros de la cinética de fermentación y degradación, las curvas de producción de gases y de degradación de la MS fueron ajustadas a los modelos propuestos por Orskov y McDonald (1979) y France *et al.*, (1993), respectivamente. Para ello fue utilizado el procedimiento PROC NLIN de SAS (2001).

Para determinar el efecto de los tratamientos en la degradación de la MS a través del tiempo fue realizado un análisis de medidas repetidas con ayuda del procedimiento PROC MIXED de SAS (2001).

Resultados

Parámetros de producción de gas

En la Tabla 3 se muestran los parámetros de la cinética de producción de gas para los cuatro tratamientos estimados por el modelo propuesto por France *et al.* (1993).

Los mayores volúmenes acumulados de gas (VF) fueron obtenidos en los tratamientos GIP y GSSP con 663.53 ml y 621.20 ml, respectivamente ($p > 0.05$). Estos valores se mostraron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de los encontrados para los tratamientos GSP y GISP cuyos volúmenes fueron de 497.87 y 514.37 ml, respectivamente.

Tabla 3. Efecto del tipo de grasa sobre los parámetros de producción de gas

Parámetros	Tratamientos				Probabilidad
	GSP	GSSP	GIP	GISP	
VF	497.87 ^b	621.2 ^a	663.53 ^a	514.34 ^b	0.0001
L	1.88 ^b	2.41 ^a	2.71 ^a	2.41 ^a	0.0024
C	0.085 ^{bc}	0.01 ^{ab}	0.07 ^c	0.1 ^a	0.0023

VF = volumen acumulado de gas(ml) correspondiente a la completa digestión del sustrato (asintota), L = tiempo de colonización(h); C = tasa constante de producción de gas del material potencialmente degradable (% h⁻¹); Letras distintas en una fila indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.01$)

El tiempo de colonización definido como el intervalo de tiempo necesario para la hidratación y colonización de las bacterias al sustrato como requisito para dar inicio a la degradación, fue menor en el tratamiento GSP con 1.88 horas. Este tratamiento fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) de los tratamientos GSSP (2.41 horas), GIP (2.71 horas) y GISP (2.41 horas).

Las tasas de producción de gas variaron entre 0.01 y 0.1h⁻¹ correspondientes a los tratamientos GSSP y GISP, respectivamente ($p > 0.05$). Iguales tasas de producción gas ($p > 0.05$) fueron

encontradas para los tratamientos GIP y GSP con valores de 0.07 y 0.08 h⁻¹.

En la tabla 4 es presentada la producción acumulativa de gas expresada en ml/g de MS incubada en todos los horarios de lectura para los cuatro tratamientos en estudio.

Cuando son comparados los valores de producción de gas entre los tratamientos GSP, GSSP, GIP y GISP se observa que en las primeras lecturas (0, 2, 4, 6, 8 horas) no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) en el volumen de gas acumulado en el tiempo.

Tabla 4. Comparación de la producción acumulativa de gas (ml/g de MS incubada) para los cuatro tipos de grasa.

Horarios	Tratamientos			
	GSP (T1)	GSSP (T2)	GIP (T3)	GISP (T4)
0	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
2	2.28 ^a	4.33 ^a	3.56 ^a	2.90 ^a
4	36.23 ^a	44.22 ^a	40.42 ^a	36.69 ^a
6	87.98 ^a	107.65 ^a	96.74 ^a	90.35 ^a
8	150.76 ^a	180.74 ^a	160.12 ^a	153.88 ^a
10	206.33 ^{ab}	243.35 ^{ab}	217.23 ^a	210.57 ^b
12	251.73 ^{ab}	297.88 ^{ab}	269.53 ^a	260.12 ^b
15	300.72 ^b	366.76 ^{ab}	335.34 ^a	318.49 ^b
18	343.27 ^b	442.00 ^a	410.89 ^a	375.49 ^b
24	380.02 ^c	504.91 ^a	486.10 ^b	418.88 ^c
30	408.34 ^c	543.02 ^a	538.09 ^b	446.99 ^c
36	427.26 ^c	565.66 ^b	567.54 ^a	465.88 ^c
48	456.42 ^c	590.93 ^b	598.46 ^a	490.63 ^c
72	499.92 ^b	617.65 ^a	625.82 ^a	518.13 ^b
96	531.11 ^b	636.85 ^a	641.56 ^a	530.76 ^b

GSP = Grasa saturada protegida, GSSP = Grasa saturada sin protección, GIP = Grasa insaturada protegida, GISP = Grasa insaturada sin protección.

Letras distintas en una misma fila indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Comparando los tratamientos GIP y el GISP desde el horario 12 hasta el horario 96, los valores acumulados de producción de gas muestran diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), corroborando que el uso de grasa insaturadas sin protección afecta de forma negativa la degradación de la MS.

