

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

## Effect of the offer of kikuyu grass and oat silage on milk bovine production and quality composition

## Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina

José Edwin Mojica R.<sup>1</sup>, Edwin Castro R.<sup>2</sup>,  
Javier Mauricio León C.<sup>3</sup>, Edgar Alberto Cárdenas R.<sup>4</sup>,  
Martha Lucía Pabón R.<sup>5</sup>, Juan Evangelista Carulla F.<sup>6</sup>

## ABSTRACT

The effects of the offer of kikuyu grass and oats silage on production and compositional quality of milk was evaluated using 18 Holstein cows in early and mid lactation, between 2 and 4 births, with a live weight (LW) of 585 kg and a milk production of 22.0 L/d. The experiment was carried out at Marengo Agricultural Center of the National University of Colombia. Three offers of silage (dry matter, DM); 0%, 0.7% y 1.4% of LW) were evaluated complemented with kikuyu grass in grazing to reach a total offer of 4%. The animals were supplemented daily with a balanced supplement.

Kikuyu grass intake was estimated using chromium (external marker) and acid detergent indigestible fiber (internal marker). Kikuyu intake decreased ( $p < 0.001$ ) to increase the proportion of silage in early and mid lactation cows. The milk production was affected by interaction kikuyu-silage offer, lactating stage and time of sampling ( $p < 0.01$ ). Protein (0.2 units) ( $p < 0.05$ ) and casein (0.35 units) concentration ( $p < 0.05$ ) increased in early lactation cows offered oat silage at a level of 0.7% LW milk, while an offer of 1.4% LW decreased protein concentration (0.15 units) and slightly increased casein concentration (0.05 units) ( $p < 0.05$ ). Milk fat tended to increase as oat silage was offered in the diet ( $p < 0.1$ ).

*Keywords:* Forage offer, intake, grazing, lactating cow, milk fat, milk protein, silage.

## RESUMEN

Se evaluó la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche; utilizando 18 vacas Holstein entre 2 y 4 partos en primer y segundo tercio de lactancia con un peso vivo (PV) de 585 kg y una producción de leche de 22,0 L/d. El experimento se realizó en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia. Se evaluaron tres ofertas de ensilaje (materia seca; MS); 0%, 0,7% y 1,4% del PV, complementados con kikuyo en pastoreo hasta alcanzar una oferta total del 4%. Los animales se suplementaron diariamente con un alimento balanceado. Se estimó el consumo de kikuyo utilizando óxido de cromo (marcador externo) y la fibra en detergente ácido indigerible (marcador interno). El consumo de kikuyo disminuyó ( $p < 0,001$ ) al aumentar la oferta de ensilaje para vacas de primero y segundo tercio. La producción de leche estuvo afectada por la interacción de la oferta kikuyo-ensilaje, tercios de lactancia y días de medición ( $p < 0,01$ ). Al ofrecer ensilaje de avena (0,7% PV) se incrementó la concentración de proteína (0,2 unidades) ( $p < 0,05$ ) y caseína en leche (0,35 unidades) ( $p < 0,05$ ), mientras una oferta de ensilaje de 1,4% PV disminuyó la concentración de proteína (0,15 unidades) e incrementó levemente la concentración de caseína (0,05 unidades) respecto al kikuyo solo en vacas de primer tercio de lactancia ( $p < 0,05$ ). Ofertas de ensilaje de avena tienden ( $p < 0,1$ ) a aumentar la concentración de grasa en leche.

*Palabras clave:* consumo, grasa láctea, oferta forrajera, pastoreo, proteína en leche, silos, vaca lechera.

## INTRODUCCIÓN

LA CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE proveniente de los sistemas de producción lechera intensiva (trópico alto) y, en particular, los niveles de proteína se pueden considerar bajos al compararlos con la leche obtenida en otros países (Cerón y Correa, 2005) o con la de las regiones del trópico bajo colombiano.

La nutrición es uno de los principales factores que afectan la calidad composicional de la leche (Fredeen, 1996; Stockdale, 1994b). Los sistemas de alimentación en

Radicado: 25 de febrero de 2009  
Aprobado: 27 de abril de 2009

<sup>1</sup> MVZ. M.Sc. Investigador master asistente, Grupo Pecuario, Estación Experimental Motilonia (Agustín Codazzi, César) Corpoica [jmojica@corpoica.org.co](mailto:jmojica@corpoica.org.co)

<sup>2</sup> Z. M.Sc. Investigador master asistente, Grupo Pecuario, Estación Experimental Motilonia (Agustín Codazzi, César) Corpoica, [ecastro@corpoica.org.co](mailto:ecastro@corpoica.org.co)

<sup>3</sup> Z. Grupo de Investigación en Nutrición Animal, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, [jmleonc@unal.edu.co](mailto:jmleonc@unal.edu.co)

<sup>4</sup> Z. M.Sc. Docente titular Pastos y Forrajes, Universidad Nacional de Colombia, [eacardenasr@unal.edu.co](mailto:eacardenasr@unal.edu.co)

<sup>5</sup> Ph.D. Docente Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, [mlpabonr@unal.edu.co](mailto:mlpabonr@unal.edu.co)

<sup>6</sup> Ph.D. Docente y Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, [jecarullaf@unal.edu.co](mailto:jecarullaf@unal.edu.co)

lecherías especializadas de la sabana de Bogotá se basan en el uso de especies herbáceas como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), que representan el 80% de las pasturas presentes (Cárdenas, 2000). La estacionalidad en la producción de leche como consecuencia de cambios climáticos es una característica de estos sistemas, por lo tanto hay variación en la oferta de nutrientes durante el año (Observatorio Agrociencias, 2006). El uso de ensilajes es una alternativa para disminuir estas variaciones y asegurar una oferta de nutrientes más o menos constante.

El efecto de la suplementación con ensilajes en vacas en pastoreo produce respuestas variables sobre la composición de la leche. Se reportan incrementos en producción de leche, concentración y producción de proteína con la utilización de ensilaje de maíz (O'Brien *et al.*, 1997). Sin embargo, otros estudios demuestran poco efecto sobre la concentración de proteína en la leche de vacas alimentadas con ensilaje de ryegrass y trébol blanco (Thomas *et al.*, 1982). Esto sugiere que la respuesta animal está afectada por la calidad nutricional del ensilaje, como lo confirma un estudio donde se evaluó la producción de leche en vacas Holstein en confinamiento suplementadas con ensilaje de girasol y de maíz, las cuales presentaron mayor producción de leche, de proteína y de sólidos totales con el segundo material ensilado (Silva *et al.*, 2004).

Algunas investigaciones sugieren que en pastoreo la respuesta en producción y composición de leche a la suplementación con ensilajes depende no sólo de la calidad del ensilaje sino también de la disponibilidad y de la especie forrajera en la pastura (Davidson *et al.*, 1982; Bryant y Donnelly, 1974). Se presentan incrementos en producción de leche cuando la oferta es restringida (Davidson *et al.*, 1982) y disminución en la producción cuando la oferta de ensilaje y la disponibilidad de forraje en pastoreo es alta (Bryant y Donnelly, 1974).

