

## CALIDAD DE LA LECHE, DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA Y PRODUCCIÓN EN VACAS ALIMENTADAS CON GRAMÍNEAS SOLAS O ASOCIADAS CON *Lotus uliginosus*

A. Morales<sup>1\*</sup>, J. León<sup>1</sup>, E. Cárdenas<sup>2</sup>, G. Afanador<sup>2</sup>, J. Carulla<sup>2</sup>

Artículo recibido: 2 de septiembre de 2012; aprobado: 29 de noviembre de 2012

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso de la leguminosa *Lotus uliginosus* como alternativa de inclusión dentro de las praderas en dos ecorregiones estratégicas de la Sabana de Bogotá. En cada finca se evaluaron cuatro tratamientos: 1) kikuyo solo (*P. clandestinum*), 2) kikuyo asociado con trébol pata de pájaro (*P. clandestinum* + *L. uliginosus*), 3) festuca alta sola (*F. arundinacea*) y 4) Festuca alta asociada con trébol pata de pájaro (*F. arundinacea* + *L. uliginosus*). El número de bovinos varió de acuerdo a la capacidad de carga de cada finca. Se utilizaron animales que se encontraban en el segundo tercio de lactancia durante un período experimental de siete días. En cada tratamiento se determinó la producción (L/día) y calidad de leche (% de grasa, proteína y sólidos totales); en la pastura se evaluó la composición química (MS, FDN, FDA) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Se midió el consumo voluntario. En la finca Megaleche la producción de biomasa presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos destacándose el tratamiento del kikuyo solo; la calidad nutricional de las pasturas también presentó diferencias ( $P < 0,04$ ) destacándose el tratamiento de kikuyo + trébol pata de pájaro, asociación que también se destacó en consumo voluntario ( $P < 0,05$ ) y producción de leche ( $P < 0,05$ ). En la finca Colega el contenido de proteína del forraje presentó diferencias cuando las gramíneas se asociaron con el trébol pata de pájaro ( $P < 0,001$ ). Se concluyó que la introducción del *Lotus* en las praderas mejoró la producción de leche y consumo de materia seca en los animales.

**Palabras clave:** asociación, *Lotus*, *Festuca*, *P. clandestinum*.

## MILK CHEMICAL COMPOSITION, MATTER DRY *in vitro* DIGESTIBILITY AND PRODUCTION IN COWS FED ALONE GRASSES OR ASSOCIATED *Lotus uliginosus*

### ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the use of the legume *Lotus uliginosus* alternatively inclusion into the meadows on two strategic ecoregions savannah of Bogota. In each farm four treatments: 1) only kikuyu (*P. clandestinum*), 2) associated kikuyo Birdsfoot trefoil (*P. clandestinum* + *L. uliginosus*), 3) single tall fescue (*F. arundinacea*) and 4) tall fescue associ-

<sup>1</sup> Maestría en Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cr. 30 nro. 45-07, Bogotá (Colombia).

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cr. 30 nro. 45-07, Bogotá (Colombia).

\* Autor para correspondencia: ammoraless@unal.edu.co

ated Birdsfoot trefoil (*F. arundinacea* + *L. uliginosus*). The number of cattle varied according the load capacity of each farm. Were used animals that were in the second third of lactation during a trial period of seven days, in each treatment was determined production (L/day) and milk quality (% of fat, protein and total solids). In the pasture it was evaluated chemical composition (DM, NDF, ADF) and *in vitro* digestibility of matter dry (IVDMD). Voluntary intake was measured. On the farm Megaleche biomass production showed significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments kikuyu emphasizing treatment alone nutritional quality of pastures also showed significant differences ( $P < 0.04$ ) emphasizing treating kikuyu + Birdsfoot trefoil an association that was also highlighted in the voluntary intake ( $P < 0.05$ ) and milk production ( $P < 0.05$ ). On the farm Colega protein content of forage grasses differed when associated with Birdsfoot trefoil ( $P < 0.001$ ). It was concluded that the introduction of Lotus grassland improved milk production and dry matter intake in animals.

