



EFFECTO DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO FISICAMENTE EFECTIVA (feFDN) Y EL NIVEL DE FORRAJE SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA, pH RUMINAL, LA PRODUCCIÓN Y LA COMPOSICIÓN DE LECHE EN CABRAS

[EFFECT OF peNDF AND FORAGE LEVEL ON DRY MATTER INTAKE, RUMINAL pH, PRODUCTION AND MILK COMPOSITION OF DAIRY GOATS]

D. Esparza-Flores¹, F. G. Veliz-Deras¹, L. R. Gaytan-Alemán¹, R Rodríguez-Martínez¹, P. A. Robles-Trillo^{1*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe S/N C.P. 27054, Torreón, Coahuila

E-mail: parobles58@gmail.com

*Corresponding author

RESUMEN

Se realizaron dos estudios para determinar los efectos de la FDNfe y el nivel de forraje sobre el CMS, el pH ruminal y de la leche en cabras. Para el primer experimento se utilizaron 4 cabras no lactantes, mientras que para el experimento 2 se utilizaron 8 cabras al inicio de la lactancia, y se asignaron a un experimento con un arreglo de cuadrado latino 4x4 y un ajuste factorial 2x2. A las cabras se les ofrecieron dietas con forrajes cuyo tamaño de partícula era largo (4.04 cm) o corto (3.43 cm) y una relación forraje:concentrado de 60:40 o 35:65 a libre acceso. No se detectaron diferencias en el consumo de materia seca en las cabras alimentadas con el forraje de partículas cortas o largas ($P>0.05$). El pH del rumen fue afectado por la relación F:C, siendo menor en las cabras que consumieron 35:65. La producción de leche no fue afectada por las dietas. La grasa en la leche fue afectada solamente por la relación F:C siendo mayor en la ración 60:40 ($P<0.05$). Este estudio muestra que la proporción de concentrado en la dieta es más importante para alterar el pH del rumen y el porcentaje de grasa en la leche que la longitud de la partícula del forraje.

Palabras clave: FDNfe; pH ruminal; producción; composición de leche; caprinos.

INTRODUCCIÓN

El maximizar el consumo de energía en el ganado lechero es fundamental para incrementar la producción de leche. Por lo general, las raciones para el ganado lechero incluyen una gran cantidad de concentrado, lo que puede provocar que éstas sean muy fermentables en el rumen, lo que causa un aumento en la producción de leche. Mientras que el

SUMMARY

Two experiments were carried out to determinate the effects of peNDF and forage level on DMI, ruminal pH and milk production and composition in goats. In experiment 1, 4 non lactating goats were used; and in experiment 2, 8 goats in early lactation were used, they were assigned to a 4x4 latin square with 2x2 factorial design. The experimental diets were offered *ad libitum* and consisted of forages with long (4.04 cm) and short (3.43 cm) particles sizes in a 60:40 or 35:65 forage:concentrate ratio. No differences were observed in dry matter intake in goats fed with long or short forages particle size ($P>0.05$). Ruminal pH were affected by F:C ratio, the lower pH was observed in goats fed 35:65. No effect was observed on milk production. Milk fat was affected only for the F:C ratio and was higher in the 60:40 diets. This study shows that the concentrate ratio in the diet is more important to affect ruminal pH and milk fat than the forage particle size.

Keywords: peNDF; ruminal pH; milk production; milk composition; goats.

forraje picado con partículas pequeñas puede disminuir la rumia, aumentar la velocidad de paso y bajar la grasa en la leche. Lo anterior puede desencadenar acidosis, desplazamiento de abomaso, laminitis, síndrome de la vaca gorda, disminución en la digestión de la fibra y disminución en el porcentaje de grasa en la leche (Krause y Combs, 2003; Beauchemin y Yang, 2005). Además, estas dietas con un alto contenido de fibra detergente neutro

físicamente efectiva (FDNfe) podrían tender a bajar el pH ruminal, como resultado de una acumulación de los ácidos grasos volátiles y ácido láctico. Además de que el ambiente ruminal y su población microbiana está diseñada para funcionar óptimamente con un pH de 6.2 a 7.2 (Yang y Beauchemin, 2007a). Estos ácidos producidos en el rumen deben neutralizarse con su eliminación o dilución. La capacidad de amortiguamiento de la dieta está determinada, en gran medida, por el tiempo de masticación, debido a que las vacas secretan más saliva cuando mastican que cuando no lo hacen (Krause y Combs, 2003). Para lograr una producción mayor de saliva, y por lo tanto, elevar el pH ruminal, se debe ofrecer una ración con un forraje con tamaño de partícula largo, para que el animal mastique más y produzca más saliva, la cual contiene las sustancias amortiguadoras necesarias para neutralizar los ácidos orgánicos que se producen durante la fermentación en el rumen (Asadi-Alamouti et al., 2009).