Adicionalmente, se ha postulado que la introducción de ensilaje de maíz en un sistema de alimentación basado en pasturas con altos contenidos de proteína produce un efecto sinérgico que mejora la respuesta productiva de los animales debido a una disminución en el consumo total de proteína (Holden *et al.*, 1995). Sin embargo, se ha identificado que el efecto sobre la producción diaria de leche no siempre es positivo y que podría estar más asociado con una mayor duración de la lactancia (Campbell *et al.*, 1978).

El cultivo de avena forrajera (*Avena sativa*) es una especie utilizada tradicionalmente en forma de ensilaje como alternativa de suplementación en la época de verano en lecherías especializadas en la sabana de Bogotá. Barahona y colaboradores (2003) realizaron un estudio en Colombia (sabana de Bogotá y Nariño) para evaluar diferentes nive-

les de inclusión de una mezcla de ensilaje (cebada, avena y vicia) en vacas Holstein en pastoreo; reportaron un nivel óptimo de utilización de ensilaje cuando éste se incluía hasta 75% en la dieta, con niveles aceptables y rentables de producción de leche. Sin embargo, este estudio carece de un análisis composicional de la leche en los niveles de inclusión de ensilaje utilizados.

En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes niveles de inclusión de ensilaje de avena en vacas Holstein en pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo suplementación manteniendo un nivel de oferta total de 4% sobre el consumo, la producción y calidad composicional de la leche.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se realizó en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional sede Bogotá, Colombia, ubicado a 4° 42' de latitud norte y 74° 12' de longitud oeste con una altitud de 2650 msnm y temperatura promedio de 13°C con fluctuaciones entre 0°C y 20°C y una humedad relativa de 80% a 85%. En la zona se presentan heladas en los meses de enero, febrero y principios de agosto, la precipitación anual promedio es de 528,9 mm, con distribución bimodal del período lluvioso; uno entre los meses de abril y mayo y el otro desde septiembre hasta noviembre (González *et al.*, 1997).

### Tratamientos

Se evaluaron en total seis tratamientos; derivados del producto de la interacción de tres niveles de ofertas de pasto kikuyo y ensilaje de avena con base en una oferta constante de forraje de 4 kg de MS/100 kg de peso vivo (PV) (tabla 1) y dos fases de lactancia (primer y segundo tercio) con tres repeticiones en cada tratamiento.

### Animales experimentales

Se seleccionaron 18 vacas Holstein con un peso promedio de 585 kg  $\pm$  48,4, entre dos y cuatro partos, en el primer y

**Tabla 1.** Relaciones evaluadas de oferta forrajera de pasto kikuyo y ensilaje de avena

Relación	Oferta forrajera (kg MS/100 kg PV)		Oferta total de forraje (kg MS/100 kg PV)
	Kikuyo	Ensilaje avena	
1	4,0	0,0	4,0
2	3,3	0,7	4,0
3	2,6	1,4	4,0

segundo tercio de lactancia. Se crearon tres grupos homogéneos de animales con similares producciones de leche y días en lactancia; cada uno de los grupos tenía tres vacas en primer tercio y tres en segundo tercio de lactancia para un total de seis vacas. Los grupos fueron asignados aleatoriamente a cada una de las tres ofertas de kikuyo-ensilaje.

### Período experimental

La duración del período experimental fue de 21 días; los primeros 7 días se utilizaron como fase de ajuste de los animales al suplemento, los 7 días siguientes de ajuste a la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena y los últimos 7 días fueron utilizados como el período de medición.

### Manejo del pastoreo y suministro de ensilaje

Para el pastoreo se utilizó una pastura de kikuyo con un área aproximada de 3 ha dividida en tres áreas de 1 ha cada una, en las cuales se asignaron al azar cada grupo de vacas descrito anteriormente. La edad de rebrote fue de 60 días. Para medir la producción de forraje verde se realizaron cortes a una altura de pastoreo de 10 cm por delante de la cuerda eléctrica utilizando un marco plástico de 1 m<sup>2</sup> siguiendo la metodología de Toledo y Schultze Kraft (1982). Se tomaron muestras de forraje para análisis de materia seca cada dos días a partir del período de acostumbamiento y para el análisis de la composición química, a los días 14, 17 y 20 días del período experimental. La producción de forraje promedio fue de 2000 kg ± 146 de MS/ha.

Mediante el uso de cuerda eléctrica, se ajustó diariamente el área de pastoreo en metros cuadrados de superficie de pasto kikuyo en cada grupo experimental correspondiente a las ofertas de 4,0%, 3,3% y 2,6%, moviendo dos veces diarias la cuerda eléctrica: después del ordeño de la mañana y la tarde. El ensilaje de avena fue suministrado en el campo en dos raciones diarias: una después de cada ordeño utilizando un comedero por cada dos animales. La composición química de las fuentes alimenticias utilizadas en el experimento se puede apreciar en la tabla 2.

### VARIABLES EVALUADAS

#### Consumo de alimento

Se estimó el consumo voluntario del pasto kikuyo por medio del uso de marcadores externos e internos. Como marcador externo se utilizó el cromo, adicionándolo al suplemento (6 g de óxido de cromo/kg de suplemento) y se asumió una recuperación del marcador del 100%. En cada animal, se tomaron muestras de las heces por vía rectal luego del ordeño de la mañana desde el día 15 y hasta el día 21 del período experimental; posteriormente fueron

**Tabla 2.** Ingredientes del suplemento, composición química y energía neta de lactancia (ENL) del kikuyo, ensilaje de avena y suplemento alimenticio

	Kikuyo	Ensilaje avena	Suplemento
Ingredientes %			
Maíz molido	----	----	40,1
Torta de soya	----	----	17,4
Salvado de trigo	----	----	32,2
Palmiste expeller	----	----	1,8
Harina de pescado	----	----	1,0
Melaza	----	----	5,0
Premezcla minerales	----	----	0,1
Carbonato de calcio	----	----	1,8
Óxido de cromo	----	----	0,6
Composición química			
Proteína cruda % <sup>1/</sup>	17,6	7,0	18,6
Nitrógeno soluble <sup>2/</sup>	37,6	58,7	18,6
Nitrógeno no proteico <sup>2/</sup>	36,7	54,1	13,2
B22	33,4	15,9	65,7
B32	20,0	2,8	9,9
C2	8,9	22,6	5,7
Fibra detergente neutro % <sup>3/</sup>	57,1	67,2	22,8
Fibra detergente ácido % <sup>3/</sup>	31,9	50,1	6,5
Extracto etéreo % <sup>4/</sup>	2,8	2,4	3,6
DIVMS % <sup>5/</sup>	66,6	58,1	86,0
ENL (Mcal Kg/MS) <sup>6/</sup>	1,57	1,33	1,80

1/: Kjeldahl (AOAC, 2005). 2/: Fracciones de proteína expresadas como porcentaje de la proteína cruda (Licitra *et al.*, 1996). 3/: Van Soest *et al.*, 1995. 4/: Extracción con éter (AOAC, 2005). 5/: Tilley y Terry (1963). 6/: Estimación ENL, (NRC Dairy Cattle, 2001). DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca.

congeladas a 4°C y trasladadas al laboratorio, donde fueron secadas en horno con aire forzado a 60°C durante 48 horas y luego fueron molidas pasando por un tamiz de 1 mm. El cromo en las muestras de heces y el suplemento fue analizado en un espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu®, modelo AA680) por medio de la metodología de Williams y colaboradores (1962). Con este marcador se estimó la producción de heces según la fórmula reportada por Church (1988) y Berchiellie y colaboradores (2006).