En los horarios de incubación 72 y 96 horas puede observarse que los mayores volúmenes de gas se presentaron en los tratamientos GIP y GSSP, mostrándose estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de los tratamientos GSP y GISP.

La técnica *in vitro* de producción de gases permite establecer una relación lineal positiva entre la degradación de la MS y la producción de gas durante el proceso fermentativo. Esta relación indica que a mayor degradación del sustrato mayor volumen de gas es producido, sin embargo, si existe mayor producción de gas no necesariamente significa una mayor eficiencia por parte de los microorganismos en la utilización del sustrato, de tal forma que dos sustratos con igual degradación de la MS pueden producir

diferentes volúmenes de gas (Posada y Noguera, 2005). Por esta razón, es necesario calcular un parámetro llamado factor de partición (FP), que simplemente es la relación existente entre sustrato degradado expresado en mg y la producción de gas expresada en ml

En la tabla 5, se describen los valores del factor de partición (FP) para los tratamientos en estudio. Puede verificarse en esta tabla que los valores del FP disminuyen con el tiempo de incubación en cada tratamiento, esto indica que hubo actividad microbiana constante durante el proceso fermentativo.

Tabla 5. Factor de Partición que relaciona la cantidad de sustrato degradado (mg) y el volumen de gas producido (ml) durante el proceso de incubación.

Horarios	Tratamientos			
	GSP	GSSP	GIP	GISP
6	4.58 ^a	3.3 ^b	3.93 ^{ab}	3.91 ^{ab}
12	1.78 ^{ab}	1.66 ^b	2.29 ^a	1.88 ^{ab}
24	1.32 ^a	1.1 ^a	1.37 ^a	1.29 ^a
48	1.21 ^{ab}	1.1 ^b	1.22 ^{ab}	1.26 ^a
72	1.24 ^a	1.05 ^b	1.2 ^a	1.26 ^a
96	1.17 ^{ab}	1.08 ^b	1.21 ^{ab}	1.27 ^a

GSP = Grasa saturada protegida, GSSP = Grasa saturada sin protección, GIP = Grasa insaturada protegida, GISP = Grasa insaturada sin protección. Letras distintas en una misma fila indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

En los primeros horarios de degradación (6, 12 y 24 horas) se observa que los valores del FP independientemente del tipo de grasas son mayores para las grasas protegidas. Esto indica que las dietas con grasas protegidas tienen mayor degradación de la MS como consecuencia de una mayor actividad microbiana sobre los sustratos. Esta situación evidencia claramente el efecto positivo de la saponificación como método para controlar los efectos negativos físicos y químicos de las grasas sobre el ambiente ruminal.

El mayor FP a las 96 horas de incubación fue observado en el tratamiento GISP con 1.27 mg/ml

de gas, mostrándose estadísticamente diferente del tratamiento GSSP con 1.08 mg/ml de gas ($p < 0.01$). En este mismo horario, no fueron encontradas diferencias estadísticas entre los tratamientos GSP, GSSP y GIP ($p > 0.01$).

En las Tablas 6 y 7 se presenta el efecto de cuatro tipos de grasa sobre los parámetros de degradación *in vitro* de la MS de acuerdo al modelo descrito por Orskov y McDonald (1979) y los valores de degradación de la MS observados en diferentes horarios de incubación, respectivamente.

Tabla 6. Efecto de cuatro tipos de grasa sobre parámetros de degradación *in vitro* de la MS.

Parámetros	Tratamientos				P value
	GSP	GSSP	GIP	GISP	
A	36.93 ^a	22.62 ^b	15.42 ^b	24.88 ^b	0.001
B	30.95 ^b	44.15 ^b	62.82 ^a	41.37 ^b	0.0004
C	0.03 ^b	0.064 ^a	0.07 ^a	0.056 ^{ab}	0.0162
Fracción potencialmente degradable (A+B)	67.88 ^b	66.77 ^b	78.24 ^a	66.25 ^b	0.017
Fracción Indigestible	32.12 ^a	33.23 ^a	21.76 ^b	33.75 ^a	0.017

A = Fracción altamente degradable (%), B = Fracción degradada por acción de los microorganismos (%) o de lenta degradación, C : Tasa de degradación (% h⁻¹), (A+B)=Fracción potencialmente degradable. Letras distintas en una fila indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

En la tabla 6, la fracción altamente degradable (A) fue mayor en el tratamiento GSP presentando diferencia estadística ($p < 0.05$) con respecto a los otros tratamientos. Sin embargo, no fueron verificadas diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos GSSP, GIP y GISP. La fracción degradable por microorganismos (B), para el tratamiento GIP muestra diferencia estadística ($p < 0.05$) con respecto a los tratamientos GSP, GSSP, GISP.