El concepto de fibra detergente neutro físicamente efectiva (FDNfe) es un medio en la formulación de las dietas para proporcionar fibra de un tamaño de partícula adecuado para reducir la acidosis ruminal subaguda (ARS) (Yang y Beauchemin, 2007a). La efectividad física de un forraje está determinada por el contenido de fibra detergente neutro, el tamaño de partícula y la relación F:C (Mertens, 1997). La FDNfe se ha definido como la fracción del alimento que estimula la masticación (Mertens, 1997), y es un reflejo de las características físicas de la fibra, como el tamaño de partícula (Krause y Combs, 2003). La FDNfe influye en el consumo de materia seca y en el pH ruminal, previniendo la acidosis ruminal subaguda (Mertens, 1997; Yang y Beauchemin, 2009).

Aunque se han realizado algunos estudios para determinar los efectos de la FDNfe de la dieta sobre el pH ruminal, la producción y la composición de la leche en vacas (Yang y Beauchemin, 2007a, 2007b), hay poca información disponible en cabras (Zhao *et al.*, 2011). Las cabras presentan diferencias de las vacas y las ovejas en sus hábitos de alimentación, nivel de consumo y selección de la dieta (Lu *et al.*, 2005), por lo tanto, los conocimientos de esas especies no se pueden extrapolar a las cabras (Zhao *et al.*, 2011). El objetivo de este estudio fue determinar los efectos e interacciones entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente y el contenido de FDNfe de las dietas sobre el consumo, el pH ruminal, la producción y composición de la leche de cabras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Diseño experimental, cabras y dietas

Para este experimento se usaron cuatro cabras Alpinas (48 ± 3 kg p.v., 2 a 4 años), con fístulas en el rumen (7.5 cm de diámetro, Bar Diamond, Parma, ID), y que no estaban lactando, las cuales se asignaron a un cuadrado latino 4 x 4 con un arreglo factorial 2 x 2 y se alojaron en jaulas individuales (130 x 150 x 60 cm) con comederos y bebederos individuales. Se utilizaron raciones totalmente mezcladas (RTM), las cuales se elaboraron manualmente y se ofrecieron a libre acceso a las cabras dos veces al día, a las 0830 y 1430 horas. La cantidad de alimento ofrecido se ajustó para asegurar el 10% de alimento rechazado. El agua limpia estuvo disponible para su consumo durante todo el estudio. Este estudio se realizó observando las especificaciones establecidas en la Guía para el Cuidado y Uso de los Animales de laboratorio (NRC, 1996).

Para proporcionar la FDNfe, se utilizó el heno de alfalfa el cual se cortó a un tamaño de partícula largo (L) y corto (C) procesándolo en un molino Nogueira DPN Junior (São João da Boa Vista, Brasil) (Cooke y Bernard, 2005). El tamaño L (4.04 cm) se obtuvo sin utilizar una criba en el molino, en tanto que el tamaño C (3.43 cm) se obtuvo utilizando una criba de 1 cm. La distribución del tamaño de partícula se presenta en el Tabla 1.

A las cabras se les ofreció 1 de 4 raciones que consistieron de heno de alfalfa C o L, en combinación con una proporción F:C alta (60:40) o baja (35:65) (Tabla 2). Todas las dietas fueron formuladas para exceder los requerimientos de una cabra de 40 kg produciendo 1.5 kg de leche diarios, según el NRC (2007).

La FDNfe tuvo un rango de 9.10 a 14.16%, o de 26.53 a 31.66%, calculándose con 3 cribas usando el separador de partícula de Penn State (SPPS) (Kononoff *et al.*, 2003) (Tabla 3). Los factores de eficacia física para el heno de alfalfa y las RTM se calcularon como la suma de la proporción de la materia seca en dos cribas: 19 y 8 mm (pef_8) o 3 cribas: 19, 8 y 1.18 mm ($pef_{1,18}$) (Kononoff *et al.*, 2003; Yang y Beauchemin, 2006). Los contenidos de $FDNfe_8$ y $FDNfe_{1,18}$ del heno de alfalfa y de las RTM fueron calculados multiplicando el contenido de FDN por el pef_8 y el $pef_{1,18}$, respectivamente (Yang y Beauchemin, 2007b).