Como marcador interno se utilizó la fibra en detergente ácido indigerible (FDAi) (Waller *et al.*, 1980) para determinar el coeficiente de indigestibilidad utilizando la producción de heces. Debido a que el suplemento y el ensilaje de avena aportaron contenidos de FDAi, se corrigieron estos aportes en los contenidos de FDAi en las heces para la estimación del consumo del pasto kikuyo.

El consumo de suplemento se determinó pesando diariamente la oferta y el rechazo en cada animal en el ordeño de la mañana y de la tarde, y el consumo de ensilaje

se midió en cada grupo experimental pesando la cantidad ofrecida y el rechazo en los comederos en los días 8, 15 y 20 del período experimental. El suministro de ensilaje se realizó en el campo en la hora de la mañana y de la tarde, destinando un comedero para dos animales en cada grupo experimental.

### Producción y calidad composicional de la leche

Se registró la producción individual y se analizó la calidad composicional de la leche a los 0, 14 y 21 días del período experimental. La producción de leche se midió en el ordeño de la mañana y de la tarde. Se tomaron muestras de leche en cada ordeño y posteriormente se mezclaron en partes iguales. Estas muestras fueron conservadas con dicromato de potasio en una concentración de 600 ppm y fueron congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$  en refrigerador hasta la realización de los análisis de calidad composicional.

### Parámetros de fermentación ruminal

Se tomaron muestras de fluido ruminal el último día del período de medición por medio de una sonda oro-ruminal, seleccionando tres animales al azar en cada grupo experimental, tomando dos muestras por animal; una muestra se utilizó para medir el pH con un potenciómetro (Orion® thermo electron modelo 8102) y la otra fue acidificada con ácido sulfúrico al 80%, hasta disminuir el pH por debajo de 2,5 para evitar la pérdida del nitrógeno amoniacal. Las muestras fueron congeladas a  $-4^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en laboratorio.

### Análisis químicos

#### Forrajes y ensilaje

Se determinaron la materia seca (AOAC, 2005), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1995), proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 2005), nitrógeno soluble, nitrógeno no proteico, nitrógeno ligado a fibra en detergente ácido (NIDA), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) (Licitra *et al.*, 1996) y grasa total por extracción con éter (AOAC, 2005). Adicionalmente, en el ensilaje se determinó el pH por medio de potenciómetro (Orion® thermo electron modelo 8102).

#### Fluido ruminal

Se determinó el nitrógeno amoniacal por el método de Kjeldahl (únicamente destilación) y concentración de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases (Shimadzu® modelo GC14A) (Erwin *et al.*, 1961) y pH con potenciómetro (Orion® thermo electron modelo 8102).

#### Leche

Se determinó la concentración de sólidos totales (AOAC, 2005), proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC,

2005), urea (Fawcett y Scott, 1960), caseína por precipitación en el punto isoeléctrico (AOAC, 2005) y grasa por el método de Gerber (AOAC, 2005).

### Heces

Se determinó el contenido de cromo por espectrometría de absorción atómica (Shimadzu®, modelo AA680) (Holden *et al.*, 1994) y fibra ácida indigerible por el método de Waller y colaboradores (1980).

### Análisis estadístico

Para el análisis de las variables de producción y calidad composicional de la leche se utilizó un modelo completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 3$  (dos tercios de lactancia y tres ofertas de kikuyo-ensilaje) en medidas repetidas en el tiempo, donde cada variable tuvo como covariable su valor inicial. Se analizaron efectos fijos: de la oferta kikuyo-ensilaje, del tercio de lactancia, del día de medición y de las interacciones oferta kikuyo-ensilaje  $\times$  tercio de lactancia, oferta kikuyo-ensilaje  $\times$  día de medición y oferta kikuyo-ensilaje  $\times$  tercio de lactancia  $\times$  día de medición empleando el procedimiento MIXED de SAS 9.0 (Steel y Torrie, 1980). La unidad experimental fue cada animal ubicado en el grupo experimental donde se tenían animales en primer y segundo tercio de lactancia. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para el análisis del consumo voluntario de las fuentes alimenticias se utilizó un modelo completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 3$  (dos tercios de lactancia y tres ofertas de kikuyo-ensilaje). Se analizó el efecto de la oferta kikuyo-ensilaje, del tercio de lactancia y la interacción oferta kikuyo-ensilaje  $\times$  tercio de lactancia, empleando el procedimiento GLM de SAS (SAS 9.0). La comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5%.

Para el análisis de las variables de fermentación ruminal se utilizó un modelo completamente al azar empleando el procedimiento GLM (SAS 9.0) y la comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS

### Consumo

El consumo de pasto kikuyo, expresado como kg/día o como % de PV, fue mayor cuando no se ofreció ensilaje y, disminuyó a medida que la oferta de ensilaje aumentó ( $p < 0,001$ ). Sin embargo, el consumo total de forraje (pasto kikuyo + ensilaje de avena) no fue diferente ( $p > 0,05$ ) (tabla 3).

**Tabla 3.** Consumo de materia seca, proteína cruda, fibra en detergente neutro y energía de vacas alimentadas bajo diferentes relaciones de oferta de pasto Kikuyo y ensilaje de avena (Promedio  $\pm$  error estándar)