Comparando las tasas de degradación (C), no hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos GSSP, GIP, GISP. La menor tasa de degradación fue encontrada en el tratamiento GSP con 0.03 h^{-1} , mostrándose estadísticamente diferente de las tasas de degradación de los demás tratamientos en estudio.

Al comparar la fracción potencialmente degradable (A+B) entre tratamientos, el mayor valor

lo presentó el tratamiento GIP con 78.24% ($p < 0.01$), seguido por los tratamientos GSP (67.88%), GSSP (66.77%) y GISP (66.25%), respectivamente. La mayor degradación observada en el tratamiento GIP puede ser atribuida a que la protección de esta grasa (saponificación) fue efectiva y no tuvo efectos inhibitorios sobre la acción de los microorganismos.

Los parámetros de degradación presentados en la tabla 6 concuerdan plenamente con los valores de degradación *in vitro* de la MS presentados en la tabla 7. La mayor extensión de la degradación de la MS fue observada en el tratamiento GIP con 75.42% después de 96 horas de incubación. En tanto que para los restantes tratamientos los valores de degradación fluctuaron entre 61.96% y 68.59%. Tanto para las grasas saturadas como insaturadas no pudo verificarse un efecto positivo de la saponificación sobre la degradación de la MS, una vez que los valores de degradación a las 96 horas fueron estadísticamente iguales ($p > 0.01$).

Tabla 7. Efecto de cuatro tipos de grasa sobre la degradación *in vitro* de la MS en diferentes horarios

Horario	Tratamientos			
	GSP	GSSP	GIP	GISP
6	40.25 ^a	35.50 ^a	35.33 ^b	35.06 ^{ab}
12	44.47 ^b	49.37 ^{ab}	51.82 ^a	48.57 ^{ab}
24	49.98 ^a	55.43 ^a	59.87 ^a	53.95 ^a
48	55.18 ^c	64.71 ^{ab}	70.95 ^a	61.91 ^{bc}
72	61.92 ^b	64.91 ^a	74.15 ^a	65.29 ^a
96	61.95 ^b	68.59 ^{ab}	75.42 ^a	61.44 ^{ab}

Letras distintas en una fila indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Discusión

El uso de grasas insaturadas en dietas para rumiantes tienen un efecto inhibitorio para la acción microbiana ruminal, y perjudican la digestión de nutrientes en el rumen, en especial la fracción fibrosa (Wu *et al.*, 1991; Jenkins, 1993; Palmquist, 1996). Por otra parte, las grasas insaturadas inhiben en mayor grado la digestibilidad de la fibra que las grasas saturadas (Harfoot y Hazlewood, 1988; Eastridge y Firkins, 1991; Bauwman *et al.*, 2000)

La saponificación permite controlar los efectos adversos de los lípidos sobre el crecimiento

microbiano y la degradación de la fracción fibrosa del alimento (Gagliostro y Chillard, 1992).

De acuerdo con los resultados obtenidos de la producción de gas para las grasas insaturadas con y sin protección pudo verificarse que la saponificación tuvo efecto positivo sobre la producción de gas.

En este experimento pudo confirmarse que la grasa insaturada protegida no afectó el ambiente fermentación, reflejo de esta situación es el volumen de gas producido y la degradación de la MS (Tabla 5) del tratamiento GIP cuando fue comparado con el tratamiento GISP.

Estos resultados concuerdan con datos reportados por Gagliostro y Schroeder (1992), quienes trabajando con vacas en pastoreo suplementadas con grasas insaturadas protegidas en el orden de 800 gr/animal/día, concluyeron, que el uso de grasas protegidas en rumiantes no afecta el ambiente ruminal, ni la degradación del forraje.

Resultados semejantes son descritos por Schauff y Clark (1992), quienes evaluando diferentes niveles de inclusión (3, 6 y 9% de la MS) de jabones cálcicos en dietas para vacas lactantes, reportaron que la digestibilidad de la MS, el consumo de energía y la fermentación ruminal no fueron alteradas por la inclusión de sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga, inclusive con niveles de inclusión de hasta el 9% de la MS.

Al comparar en este experimento las grasas saturadas no pudo establecerse un claro efecto de la saponificación sobre la producción de gas, una vez que el tratamiento con GSSP produjo un mayor volumen de gas que el tratamiento GSP ($p < 0.01$).

Los FP estimados para los tratamientos en estudio (tabla 5), permiten evidenciar que las dietas que contenían grasas protegidas, tuvieron una mayor degradación de la MS como consecuencia de una mayor actividad microbiana, por tanto estos tratamientos no afectaron en mayor medida la degradación *in vitro* de la MS.