**Keywords:** association, *Lotus*, *Festuca*, *P. clandestinum*.

## INTRODUCCIÓN

La Sabana de Bogotá reúne a las cuencas más importantes de producción de lechería especializada de Colombia, con una producción basada en pasturas de kikuyo (*Penisetum clandestinum*), que es un pasto tropical C4 originario de la región de Kikuyo en Kenia y que se ha naturalizado en Colombia, hasta volverse endémico en pasturas de la microrregión de Altiplanicies y Laderas Frías; en la actualidad, es probablemente la más importante especie de gramínea utilizada en la producción de leche en Colombia.

El panorama actual del sector lácteo en Colombia presenta grandes retos en innovación y competitividad pues los precios internacionales de la leche se encuentran muy por debajo de lo que actualmente se paga en el país y con tendencia a la baja, en contraste con los costos en los insumos agropecuarios que van en aumento.

Diversos recursos forrajeros han sido objeto de investigación, con el fin de obtener diferentes beneficios como el incremento de las producciones de biomasa de mejor calidad y a mínimos costos, con bajos requerimientos de fertilización y una mayor resistencia a plagas y enfermedades (Cárdenas 2003); tal es el caso de materiales como el *Lotus uliginosus* y la *Festuca arundinacea* que

a través de la Unidad de Recursos Genéticos Forrajeros de la Universidad Nacional de Colombia (URGF – UNAL) en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) en Mosquera (Cundinamarca), han demostrado ser alternativas viables para el mejoramiento de la oferta forrajera en los actuales sistemas de producción de la microrregión (Castro 2004; Murillo 2003).

La leche producida en los sistemas de lechería especializada presenta bajo valor nutricional (Carulla *et al.* 2004). La calidad composicional de la leche proveniente de estos ecosistemas y en particular los niveles de proteína cruda de la leche se pueden considerar bajos, al compararlos con la leche obtenida en otros países o con las regiones del trópico bajo colombiano, lo que resta competitividad al sector localizado en las altiplanicies y laderas frías. Es de anotar que la composición nutricional de la leche es producto de la interacción de factores los cuales se deben desarrollar de la mejor manera; de este modo, la genética, la dieta y el entorno juegan un papel importante para llegar a un producto de excelente calidad. Sin embargo, se ha encontrado que las vacas de leche que consumen leguminosas como el *Lotus* en asociación con kikuyo han incrementado

el volumen de leche y el contenido de proteína láctea (Castro *et al.* 2009). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de *Lotus* en pasturas de *Pennisetum clandestinum* y *Festuca arundinacea* sobre la producción de forraje, el volumen y calidad composicional de leche (sólidos totales: grasa y proteína) en lecherías especializadas de dos ecorregiones representativas de las Altiplanicies y Laderas Frías de Colombia.

Infortunadamente, la investigación de mezclas gramínea x leguminosa ha recibido muy poca atención, a pesar de los beneficios potenciales derivados de ofrecer una producción de forrajes más consistente en un rango amplio de ambientes comparados, con el monocultivo de la gramínea (Haynes, 1980) y la fijación de nitrógeno como se ha indicado por parte de la leguminosa en la mezcla (Beuselinck *et al.* 1992). Otras potenciales ventajas de la mezcla gramínea - leguminosa sobre los monocultivos incluyen: el control de la erosión, la minimización de malezas invasivas inherentes al monocultivo (Sheffer *et al.* 1990), el mejoramiento en los tiempos de secado cuando se pretende henificar (Chamblee y Collins, 1988) y la reducción del daño producido por insectos (Roda *et al.* 1996).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fincas evaluadas

Se emplearon dos fincas referentes de ecorregiones estratégicas para la producción de leche especializada, ubicadas al occidente y al oriente de la Sabana de Bogotá, respectivamente.

- Finca A: Megaleche, ubicada en el municipio de Facatativá (Cundinamarca), vereda La Selva, con una po-

sición geográfica de 4° 49' 89" Latitud Norte y 74° 22' 77" Latitud Oeste. La finca se encuentra a 2.597 m.s.n.m., con temperatura promedio de 15°C y oscilaciones entre -2 a 18°C; precipitación promedio anual de 900 mm/año, con un promedio de los últimos cinco años de 2,25 mm/día (<http://portal.fedegan.org>) con distribución bimodal y presencia de heladas durante los meses de diciembre, enero y julio (Cárdenas 2003).