	Relación oferta pasto Kikuyo:ensilaje de avena (K:E) <sup>1/</sup>						P		
	Primer tercio			Segundo tercio			K : E	Tercio	K : E x tercio
	4,0 : 0,0	3,3 : 0,7	2,6 : 1,4	4,0 : 0,0	3,3 : 0,7	2,6 : 1,4			
CMS, kg/d									
Kikuyo	18,9 $\pm$ 1,1a	14,7 $\pm$ 0,2b	11,9 $\pm$ 0,6b	17,4 $\pm$ 1,9a	13,4 $\pm$ 2,0b	13,8 $\pm$ 1,6b	***	NS	NS
Ensilaje	----	3,0 $\pm$ 0,0b	6,7 $\pm$ 0,0a	----	3,0 $\pm$ 0,0b	6,7 $\pm$ 0,0a	***	----	----
Suplemento	5,9 $\pm$ 1,5	5,6 $\pm$ 0,8	6,6 $\pm$ 0,3	4,5 $\pm$ 0,8	4,5 $\pm$ 1,4	3,7 $\pm$ 1,4	NS	*	NS
Total	24,8 $\pm$ 1,4	23,3 $\pm$ 0,9	25,2 $\pm$ 0,8	21,9 $\pm$ 1,5	20,9 $\pm$ 1,8	24,3 $\pm$ 0,5	NS	NS	NS
Kikuyo, % PV	3,4 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,05	2,1 $\pm$ 0,06	3,0 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,44	2,1 $\pm$ 0,2	NS	NS	NS
Forraje, % PV	3,4 $\pm$ 0,3	3,1 $\pm$ 0,06	3,3 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 0,4	3,2 $\pm$ 0,2	NS	NS	NS
Total, % PV	4,4 $\pm$ 1,1	4,1 $\pm$ 0,09	4,5 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,3	3,5 $\pm$ 0,6	3,8 $\pm$ 0,15	NS	***	NS
CPC, kg/d									
Kikuyo	3,3 $\pm$ 0,2a	2,6 $\pm$ 0,04b	2,1 $\pm$ 0,1b	3,0 $\pm$ 0,3a	2,4 $\pm$ 0,6b	2,4 $\pm$ 0,3b	***	NS	NS
Ensilaje	----	0,2 $\pm$ 0,0b	0,5 $\pm$ 0,0a	----	0,2 $\pm$ 0,0b	0,5 $\pm$ 0,0a	***		
Suplemento	1,1 $\pm$ 1,5	1,0 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,05	0,8 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,3	NS	*	NS
Total	4,4 $\pm$ 1,4	3,8 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,15	3,8 $\pm$ 0,3	3,4 $\pm$ 0,8	3,6 $\pm$ 0,08	NS	NS	NS
Total, % PV	0,8 $\pm$ 0,1a	0,7 $\pm$ 0,01a	0,7 $\pm$ 0,02b	0,7 $\pm$ 0,05a	0,6 $\pm$ 0,1ab	0,5 $\pm$ 0,02b	**	***	NS
CFDN, kg/d									
Kikuyo	11,0 $\pm$ 0,7a	8,2 $\pm$ 0,1b	6,6 $\pm$ 0,3b	10,1 $\pm$ 1,1a	7,5 $\pm$ 1,8b	7,7 $\pm$ 0,9b	***	NS	NS
Ensilaje	----	2,0 $\pm$ 0,0b	4,5 $\pm$ 0,0a	----	2,0 $\pm$ 0,0b	4,5 $\pm$ 0,0a	***	----	----
Suplemento	1,3 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,07	1,0 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,3	0,8 $\pm$ 0,3	NS	*	NS
Total	12,3 $\pm$ 0,6	11,5 $\pm$ 0,3	12,7 $\pm$ 0,4	11,1 $\pm$ 1,0	10,5 $\pm$ 2,1	13,0 $\pm$ 0,6	NS	NS	NS
Forraje, % PV	1,9 $\pm$ 0,19	1,8 $\pm$ 0,03	1,9 $\pm$ 0,07	1,8 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,08	NS	NS	NS
Total, % PV	2,2 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,02	2,2 $\pm$ 0,08	1,9 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,05	NS	*	NS
CENL, Mcal/d									
Kikuyo	29,6 $\pm$ 1,8a	23,0 $\pm$ 0,4b	18,7 $\pm$ 1,0b	27,2 $\pm$ 2,9a	21,0 $\pm$ 3,1b	21,7 $\pm$ 2,5b	***	NS	NS
Ensilaje	----	4,0 $\pm$ 0,0b	9,0 $\pm$ 0,0a	----	4,0 $\pm$ 0,0b	9,0 $\pm$ 0,0a	***	----	----
Forraje	29,6 $\pm$ 1,8	27,0 $\pm$ 0,4	27,7 $\pm$ 1,0	27,2 $\pm$ 2,9	25,0 $\pm$ 3,1	30,7 $\pm$ 2,5	NS	NS	NS
Suplemento	10,7 $\pm$ 2,8	10,1 $\pm$ 1,5	11,9 $\pm$ 0,6	8,1 $\pm$ 1,4	8,0 $\pm$ 2,6	6,7 $\pm$ 2,4	NS	*	NS
Total	40,3 $\pm$ 2,4	37,1 $\pm$ 1,7	39,6 $\pm$ 1,4	35,3 $\pm$ 2,3	33,0 $\pm$ 2,6	37,4 $\pm$ 0,75	NS	NS	NS

1/: kg MS/100 kg PV.

\* $p < 0,1$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ ; NS = no significativo.Letras en la misma fila en cada tercio de lactancia indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Con base en el consumo de pasto kikuyo se estimó un mayor remanente teórico en las praderas de mayor oferta de éste y menor oferta de ensilaje (0,8; 0,9 y 0,5 kg MS/100 kg PV de kikuyo para las ofertas de kikuyo-ensilaje de 4,0-0,0; 3,3-0,7 y 2,6-1,4 kg MS/100 kg PV, respectivamente).

Los consumos de suplemento fueron iguales entre las diferentes ofertas de pasto kikuyo-ensilaje, pero se presentó mayor consumo de suplemento en vacas en primer tercio de lactancia en comparación con vacas en segundo tercio (6,0 vs. 4,2 kg/d, respectivamente) (tabla 3).

El consumo de proteína cruda proveniente del pasto kikuyo fue mayor ( $p < 0,01$ ) a medida que se incrementó

la oferta de pasto kikuyo, y el consumo de proteína cruda proveniente del ensilaje de avena fue mayor a medida que se ofreció una mayor oferta de ensilaje en las diferentes ofertas de pasto kikuyo-ensilaje ( $p < 0,01$ ). El consumo de proteína cruda aportado por el suplemento y la proteína total consumida fue igual, pero cuando esta última se expresó como porcentaje del peso vivo de los animales se presentó un consumo mayor a medida que aumentó la oferta de pasto kikuyo y disminuyó la oferta de ensilaje ( $p < 0,05$ ); también se observó un consumo mayor de proteína total ( $p < 0,05$ ) en vacas en primer tercio de lactancia comparado con las vacas en segundo tercio (0,73 % PV vs. 0,60% PV respectivamente;  $p < 0,05$ ). Comparado con la oferta de pasto kikuyo solo, el consumo total de proteína

se redujo en 500 g/vaca/d en la oferta de pasto kikuyo de 3,3 kg MS/100 kg PV y ensilaje de avena de 0,7 kg MS/100 kg PV y se redujo en 400 g/vaca/d en la oferta de pasto kikuyo de 2,6 kg MS/100 kg PV y ensilaje de avena de 1,4 kg MS/100 kg PV; sin embargo, esta diferencia no fue significativa estadísticamente ( $p > 0,05$ ) (tabla 3).

Similar a lo ocurrido con el consumo de proteína, el consumo de FDN y de  $EN_L$  aportado por el pasto kikuyo y el ensilaje de avena aumentó ( $p < 0,01$ ) con la mayor oferta de cada uno de estos forrajes. Sin embargo, el consumo de estos dos nutrientes proveniente del forraje (pasto kikuyo y ensilaje de avena), de la dieta total y del suplemento no fue diferente ( $p > 0,05$ ) (tabla 3).

### Producción y calidad composicional de la leche

La respuesta al incremento de ensilaje de avena y disminución de pasto kikuyo en ofertas constantes de forraje sobre

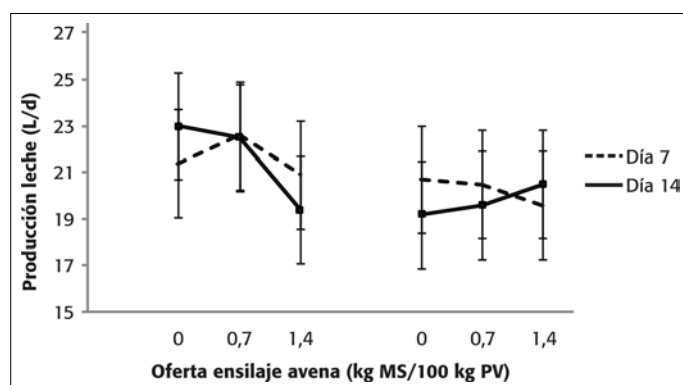
la producción de leche no fue claro debido a que hubo interacción significativa (interacción oferta kikuyo-ensilaje x tercio x día;  $p < 0,01$ ) (tabla 4). Mientras al incrementar la oferta de ensilaje de avena se presentó una disminución en la producción de leche en vacas de primer tercio en los días 7 y 14 y en vacas de segundo tercio en el día 7, en estos últimos animales la producción de leche aumentó al incrementar la oferta de ensilaje en el día 14 (figura 1).