Tabla 1. Distribución del tamaño de partícula¹ del heno de alfalfa usando el separador de partícula de Penn State.

	Heno de Alfalfa	
	Largo	Corto
% de MS retenida en las cribas		
19 mm	21.17	6.11
8 mm	13.48	21.23
1.18 mm	38.78	44.07
Fondo (<1.18 mm)	26.57	29.34
Fef ₈	0.34	0.26
Fef _{1.18}	0.73	0.70
FDNfe ₈ , % de MS	18.32	14.01
FDNfe _{1.18} , % de MS	39.34	37.73

¹La distribución del tamaño de partícula del heno de alfalfa fue medida usando el separador de partícula de Penn State (Kononoff et al., 2003); fef₈ y fef_{1.18} = factor de eficacia física determinado como la proporción de partículas retenidas en dos (Lammers et al., 1996) y tres cribas (Kononoff et al., 2003), respectivamente; FDNfe₈ y FDNfe_{1.18} = FDN físicamente efectiva determinada como el contenido de FDN del heno de alfalfa multiplicado por el fef₈ y fef_{1.18}, respectivamente.

Toma de muestras y mediciones

Cada periodo consistió de 11 días de adaptación (Yang y Beauchemin, 2005; Zebeli *et al.*, 2009) y 3 días de toma de muestras (Courdec *et al.*, 2006). Para calcular el consumo de materia seca, el alimento ofrecido y los rechazos fueron recolectados y registrados durante los tres días experimentales. Las muestras de heno de alfalfa (L y C) y de las raciones totalmente mezcladas se recolectaron cada 3 días para determinar la distribución del tamaño de partícula. Las partículas retenidas en cada criba se recolectaron, se pesaron y se secaron a 100°C durante 24 h para determinar la materia seca. Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente para realizar análisis posteriores.

Durante el último día del período experimental, se colectó una muestra de 50 ml de líquido ruminal, manualmente, durante 24 h, a intervalos de 4 h. El líquido se filtró en 2 capas de tela de manta e inmediatamente después se midió el pH con un potenciómetro (Twin Waterproof ph modelo B-213) (Courdec *et al.*, 2006).

Análisis químicos

Para los análisis químicos se realizaron cuatro repeticiones. El alimento y los rechazos fueron analizados para materia seca, materia orgánica, proteína cruda (nitrógeno x 6.25) y grasa. El

contenido de materia seca de la RTM se determinó secando una muestra en un horno a 100°C por 24 h. El contenido de materia orgánica se calculó como la diferencia entre la materia seca y las cenizas, las cuales se determinaron por combustión a 550°C por 4 h. La FDN y la FDA se determinaron usando los métodos descritos por Van Soest *et al.*, (1991) utilizándose amilasa y sulfito de sodio en el procedimiento de la FDN. En cada análisis se utilizó muestras independientes.

Experimento 2

Para este experimento se usaron ocho cabras Alpinas múltiparas (3 partos y 50±3 kg p.v.) en la etapa inicial de lactancia (60 ± 5 días en leche), las cuales se asignaron a un doble cuadrado latino 4 x 4 con un arreglo factorial 2 x 2. Las raciones fueron las mismas que las descritas en el experimento 1, así como la duración de los períodos de adaptación y de toma de muestras. Durante los días de toma de muestra se realizó una ordeña diaria a las 07:00 h y se pesó la leche para determinar la producción. Adicionalmente, se tomaron muestras en cada una de las ordeñas diarias para determinar el contenido de proteína, lactosa, grasa, sólidos totales y sólidos no grasos lácteos. Las muestras de leche se analizaron por espectrofotometría infrarroja (MilkoScope expert, Scope Electric Ltd, Alemania) (Zebeli *et al.*, 2009).

Tabla 2. Ingredientes y composición química de la ración totalmente mezclada (MS), dieta en % por kg de MS.