- Finca B: Terreno de la Cooperativa de Lecheros de Guatavita –Colega-, ubicada en el kilómetro 26 vía Guasca - Guatavita. La finca se encuentra a 2.700 m.s.n.m., temperatura promedio de 12°C que varía de -8 a 20 °C, precipitación de 1.200 a 2.000 mm/año (Santamaría y Torres 2001) con distribución bimodal y presencia de heladas durante los meses de diciembre, enero y julio.

### Área del ensayo

- Finca A: Se empleó un área de 4 ha con topografía plana, perteneciente a la serie de suelo Río Bogotá; suelos mal drenados, profundos con contenido medio de materia orgánica, pH ácido y baja CIC.
- Finca B: Se empleó un área de 2,36 ha con topografía medianamente pendiente (<25%) a ondulada, perteneciente a la serie de suelos Monserrate; suelos mal drenados, poco profundos, contenido medio de materia orgánica, pH ácido, baja CIC y alta saturación de aluminio (50%).

### Preparación del terreno

Las dos fincas tuvieron manejos similares en la preparación del suelo en que se establecieron las pasturas. Con base en

el sistema radical actual del kikuyo y el tamaño de la felpa del mismo, se realizó un sobrepastoreo y luego se pasó roto-speed; posteriormente se aplicó glifosato (4.0 L/ha), luego se empleó un roto-vator con profundidad de 5 cm para retirar la felpa de kikuyo que mantenía la compactación del suelo. Luego se utilizaron dos pases de rastrillo en cruz, la aplicación de un correctivo para la saturación del aluminio y, por último, un pase de cincel profundo a 40 o 60 cm de profundidad distanciados a 70 cm.

### Siembra

Se realizó la siembra con material vegetal; en las praderas asociadas de *Festuca* se emplearon surcos alternos de gramínea y leguminosa y para su siembra se tuvo en cuenta una distancia de 30 cm entre surco y 30 cm entre plantas, mientras que las praderas solas de *Festuca* se sembraron a distancias de 30 x 30 cm entre surcos y dentro del surco. Para las praderas asociadas de kikuyo con *Lotus* se sembraron franjas de 5 m de kikuyo seguido de franjas de 3 m de *Lotus* a lo largo del potrero.

### Fertilización

La fertilización al establecimiento se realizó teniendo en cuenta el análisis de suelos de cada ecorregión, tomando como referente la recomendación de fertilización para establecimiento descrita por Silva (1986) y Bernal (1984). A las pasturas asociadas no se les aplicó N, pero sí el resto de los nutrientes como en las praderas puras. Cada 45 días, durante el periodo de descanso, las pasturas puras fueron fertilizadas con manejo tradicional de urea a razón de 50 kg/N/ha; las pasturas asociadas fueron fertilizadas con 46 kg de P/ha y 18 kg de N/ha, una vez cada seis meses.

### Tratamientos

Especies forrajeras:

1. *P. clandestinum* solo
2. *P. clandestinum* + *L. uliginosus*
3. *F. arundinacea* solo
4. *F. arundinacea* + *L. uliginosus*

El área sembrada varía de acuerdo al área de cada finca y a la disposición de espacio, así:

- Finca A: *P. clandestinum* solo (1 ha), *P. clandestinum* + *L. uliginosus* (1 ha), *F. arundinacea* solo (1 ha), *F. arundinacea* + *L. uliginosus* (1 ha)
- Finca B: *P. clandestinum* pura (0,59 ha), *P. clandestinum* + *L. uliginosus* (0,59 ha), *F. arundinacea* (0,59 ha), *F. arundinacea* + *L. uliginosus* (0,59 ha)

### Metodología experimental

El pastoreo se realizó cada 45 días previa estimación de la producción de biomasa. Se manejó una oferta diaria de forraje de 20 kg de MS lo que corresponde a 3,5 kg/100 kg de peso vivo por animal, asignada una vez al día mediante el uso de cuerda eléctrica.