Los sólidos totales respondieron en forma diferente dependiendo del tercio de lactancia ( $p < 0,01$ ) y del día de medición ( $p < 0,01$ ); la concentración fue menor en vacas de primer tercio de lactancia que en las de segundo tercio (tabla 4) y mayor en el día 14 en comparación con el día 7. En vacas de primer tercio de lactancia la concentración de proteína fue mayor en la oferta de pasto kikuyo con la menor oferta de ensilaje de avena (kikuyo 3,3 - ensilaje 0,7 kg MS/100 kg PV) y kikuyo solo (kikuyo 4,0 kg MS/100 kg PV) en comparación con la oferta de pasto kikuyo aso-

**Tabla 4.** Promedios ajustados de producción y calidad composicional de la leche bajo diferentes relaciones de oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena en vacas Holstein (promedio  $\pm$  error estándar)

	Relación oferta kikuyo:ensilaje (K:E) <sup>1/</sup>						P							
	4.0: 0.0		3.3:0.7		2.6:1.4		K:E	T	D	K:ExT	K:ExD	TxD	K:ExTxD	
	D7	D14	D7	D14	D7	D14								
Leche, kg/d														
Primer tercio	21,4 $\pm$ 3,3	23,0 $\pm$ 3,0	22,6 $\pm$ 2,8	22,5 $\pm$ 3,1	20,9 $\pm$ 1,2	19,4 $\pm$ 1,3	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	20,7 $\pm$ 2,8	19,2 $\pm$ 2,4	20,5 $\pm$ 1,4	19,6 $\pm$ 1,1	19,6 $\pm$ 2,5	20,5 $\pm$ 3,0	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	21,0 $\pm$ 2,7	21,1 $\pm$ 2,9	21,6 $\pm$ 2,1	21,1 $\pm$ 2,1	20,2 $\pm$ 2,4	20,0 $\pm$ 2,6	*	***	NS	*	NS	NS	***	
Sólidos, %														
Primer tercio	11,0 $\pm$ 0,1	12,1 $\pm$ 0,2	11,1 $\pm$ 0,2	12,1 $\pm$ 0,2	10,8 $\pm$ 0,3	12,1 $\pm$ 0,4	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	11,4 $\pm$ 0,1	12,6 $\pm$ 0,3	11,3 $\pm$ 0,3	12,6 $\pm$ 0,3	11,4 $\pm$ 0,4	12,2 $\pm$ 0,3	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	11,2 $\pm$ 0,2	12,3 $\pm$ 0,2	11,2 $\pm$ 0,2	12,3 $\pm$ 0,2	11,1 $\pm$ 0,2	12,2 $\pm$ 0,2	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	
Proteína, %														
Primer tercio	2,8 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,1	3,1 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,2	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	3,2 $\pm$ 0,2	3,0 $\pm$ 0,2	2,9 $\pm$ 0,2	3,3 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,1	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	3,0 $\pm$ 0,1a	3,0 $\pm$ 0,1a	3,0 $\pm$ 0,1a	3,2 $\pm$ 0,1a	2,7 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>	2,9 $\pm$ 0,1b	**	**	*	NS	NS	NS	NS	
Caseína, %														
Primer tercio	2,0 $\pm$ 0,03	2,1 $\pm$ 0,03	2,5 $\pm$ 0,1	2,3 $\pm$ 0,03	2,2 $\pm$ 0,2	2,0 $\pm$ 0,1	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	2,3 $\pm$ 0,1	2,3 $\pm$ 0,1	2,4 $\pm$ 0,2	2,2 $\pm$ 0,07	2,1 $\pm$ 0,1	2,2 $\pm$ 0,1	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	2,1 $\pm$ 0,1a	2,2 $\pm$ 0,1a	2,4 $\pm$ 0,1a	2,2 $\pm$ 0,1a	2,1 $\pm$ 0,1a	2,1 $\pm$ 0,1a	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Grasa, %														
Primer tercio	3,2 $\pm$ 0,03	3,0 $\pm$ 0,1	3,6 $\pm$ 0,2	3,2 $\pm$ 0,1	3,2 $\pm$ 0,2	3,6 $\pm$ 0,2	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	3,5 $\pm$ 0,09	3,7 $\pm$ 0,2	3,7 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 0,3	3,6 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,1	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	3,3 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,2	3,6 $\pm$ 0,1	3,6 $\pm$ 0,2	3,4 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	*	***	NS	NS	NS	*	NS	
NUL, mg/dl														
Primer tercio	18,8 $\pm$ 1,6	15,6 $\pm$ 1,2	15,5 $\pm$ 0,8	14,4 $\pm$ 0,8	15,2 $\pm$ 0,8	14,9 $\pm$ 1,1	----	----	----	----	----	----	----	
Segundo tercio	18,0 $\pm$ 1,7	16,7 $\pm$ 1,8	15,6 $\pm$ 1,0	14,3 $\pm$ 0,9	16,1 $\pm$ 0,8	15,8 $\pm$ 0,7	----	----	----	----	----	----	----	
Promedio	18,4 $\pm$ 1,1	16,1 $\pm$ 1,0	15,6 $\pm$ 0,7	14,4 $\pm$ 0,6	15,7 $\pm$ 0,6	15,4 $\pm$ 0,7	*	NS	**	NS	NS	NS	NS	

\* $p < 0,1$ , \*\* $p < 0,05$ , \*\*\* $p < 0,01$ , NS = no significativo.  
1/: kg MS/100 kg PV.



**Figura 1.** Producción de leche en vacas de primer y segundo tercio de lactancia a los días 7 y 14 de medición con diferentes ofertas de ensilaje de avena

ciado a la mayor oferta de ensilaje de avena (kikuyo 2,6 - ensilaje 1,4 kg MS/100 kg PV). En vacas de segundo tercio de lactancia fue más evidente la menor concentración de proteína al incrementar la oferta de ensilaje de avena y reducir la oferta de pasto kikuyo (kikuyo 2,6 - ensilaje 1,4 kg MS/100 kg PV) (tabla 4).

Al incrementar la oferta de ensilaje de avena y disminuir la de pasto kikuyo, la concentración de caseína fue mayor en la oferta de pasto kikuyo solo y pasto kikuyo con 0,7 kg MS/100 kg PV de ensilaje; comparadas con la oferta de pasto kikuyo con mayor cantidad de ensilaje (1,4 kg MS/100 kg PV) (tabla 4).