Con respecto a la degradación de la MS, a pesar que desde el punto de vista estadístico no se aprecia diferencias entre los tratamientos con grasas protegidas y sin protección, si puede verificarse que en el tratamiento con grasas insaturadas la protección permitió una mayor extensión de la degradación de la MS en este tratamiento.

De acuerdo a los valores de degradación de la MS (Tabla 7), confirman que el nivel de inclusión de GIP del 8% de la MS, no afectó la degradación de la MS del sustrato. Resultados semejantes son reportados por Rojas y Darmon (1994), quienes evaluando el efecto de grasas protegidas sobre la degradación de la MS concluyeron que el uso de 0.9 kg/vaca/día de aceite de palma protegido, no alteraba de forma significativa la tasa de degradación de la MS.

Una extensa literatura reporta el efecto negativo de grasas insaturadas libres sobre la degradación de la fibra y el crecimiento microbiano. En este experimento pudo verificarse que la utilización de grasas insaturadas protegidas mejora la degradación de la MS con respecto a las no protegidas. En el caso de las grasas saturadas, no se evidenció un claro efecto de la protección sobre la degradación y la cinética de fermentación.

Referencias

- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW. Performance of high producing cows with three different feeding systems combining pasture or total mixed rations. *J Dairy Sci* 2002; 85: 2959-2974.
- Bauman DE, Baumgard LH, Corl BA, and Griinari JM. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *J Anim Sci* 2000; 77:1-ae-15-ae
- Davison KL and Woods W. 1963 Effect of calcium and magnesium upon digestibility of a ration containing corn oil by lambs. *J Animal Sci* 1963; 22:27-29.
- Devendra C and Lewis D. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. *Animal Prod* 1974;19:67-79.
- Eastridge ML and Firkins JL. Feeding hydrogenated fatty acids and triglycerides to lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1991; 74:2610-2616.
- France J, Dhanoa MS, Theodorou MK, Lister SJ, Davies DR and Issac D A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J Theoretical Biol* 1993; 163:99-111.
- Gagliostro GA y Chillard Y. Utilización de lípidos protegidos en la nutrición de vacas lecheras. I. Efectos sobre la producción y composición de leche, y sobre la ingestión de materia seca y energía. *Rev Argentina Prod Anim* 1992; 12:1-15.
- Harfoot CG and Hazlewood GP. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN (ed). *The Rumen Microbial Ecosystem*. New York: Elsevier 1988. p. 236.
- Jenkins TC. Lipid metabolism in the rumen. *J Dairy Sci* 1993; 76:3851-3863.
- Johnson R, McClure K. High Fat Rations for Ruminants II. Effects of Fat Added to Corn Plant Material Prior to Ensiling on Digestibility and Voluntary Intake of the Silage. *J Animal Sci* 1973; 36:397-406.

- López S, Carro M, González J, Overo F. Comparison of different in vitro and in situ methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. *A Feed Sci and Tech* 1998; 73:99-113.
- Mauricio RM, Mould FL, Dhanoa MS, Owen E, Channa KS, Theodorou MK. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *A Feed Sci and Tech* 1999; 79:320-330.
- McDougall EI. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemistry J* 1948; 43:99-109.
- NRC – National Research Council. Nutrient requirements of Small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids 2007. Washington, D.C..
- Orskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agricultural Sci* 1979; 92:499-503.
- Palmquist DL. Use of fats in diets for lactating dairy cows. In: *Fat in Animal Nutrition*, ed. Wiseman J. Butterworth 1984; London, UK. p.407-435.
- Palmquist DL. Utilización de lípidos en dietas para rumiantes. Department of Animal Sciences. OARDC/OSU, Wooster, OH. En: XII CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA. Madrid, España. 1996.
- Posada SL y Noguera RR. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Liv Research for Rural Devel.* 2005; Vol. 17, Art. #36. [Enero 2009] URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posal17036.htm>
- Posada SL, Noguera RR, Bolívar DM. Relación entre presión y volumen para la implementación de la técnica in vitro de producción de gases en Medellín, Colombia. *Rev Col Cienc Pec* 2006; 19:407-414.
- Rojas A, Darmon H, Efecto de niveles de grasa protegida sobre la degradabilidad de la material seca y la pared celular del heno de transvala (*Digitaria decumbens*). *Agro Costarricense* 1994; 18:197-201.
- SAS. SAS institute Inc., SAS/STAT; Software Version 9.00 Cary, NC, USA. 2001.
- Schauff DJ and Clark JH. Effects of Feeding Diets Containing Calcium Salts of Long chain Fatty Acids to Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 1992; 75:2990-3002.
- Theodorou MK, William BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Anim Feed Sci and Technol* 1994; 48:185-197.
- Wu Z, Ohajuruka OA, and Palmquist DL. Ruminant synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acid by dairy cows. *J Dairy Sci* 1991; 74:3025-3034.