Ingredientes (%)	Relación Forraje ¹ :Concentrado (F:C)			
	35:65		60:40	
	Corto	Largo	Corto	Largo
Heno de alfalfa	35.05	35.05	54.03	54.03
Maíz (grano)	36.17	36.17	27.53	27.53
Grano de destilería	9.86	9.86	3.92	3.92
Salvado de trigo	17.28	17.28	5.53	5.53
Harina de soya 49	10.96	10.96	8.91	9.91
Carbonato de calcio	0.23	0.23	0.40	0.40
Fosfato dicálcico	0.23	0.23	0.24	0.24
Vitaminas*	0.06	0.06	0.06	0.06
Megalac	-	-	3.49	3.49
Composición química				
MS	93.55	93.35	94.65	94.3
MO	92.7	92.15	93.13	92.46
PC	16.91	16.52	16.98	16.53
FDN	37.90	39.63	38.33	41.66
FDA	20.93	21.81	26.66	27.39
Extracto etéreo (% MS)	4.82	4.82	7.56	7.56
EM (mCal/Kg)	2.86	2.86	2.82	2.82

*700 mg vitamina E, 40000 UI Vitamina D, 100000 UI vitamina A, 500 mg Mn, 850 mg Zn, 600 mg Cu, 30 mg Se, 25 mg Co, 50 mg I.

Tabla 3. Efecto del tamaño de partícula sobre la dieta de acuerdo al Separador de Partículas de Penn State.

Item	F ¹ :C					35 vs 60	C vs L	F:C x FPL
	35:65		60:40		SE			
	Corto	Largo	Corto	Largo				
% de MS retenida en cribas								
19 mm	1.0	3.30	8.26	13.39	1.7	0.02	0.372	0.07
8 mm	23.23	23.39	25.62	21.55	1.1	0.583	0.749	0.384
1.18 mm	45.85	46.17	42.08	41.94	1.2	0.08	0.971	0.421
Fondo (<1.18)	29.91	27.00	28.91	24.41	1.1	0.443	0.099	0.345
fef ₈	0.24	0.27	0.34	0.34	0.002	0.02	0.81	0.177
fef _{1.18}	0.70	0.73	0.76	0.76	0.75	0.189	0.708	0.582
FDNfe ₈	9.10	10.70	13.03	14.16	0.02	0.008	0.43	0.05
FDNfe _{1.18}	26.53	28.93	29.13	31.66	0.68	0.06	0.07	0.06

¹El heno de alfalfa fue cortado para obtener el tamaño largo y corto.

²La distribución del tamaño de partícula del heno de alfalfa fue medida usando el separador de partícula de Penn State (Kononoff et al., 2003); fef₈ y fef_{1.18} = factor de eficacia física determinado como la proporción de partículas retenidas en dos (Lammers et al., 1996) y tres cribas (Kononoff et al., 2003), respectivamente; FDNfe₈ y FDNfe_{1.18} = FDN físicamente efectiva determinada como el contenido de FDN del heno de alfalfa multiplicado por el fef₈ y fef_{1.18}, respectivamente.

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los 4 tratamientos sobre el pH ruminal, el consumo de materia seca, la materia seca, la materia orgánica, la proteína cruda y la grasa los datos fueron analizados utilizando el modelo de procedimientos arreglado de SAS (PROC MIXED,

SAS Institute 1996) para determinar los efectos de cuadrado, cabra dentro de cuadrado, tratamientos (tamaño de partícula y F:C) y las interacciones entre tamaño de partícula y F:C. Los tratamientos fueron considerados como un efecto arreglado; se consideró al cuadrado, período dentro del cuadrado y cabras dentro del cuadrado como efectos al azar. Para

determinar el efecto del tiempo en el pH fue comparado con una t apareada.

RESULTADOS

Experimento 1

Este experimento se llevó a cabo con la finalidad de determinar el efecto de la longitud de partícula forraje y la cantidad de concentrado sobre el consumo de MS, MO, FDNfe y pH ruminal, los resultados del experimento se muestran en el Tabla 4. El tamaño de partícula del forraje (largo y corto) no tuvo un efecto sobre el CMS ($P=0.300$). La relación F:C tuvo un efecto sobre el CMS ($P=0.000$), siendo mayor en los tratamientos de las cabras que consumieron el 60% de alfalfa. El tamaño de partícula de la RTM afectó el

pH ruminal, observándose que las cabras que consumieron la alfalfa larga presentaron un pH menor (pH 6.0) que las que consumieron el forraje corto (pH 6.2; $P=0.11$). El pH más bajo (6.0) se observó en las raciones con 35% de forraje, mientras que fue mayor (6.2) en las raciones con más heno de alfalfa.