La concentración de grasa de la leche fue mayor en vacas de segundo tercio en comparación con las de primer tercio y presentó tendencia al incremento a medida que aumentó la oferta de ensilaje de avena y disminuyó la de pasto kikuyo ( $p < 0,1$ ). La interacción tercio de lactancia con día de medición ( $p < 0,1$ ) afectó dicha concentración de grasa, la cual fue menor al día 14 respecto al día 7 en

las ofertas evaluadas, con excepción de la oferta de pasto kikuyo con mayor oferta de ensilaje en vacas de primer tercio de lactancia. En todas las ofertas evaluadas en vacas de segundo tercio de lactancia dicha concentración fue mayor al día 14 respecto al día 7.

Al incrementar la oferta de ensilaje de avena y disminuir la oferta de pasto kikuyo se observó una tendencia a la disminución en la concentración del nitrógeno ureico en leche ( $p < 0,1$ ). Éste fue afectado por el día de medición ( $p < 0,01$ ) y presentó menor concentración en el día 14 en comparación con el día 7 (tabla 4).

### Parámetros de fermentación ruminal

El efecto del incremento en la oferta de ensilaje de avena y disminución en la oferta de pasto kikuyo no afectó el pH ( $p > 0,05$ ), las concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y la concentración de nitrógeno amoniacal en el fluido ruminal (tabla 5). Sin embargo, la concentración ruminal de nitrógeno amoniacal de los animales ubicados en la oferta de kikuyo 3,3 - ensilaje 0,7 kg MS/100 kg PV y kikuyo 2,6 - ensilaje 1,4 kg MS/100 kg PV fue menor que en la oferta con solo pasto kikuyo (4 kg MS/100 kg PV) (tabla 5).

### DISCUSIÓN

Este trabajo exploró el efecto de diferentes niveles de ensilaje de avena en vacas en pastoreo de pasto kikuyo manteniendo una oferta constante de forraje (4,0 kg MS/100 kg PV) sobre la producción y calidad composicional de la leche. Se observó mayor efecto sobre la producción de leche en vacas de primer tercio de lactancia que en vacas de segundo tercio, lo que indica mayor sensibilidad ante la variación en la dieta debido a mayores requerimientos nutricionales en vacas de primer tercio en comparación con las de segundo tercio.

**Tabla 5.** Concentraciones de nitrógeno amoniacal (mg/dL), pH y ácidos grasos volátiles (AGV) en el fluido ruminal de vacas pastando tres relaciones de oferta de pasto kikuyo + ensilaje de avena (promedio  $\pm$  error estándar)

	Relación oferta kikuyo:ensilaje <sup>1/</sup>			P
	4,0 : 0,0	3,3 : 0,7	2,6 : 1,4	
Nitrógeno amoniacal (mg/dl)	19,1 $\pm$ 2,0	18,3 $\pm$ 2,4	15,5 $\pm$ 1,9	NS
pH	6,82 $\pm$ 0,02	6,76 $\pm$ 0,02	6,81 $\pm$ 0,02	NS
AGV				
Total (mmol/l)	89,3 $\pm$ 3,8	121,4 $\pm$ 14,5	123,5 $\pm$ 36,7	NS
Acetato % (A)	67,3 $\pm$ 2,1	67,9 $\pm$ 1,2	67,8 $\pm$ 1,6	NS
Propionato % (P)	20,5 $\pm$ 2,3	18,4 $\pm$ 0,5	19,0 $\pm$ 0,4	NS
Butirato %	11,0 $\pm$ 0,4	12,6 $\pm$ 0,6	12,1 $\pm$ 0,1	NS
Isobutirato %	1,2 $\pm$ 0,06	1,0 $\pm$ 0,05	1,1 $\pm$ 0,04	NS
Relación A/P	3,4 $\pm$ 0,4	3,7 $\pm$ 0,18	3,6 $\pm$ 0,2	NS

<sup>1/</sup>: kg MS/100 kg PV.  
NS = No significativo.

Respecto al uso de forrajes conservados, el ensilaje de pasto como dieta única ha reportado efectos positivos sobre la producción de leche (Strauch, 1996, citado por Hargreaves *et al.*, 2001). Se presentó mayor producción de leche en vacas alimentadas con pasto kikuyo asociado con menor cantidad de ensilaje de avena, pero fue estadísticamente similar a la producción de leche en vacas alimentadas con pasto kikuyo solo, lo cual indica que el valor nutricional del ensilaje con inclusión de 0,7 kg MS/100 kg PV no afecta la respuesta animal, posiblemente debido a un efecto sinérgico del ensilaje y el pasto kikuyo en el rumen. Sin embargo, el aumento en producción de leche se logró únicamente en la oferta de 0,7 kg MS/100 kg PV de ensilaje de avena y un incremento en la cantidad de ensilaje hasta 1,4 kg MS/100 kg PV disminuyó la producción de leche. Posiblemente en esta última oferta, el mayor consumo de ensilaje de avena en comparación con la oferta de pasto kikuyo solo afectó negativamente el balance de nutrientes de la dieta manifestándose en un descenso en la producción de leche.

Se han realizado diversos trabajos para evaluar el efecto de la inclusión de ensilaje sobre la producción y/o calidad composicional de la leche, en los cuales se empleó maíz (Holden, 1995; Moran y Stockdale, 1992; O'Mara *et al.*, 1998), pasto ryegrass (Mackle *et al.*, 1999), una mezcla de cebada, avena y vicia forrajera (Barahona *et al.*, 2003), y ensilaje de maíz con ensilaje de avena (Lassiter *et al.*, 1958). La mayoría de estos trabajos reporta un aumento en la producción de leche, pero el efecto sobre la concentración de proteína no es consistente entre ellos. La disminución en la producción de leche por inclusión de ensilaje de maíz adicionado en dietas basadas en el pastoreo de gramíneas se ha atribuido a una deficiencia de proteína en la dieta (Moran y Stockdale, 1992; Stockdale, 1994a). En nuestra investigación se observó que al aumentar la cantidad de ensilaje de avena (1,4 kg MS/100 kg PV) se presentó una disminución en la producción de leche. Este resultado concuerda con el obtenido por Lassiter y colaboradores (1958), quienes compararon la oferta de ensilaje de avena y ensilaje de maíz, cada una con 77% del forraje total consumido por los animales, en dietas complementadas con heno de alfalfa y encontraron menor producción de leche cuando se alimentaron con ensilaje de avena, lo cual se asoció con un menor consumo total de forraje y con el menor valor nutritivo de ese ensilaje en comparación con el ensilaje de maíz. Por su parte, Holden y colaboradores (1995) investigaron la oferta de ensilaje de maíz y también encontraron disminución en la producción de leche.

En nuestro estudio, utilizando dietas basadas en pastoreo de kikuyo, el mayor nivel de ensilaje evaluado corresponde a un rango entre 33% y 36% del forraje consumido por los animales. Con estos niveles de ensilaje se observaron efectos negativos sobre la producción de leche, lo cual posiblemente se asocia con el bajo valor nutricional del ensilaje de avena en comparación con el pasto kikuyo, ya

que el consumo total de materia seca proveniente de los forrajes fue similar (tabla 3).