La fluctuación diurna del pH ruminal se muestra en la figura 1, en ella se denota que hubo diferencias significativas en la hora de muestreo entre tratamientos ($P<0.01$) correspondiendo a las 07:00 horas los valores más altos, así mismo los tratamientos con mayor cantidad de forraje, sin importar el tamaño de partícula, tuvieron el pH más elevado. El CMS y el pH fue afectado por la cantidad de concentrado y el tamaño de partícula.

Tabla 4. Distribución del tamaño de partícula, efectividad de los factores físicos y fibra efectiva en dietas con tamaño de partícula corto y largo con diferentes proporciones de forraje:concentrado (n=4).

	F:C				SE	35 vs 60	C vs L	F:C x FPL
	35:65		60:40					
	Corto	Largo	Corto	Largo				
Consumo								
MS (kg/d)	2.116	2.000	2.264	2.167	0.04	0.000	0.300	0.012
MO (kg/d)	1.96	1.87	2.05	2.0	0.04	0.74	0.958	0.006
FDN (kg/d)	0.801	0.792	0.87	0.90	0.02	0.047	0.915	0.010
FDNfe (kg/d)								
FDNfe ₈	0.192	0.214	0.29	0.31	0.01	0.000	0.004	0.000
FDNfe _{1.18}	0.561	0.579	0.66	0.69	0.02	0.007	0.957	0.015
FDA (kg/d)	0.374	0.436	0.52	0.59	0.02	0.000	0.001	0.000
pH Ruminal	6.1	5.9	6.2	6.1	0.04	0.04	0.12	0.001

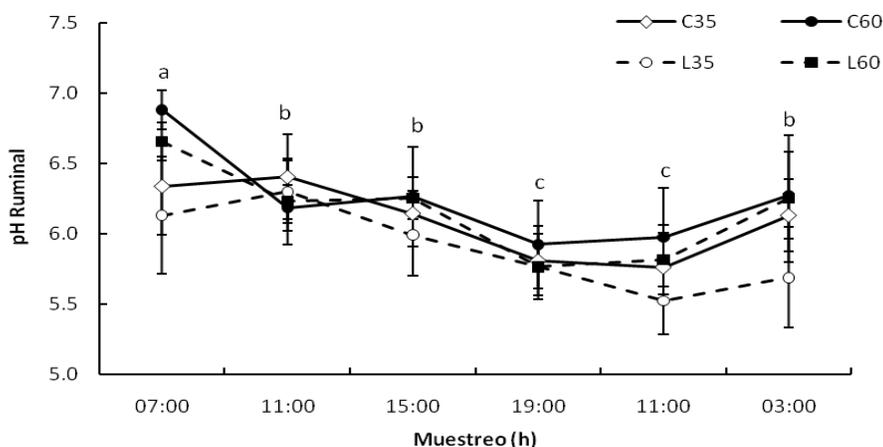


Figura 1. Efectos del tamaño de partícula del forraje [largo (L) y corto (C)] y la relación F:C sobre la variación diurna del pH ruminal. Las letras diferentes indican diferencias significativas a $P<0.01$ en los diferentes tiempos.

Experimento 2

Este estudio tuvo como finalidad determinar el efecto de la longitud de forraje y la cantidad de concentrado sobre el consumo de MS, MO, fibra detergente neutro físicamente efectiva, la producción y composición de leche, los resultados del experimento se muestran en el Tabla 5. En el experimento 2, no se observó un efecto de los tratamientos sobre el CMS ni sobre la producción de leche ($P > 0.05$). Se observó que el porcentaje de grasa en la leche fue mayor (3.78%) en las dietas que contenían el 60% de forraje que en las que contenían el 35% (3.18%; $P < 0.01$). La relación forraje concentrado y el tamaño de partícula afectaron a la cantidad de grasa de la leche.

DISCUSIÓN

En ambos experimentos, no hubo un efecto de las raciones sobre el CMS, al igual que como mencionan en otros estudios que también utilizaron heno de alfalfa (Sanz-Sampelayo *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2002; Zebeli *et al.*, 2007). La falta de efecto del tamaño de partícula sobre el CMS se pudo deber a la longitud de la partícula de las raciones, es decir el tamaño de partícula usados en los tratamientos de este experimento no probablemente no tuvieron la diferencia suficiente para afectar a esta variable, como en el caso de otros estudios. (Yang y Beauchemin, 2007a). También el efecto del tamaño de partícula sobre el CMS podría depender de la fuente de forraje, la relación F:C (Beauchemin *et al.*, 2003), así como el tipo de concentrado, principalmente por su tasa de degradación ruminal (Tafaj *et al.*, 2007).

En el experimento 1, el pH del rumen fue más bajo en las cabras que consumieron las raciones con el tamaño largo, estos resultados concuerdan únicamente en los reportados por Krause y Combs (2003) y Bhandari *et al.* (2007) y contrastan con los resultados reportados por otros investigadores (Beauchemin *et al.*, 2003; Teimouri-Yansari *et al.*, 2004). Los efectos inconsistentes del tamaño de partícula sobre el pH ruminal reportados en la literatura podrían relacionarse a otros factores de la dieta incluyendo el CMS, la fermentabilidad de la dieta y el manejo de la alimentación (Yang y Beauchemin, 2005).

Además, se observó que un nivel bajo de forraje disminuyó el pH del rumen. Los resultados concuerdan con los reportados por Einarson *et al.* (2004) y Yang y Beauchemin (2007a, 2009). El estudio de Yang y Beauchemin (2007a) demuestra que el grado de acidosis varía en vacas alimentadas con niveles similares de FDNfe pero con

proporciones de F:C diferentes porque la fermentabilidad ruminal de los alimentos no es tomada en cuenta por el concepto de FDNfe. En este estudio el pH ruminal fue afectado por el tamaño de partícula y la relación forraje concentrado de la dieta, aunque en los tratamientos con tamaño más corto el pH ruminal fue más alto ($P = 0.001$), para lo cual no tenemos una explicación, sin embargo en los tratamientos con mayor cantidad de forraje el pH fue mayor, lo anterior se puede explicar porque la FDNfe₈ y la FDNfe_{1.18} de este experimento fueron mayores en los tratamientos con mayor cantidad de forraje, pudiendo provocar una mayor masticación con la subsecuente elevación de la salivación que amortiguó el pH ruminal (Krause *et al.*, 2002).

Por otra parte, el tamaño de partícula ni la relación F:C en el presente trabajo no tuvo un efecto sobre la producción de leche, como se ha reportado en estudios previos hechos en vacas (Soita *et al.*, 2005). Esto probablemente se debió a la falta de respuesta a las raciones en el consumo de materia seca. Sin embargo, el porcentaje de grasa en la leche fue mayor en las dietas con una proporción mayor de forraje, debido probablemente a que estas dietas incrementan la producción de acetato en el rumen, lo que a su vez aumenta el porcentaje de grasa en la leche (Lu *et al.*, 2005). Al igual que con el pH del rumen, sin importar la relación de forraje y concentrado de la dieta, los tratamientos con tamaño corto tuvieron mayor cantidad de grasa en la leche (3.12 y 3.85 para 35 y 60% de forraje), Krause *et al.* (2002) reportan que al disminuir el tamaño del ensilaje se eleva la cantidad de ácido acético que es precursor de la grasa láctea. Contrario a esto, el tamaño de partícula no afectó a los otros componentes de la composición de la leche, lo que podría indicar que las cuatro raciones tuvieron una cantidad suficiente de FDNfe para mantener los componentes de esta (Yang y Beauchemin, 2007b). Se requiere realizar mayor investigación en cabras, utilizando otras fuentes de forraje y grano ya que esto también podría influir en los resultados, además de incluir otros aspectos como la masticación, la digestión y la producción de ácidos grasos volátiles.

CONCLUSIONES

El tamaño de partícula del forraje y el forraje total de la dieta no afectaron el consumo de materia seca. Además la proporción de concentrado en la dieta es más importante que la longitud de la partícula del forraje para determinar el pH del rumen y los resultados del presente estudio siguieron que la FDNfe y la proporción forraje en la dieta no influyen en la producción de leche de las cabras, sin embargo, el incrementar el forraje en la dieta aumenta el porcentaje de grasa en la leche de cabra.