El efecto positivo sobre la producción de leche y la concentración de proteína en ésta se ha asociado con un mayor consumo de materia seca por parte de los animales, que conlleva a mayor consumo de energía (Auldish *et al.*, 2000; Bargo *et al.*, 2002; Escobar y Carulla, 2003). En nuestra investigación, el consumo tanto de kikuyo como de ensilaje de avena fue mayor a medida que aumentó la oferta de cada uno. Sin embargo, el consumo total de materia seca y de energía neta de lactancia fue similar en las diferentes ofertas de kikuyo y ensilaje a pesar del efecto de sustitución del ensilaje sobre el pasto kikuyo. Con base en lo anterior, el consumo total de materia seca o de energía similar observado en las diferentes ofertas de kikuyo y ensilaje evaluadas en nuestro estudio estuvo acorde con la falta de modificación en la producción de leche. La concentración de proteína y caseína posiblemente estuvo afectada por el consumo total de proteína cruda, especialmente cuando fue expresada como porcentaje del peso vivo de los animales.

Adicionalmente, se ha encontrado que el comportamiento de la concentración de proteína en la leche al suministrar los diferentes ensilajes en los animales es dependiente del tipo de ensilaje y de su interacción con la pastura, base de la alimentación (Bryant y Donnelly, 1974; Davidson *et al.*, 1982). Al suministrar ensilaje de maíz (2,3 kg MS/vaca/d), Holden y colaboradores (1995) observaron una reducción en la concentración de proteína en la leche de vacas que pastaban azul orchero. Moran y Stockdale (1992) suministraron dos ofertas de ensilaje de maíz (de 3 y de 8 kg MS/vaca/d) a vacas que pastaban ryegrass y *Paspalum* y encontraron que la concentración de proteína fue más alta en la segunda oferta (8 kg MS/vaca/d) que en la primera (3 kg MS/vaca/d); al mismo tiempo, constataron que la concentración de proteína en las dietas con ensilaje fue menor en comparación con el consumo de pasto como dieta única. Finalmente, O'Mara y colaboradores (1998) evaluaron tres niveles de inclusión de ensilaje de maíz (33%, 66% y 100%) a una dieta basada en ensilaje de ryegrass, y encontraron mayor concentración de proteína en las dietas con ensilaje de maíz en comparación con el ensilaje de pasto ryegrass como dieta única; por otro lado, la menor oferta de ensilaje de maíz presentó la más baja concentración de proteína respecto a las otras dos (66% y 100%).

Para evaluar la producción y calidad composicional de la leche, Bangani y colaboradores (2000) suministraron dietas isoproteicas, modificando las cantidades de heno de alfalfa y la concentración de proteína de un alimento balanceado, a animales que consumían ensilaje de avena a voluntad y observaron que a medida que se redujo el consumo de ensilaje y se incrementó el consumo de alfalfa, la producción de leche y concentración de proteína tendió a incrementarse. En nuestra investigación se presentó



mayor concentración de proteína con el menor nivel de ensilaje de avena (0,7 kg MS /100 kg PV) en comparación con la pastura sola de kikuyo, pero se redujo con la mayor oferta (1,4 kg MS /100 kg PV) (tabla 4).

El cambio en la concentración de proteína en la leche generalmente se acompaña con cambios similares en la concentración de caseína (De Peters *et al.*, 1992). En este estudio, la mayor concentración de proteína y caseína se obtuvo en la oferta de pasto kikuyo con 0,7 kg MS/100 kg PV de ensilaje de avena (15,8% y 8,7% de incremento en proteína y caseína, respectivamente), respecto a la oferta de pasto kikuyo solo. Diversos trabajos han reportado incrementos en la concentración de caseína, (Cristian *et al.*, 1999, citado por Walker *et al.*, 2004; Mackle *et al.*, 1999), cuando las vacas se suplementan con ensilaje en dietas basadas en pasto. En un estudio sobre vacas lecheras alimentadas con ensilaje y suplementadas con lupino, semilla de algodón y heno Walker y colaboradores (2004) encontraron un incremento de 7% en la concentración de caseína, lo cual se atribuyó a un incremento en energía metabolizable y no a un incremento en proteína metabolizable. En la presente investigación, la dieta de pasto kikuyo con ensilaje de avena (de 0,7 kg MS/100 kg PV) posiblemente mejoró el balance proteico-energético en el rumen, lo cual se pudo reflejar en un incremento en la concentración de proteína y caseína en la leche. Este efecto puede estar influenciado por la cantidad de ensilaje, ya que se observaron menores concentraciones de proteína y caseína en la leche de los animales suplementados con la mayor oferta de ensilaje (1,4 kg MS/100 kg PV), lo cual posiblemente se asoció con un menor consumo de proteína debido a una menor concentración de proteína cruda en esta dieta.

Se ha reportado que la respuesta al consumo de energía de la dieta sobre la concentración de proteína de la leche varía según el estado de lactancia. Coulon y Rémond (1988) encontraron que el incremento en concentración de proteína láctea debido a un mayor consumo de energía metabolizable es más marcado en vacas en segundo o último tercio de lactancia en comparación con las vacas de primer tercio (0,05 vs. 0,03 g proteína/kg por cada MJ EM). A pesar de que en este estudio no se evaluaron animales en los mismos estados de lactancia, se observó una mejor respuesta en la concentración de proteína en la leche de vacas de primer tercio en comparación con vacas de segundo tercio (tabla 4), lo cual indica que posiblemente las vacas en primer tercio de lactancia requieren de un mejor balance de nutrientes para optimizar la concentración y producción de proteína en la leche en comparación con las vacas de segundo tercio.

La concentración de grasa se afecta en menor medida cuando se modifican los niveles de oferta de forraje

(O'Brien *et al.*, 1997; Auldist *et al.*, 2000). A pesar de que los niveles de oferta total de forraje fueron constantes, los niveles de pasto kikuyo y ensilaje fueron modificados, y se observó una tendencia a incrementar la concentración de grasa al aumentar los niveles de ensilaje de avena; sin embargo, no se observó variación en los niveles de acetato en el líquido ruminal, los cuales estuvieron posiblemente afectados también por el consumo de pasto kikuyo y el suplemento. El efecto de la inclusión de ensilaje ha sido positivo sobre la concentración de grasa en leche en explotaciones donde la especie forrajera que se maneja tiene niveles bajos de fibra particularmente sobre el ryegrass (Carulla y Pabón, 2006).

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal en rumen y de nitrógeno ureico en leche disminuyeron a medida que se incrementaron los niveles de ensilaje (tabla 5), posiblemente como consecuencia de mayor incorporación del nitrógeno en la proteína microbiana, lo cual modificó el balance energético-proteico en estas dietas (Holden *et al.*, 1995; Stockdale, 1994a, 1994b). A pesar de que la suplementación con ensilaje de avena de 1,4 kg MS/100 kg PV mostró niveles normales de nitrógeno ureico en leche y fue igual entre los tercios de lactancia, la tendencia fue a que se presentaran menores concentraciones en vacas de primer tercio de lactancia en comparación con las vacas de segundo tercio.

## CONCLUSIONES

La suplementación con ensilaje de avena en vacas que pastaban kikuyo tiene efectos variables según el nivel de inclusión en la dieta.

Una oferta de ensilaje de avena de 0,7 kg MS/100 kg PV incrementa la concentración de proteína y caseína (0,2 y 0,35 unidades, respectivamente).