Tabla 5. Efectos de la relación forraje:concentrado y del tamaño de partícula del forraje sobre el consumo (g/Kg/d), la producción (kg/d) y la composición de leche (g/kg MS) (n=8)

	F ¹ :C		60:40		SE	35 vs 60	C vs L	F:C x FPL
	35:65 Corto	Largo	Corto	Largo				
Consumo								
MS, Kg/d	2.27	2.30	2.38	2.35	0.03	0.151	0.958	0.521
MO, Kg/d	2.10	2.15	2.15	2.17	0.02	0.502	0.474	0.807
FDN, Kg/d	0.860	0.911	0.912	0.979	0.01	0.01	0.008	0.003
FDNfe								
FDNfe ₈	0.206	0.246	0.310	0.332	0.01	0.000	0.006	0.000
FDNfe _{1.18}	0.602	0.665	0.693	0.744	0.01	0.000	.0002	0.000
FDA, kg/d	0.401	0.501	0.548	0.643	0.01	0.000	0.000	0.000
Leche								
Producción (kg/d)	2.17	1.95	1.95	2.02	0.05	0.321	0.445	0.328
Proteína (%)	3.03	3.07	3.08	3.07	0.01	0.243	0.706	0.589
Grasa (%)	3.21	3.16	3.85	3.71	0.1	0.0	0.739	0.0

REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Vol. 1. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Asadi Alamouti, A., M. Alikhani, G. R. Ghorbani, y Q. Zebeli. 2009. Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 154: 9-23.
- Beauchemin, K. A., y W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science*. 88: 2117-2129.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, y L. M. Rode. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 86: 630-643.
- Bhandari, S. K., K. H. Ominski, K. M. Wittenberg, y J. C. Plaizier. 2007. Effects of chop length of alfalfa and corn silage on milk production and rumen fermentation of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90: 2355-2366.
- Cooke, K. M., y J. K. Bernard. 2005. Effect of length of cut and kernel processing on use of corn silage by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 88: 310-316.
- Couderc, J. J., D. H. Rearte, G. F. Schroeder, J. I. Ronchi, y F. J. Santini. 2006. Silage chop length and hay supplementation on milk yield, chewing activity, and ruminal digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 3599-3608.
- Einarson, M. S., J. C. Plaizier, y K. M. Wittenberg. 2004. Effects of barley silage chop length on productivity and rumen conditions of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 87: 2987-2996.
- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 86: 2438-2451.
- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, y D. R. Buckmaster. 2003. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 86: 1858-1863.
- Krause, K. M., D. K. Combs, y K.A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain

- fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J. Dairy Sci.* 85:1947-1957.
- Krause, K. M., y D. K. Combs. 2003. Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. *Journal of Dairy Science.* 86: 1382-1397.
- Lu, C. D., J.R. Kavas, y O. G. Mahgoub. 2005. Fiber digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research.* 60: 45-52.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 80: 1463-1481.
- NRC (National Research Council). 1996. Guide for the care and use of laboratory animals. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheeps, goats, cervids and new world camelids. National Academy Press. Washington, D.C.
- Sanz Sampelayo, M. R., L. Perez, J. Boza, y L. Amigo. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. *Journal of Dairy Science.* 81: 492-498.
- Soita, H. W., M. Fehr, D. A. Christensen, y T. Mutsvangwa. 2005. Effects of corn silage particle length and forage:Concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. *Journal of Dairy Science.* 88: 2813-2819.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, C. Baes, H. Steingass, y W. Drochner. 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology.* 138: 137-161.
- Teimouri Yansari, A., R. Valizadeh, A. Naserian, D. A. Christensen, P. Yu, y F. Eftekhari Shahroodi. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 87: 3912-3924.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science.* 74: 3583-3597.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2005. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science.* 88: 1090-1098.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006. Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 89: 2618-2633.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007a. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science.* 90: 2826-2838.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007b. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production. *Journal of Dairy Science.* 90: 3410-3421.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2009. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science.* 92: 1603-1615.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. *Journal of Dairy Science.* 85: 1958-1968.
- Zebeli, Q., B. N. Ametaj, B. Junck, y W. Drochner. 2009. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. *Livestock Science.* 124:33-40
- Zebeli, Q., M. Tafaj, I. Weber, J. Dijkstra, H. Steingass, y W. Drochner. 2007. Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 90: 1929-1942.

Zhao, X. H., T. Zhang, M. Xu, y J. H. Yao. 2011.
Effects of physically effective fiber on
chewing activity, ruminal fermentation, and

digestibility in goats. Journal of Animal
Science. 89: 501-509.

Submitted October 20, 2011 – Accepted March 12, 2012
Revised received April 04, 2012