Una oferta de ensilaje de 1,4 kg MS/100 kg PV complementada con pasto kikuyo sobre una oferta final de 4,0 kg MS/100 kg PV, disminuye la concentración de proteína (0,15 unidades) e incrementa levemente la concentración de caseína (0,05 unidades) en vacas de primer tercio de lactancia respecto a la oferta con pasto kikuyo solo.

Ofertas de pasto kikuyo con ensilaje de avena de 0,7 y 1,4 kg MS/100 kg PV tienden a aumentar la concentración de grasa.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la División de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia por la financiación de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Association of Analytical Communities (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Communities.
- Auldlist MJ, Thomson NA, Mackle TR, Hill J, Prosser CG. 2000. Effects of pasture allowance on the yield and composition of milk from cows of different  $\beta$  lactoglobulin phenotypes. *Journal of Dairy Science* 83(9): 2069-2074.
- Bangani NM, Botha JA, Muller CJ, Cruywagen CW. 2000. The production performance of lactating Jersey cows receiving varying levels of Lucerne hay and oat silage as roughage sources. *South African Journal of Animal Science*. 30. Supplement 1. pp. 6-7.
- Barahona R, Cuesta P, Báez F. 2003. Producción y evaluación del uso de ensilajes en sistemas de producción de lechería especializada de Nariño. En: Corpoica-Fedegan (eds.), Renovación y manejo de pradera y utilización de ensilajes en el trópico alto. Plan de modernización de la ganadería bovina Colombiana. pp.49-56.
- Bargo F, Muller JE, Delahoy JE, Cassidy TW. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science* 85(7): 1777-1792.
- Berchiellie TT, Vaz Pires A, De Oliveira SG. 2006. Nutrição de Ruminantes. Jabotical: Funep. Prol Editora Gráfica, 583 p.
- Bryant AM, Donnelly PF. 1974. Yield and composition of milk from cows fed pasture herbage supplemented with maize and pasture silage. *Journal of Agricultural Research* 17: 299.
- Campbell AG, Clayton DG, Mac Donald KA. 1978. Dairy cattle management: maize pasture rotation. In Proc. 30th Ruakura Farmers. Conf. Hamilton NZ. Dairy Research Corporation. Hamilton NZ.
- Cárdenas EA. 2000. Perspectivas de investigación en forrajes para la región Alto Andina de Colombia En: XI Encuentro Nacional de Zootecnistas, Medellín junio del 2000, Medellín, Colombia. 11 p.
- Carulla JE, Pabón ML. 2006. Estrategias del manejo del pastoreo y de la suplementación para mejorar la calidad composicional de la leche. Memorias I Seminario Internacional de la Calidad de la Leche y Prevención de la Mastitis, Bogotá, 14 p.
- Cerón, JM y HJ Correa. 2005. Factores nutricionales que afectan la composición de la leche En: Pabón M, Ossa J, (eds.), Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca, Biogénesis, pp. 229-261.
- Church DC. 1988. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, España, Acribia, 641 p.
- Coulon JB, Rémond B. 1988. Variations on milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: A review. *Livestock Production Science*. 29(1): 31-47.
- Davidson TM, Marschke RJ, Brown GW. 1982. Milk yields from feeding maize silage and meat and bone meal to Friesian cows grazing a tropical grass and legume pasture. *Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry* 22:147.
- De Peters EJ, Taylor SJ, Finley CM, Famula TR. 1992. Dietary fat and nitrogen composition of milk from lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 70(6): 1192-1201.
- Erwin EJ, Marco JG, Emery EM. 1961. Volatile fatty acids analysis of blood and rumen fluids by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*. 44: 1768-1772.
- Escobar A, Carulla JE. 2003. Efecto de la oferta forrajera sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche en la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16, Suplemento 87.
- Fawcett AH, Scott JE. 1960. A rapid and precise method for determination of urea. *J. Clin. Path.* 13(2): 156-159.
- Fredeen J. 1996. Considerations in the nutritional modification of milk composition. *Animal feed science technology*. 59(1-3): 185-197.
- González J, Jiménez C, Méndez J, Ortiz L, Ruiz A, Vargas A. 1997. Levantamiento edafológico del centro Agropecuario Marengo, Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia., pp. 1-64.
- Hargreaves A, Strauch O, Teuber N. 2001. Efecto de la carga animal y de la suplementación reguladora a vacas lecheras en primavera y verano sobre la producción de leche. *Ciencia e Investigación Agraria* 28(2): 89-102.
- Holden A, Muller LD, Likos T, Cassidy, TW. 1995. Effect of corn silage supplementation on intake and milk production in cows grazing grass pasture. *Journal of Dairy Science* 78(1): 154-160.
- Lassiter CA, Huffman CF, Dexter ST, Duncan CW. 1958. Michigan Agricultural Experiment Station. *Journal Article No. 2250*.
- Licitra G, Hernández TM, Van Soest PJ. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57(4): 347-358.
- Mackle TR, Bryant AM, Petch SF, Hooder RF, Auldlist MJ. 1999. Variation in the composition of milk protein from pasture fed dairy cows in late lactation and the effect of grain and silage supplementation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42: 147-154.
- Moran JB, Stockdale CR. 1992. Maize forage for the pasture-fed dairy cow. 1. Effect of level of silage feeding, and responses to cottonseed meal while grazing perennial pastures in the spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 32(3): 279-285.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D. C., Seventh Revised Edition, National Academic Press, 450 p.
- Observatorio Agrocadenas. 2006. Ministerio de Agricultura de Colombia. Tercer informe de coyuntura, p. 11.
- O'Brien B, Murphy JJ, Conolly JF, Mehra RK, Guinee P, Stakelum J. 1997. Effect of altering of dairy herbage allowance in mid lactation of the composition and processing characteristics. *Journal of Dairy Research*. 64: 621-626.
- O'Mara FP, Fitzgerald JJ, Murphy JJ, Rath M. 1998. The effect on milk production of replacing grass silage with maize silage in the diet of dairy cows. *Livestock Production Science* 55: 79-87.
- Silva BO, Leite LA, Ferreira MIC, Fonseca LM, Reis RB. 2004. Silagens de girasol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 56(6): 750-756.
- Steel RG, Torrie JH. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2ª ed., New York, McGraw-Hill. Stockdale CR. 1994a. Persian clover and maize silage. II. Effects of variations in clover and silage consumption on the productivity of dairy cows at various stages of lactation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 45(8): 1767-1782.
- Stockdale CR. 1994b. Persian clover and maize silage. III. Rumen fermentation and balance of nutrients when clover and silage are fed to lactating dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research*. 45(8): 1783-1798.
- Tilley JM, Terry RA. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science* 18: 104-111.
- Thomas C, Aston K, Daley SR, Hughes PM. 1982. A comparison of red clover with grass silage for milk production. *Anim. Prod.* 34: 361.
- Toledo JM, Schultze-Kraft R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. CIAT, Cali, Colombia, 169 p.
- Van Soest PJ, Licitra G, Hernandez TM. 1995. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57: 347-358.
- Waller J, Merchen N, Hanson T, Klopfenstein T. 1980. Effect of sampling intervals and digesta markers on abomasal flow determinations. *Journal of Animal Science* 50(6): 1122-1126.
- Walker GP, Dunshea FR, Doyle PT. 2004 Effects on nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: A review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 55(10): 1009-1028.
- Williams CH, David DJ, Lismaa O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science* 59: 381.