Se usaron vacas Holstein seleccionadas al azar y su número varió de acuerdo con la finca, de la siguiente manera:

- Finca A: Se utilizaron 12 bovinos con un peso promedio de 620 kg ( $\pm 22$  kg), con un número de partos entre 2 y 5, en segundo tercio de lactancia y similar producción de leche.
- Finca B: Se usaron cuatro bovinos con un peso promedio 572 kg ( $\pm 18$  kg) con similares condiciones de edad, período de lactancia y productividad que los animales de la finca A.

**TABLA 1.** Calidad nutricional y contenido de ácidos grasos del alimento concentrado.

Ingredientes	MS	FDN	FDA	PC	EE	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
(%)	88	23.8	12.2	18.5	6.5	7.5	4.1	36.8	5.1	29.6	16.5	0.3

El período experimental tuvo una duración total de 84 días, en el cual las vacas pastorearon cuatro ciclos, cada ciclo con 14 días de acostumbramiento y posteriormente 7 días de medición para obtener las variables de respuesta.

En todos los tratamientos de pasturas y en las dos fincas evaluadas, las vacas fueron suplementadas con 3,6 kg/animal/día de un concentrado previamente formulado buscando 1,85 Mcal ENL/kg/MS y 18% PC (Tabla 1).

### Muestreos

En cada uno de los períodos se tomaron muestras de leche y forraje.

**Leche:** Se midió la producción de leche durante siete días de evaluación de manera individual y luego se tomaron muestras de leche para análisis de composición el último día de cada ciclo. Se tomó una muestra individual en los días tres y siete de la fase experimental de 150 ml en cada uno de los ordeños directamente del bottellón previa agitación completa. A final del día se realizó la mezcla de las muestras proporcional a la producción en cada ordeño. Se separaron dos alícuotas de 200 ml, a la primera se le adicionó dicromato de potasio ([http://www.ehowenespanol.com/conservadores-leche-lista\\_107115](http://www.ehowenespanol.com/conservadores-leche-lista_107115)) y se congeló para su posterior análisis. La otra alícuota de 200 ml fue procesada en frasco para la extracción de grasa, análisis de sólidos totales, grasa y proteína.

**Forraje:** Las muestras de forraje fueron tomadas los tres últimos días de cada

período mediante *hand pluck* (arrancado a mano) simulando el pastoreo del animal. Las muestras posteriormente fueron secadas mediante horno de aire forzado a 60°C por 48 horas para los análisis correspondientes.

### Análisis realizados en leche y forrajes

Las muestras de leche fueron sometidas a los siguientes análisis:

- pH (AOAC 973.41, 1998)
- Sólidos totales (AOAC 325.23, 1998)
- Proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC 7.033-7.037, 1984)
- Grasa por el método de Gerber (AOAC-2000.18, 2006a). La grasa fue extraída por centrifugación para determinación del perfil de ácidos grasos y obtener ácido linoleico conjugado (CLA) por cromatografía de gases.

Las muestras de forraje fueron analizadas para:

- MS (kg MS/ha/pastoreo) según metodología de Kerridge y Franco (1995)
- Humedad (AOAC-930.15, 2006)
- Proteína cruda-Kjeldahl (AOAC-2001.11, 2006)
- Fibra en Detergente Neutro (Van Soest *et al.* 1991)
- Fibra en Detergente Ácido (Van Soest *et al.* 1991)
- Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (Tilley y Terry 1963).

Para medir el consumo voluntario de forraje se empleó la técnica agronómica que consiste en realizar un muestreo antes y después del pastoreo, en la semana de evaluación.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

En la finca de Megaleche se utilizó un diseño de sobrecambio (*cross over*) 4x4 con vacas distribuidas al azar en cada uno de los tratamientos (vaca como unidad experimental, está en un grupo de 3 vacas dentro de cada tratamiento); de esta manera se conformaron cuatro grupos y se asignaron las vacas a cada tratamiento. Para el análisis de resultados se utilizó el programa estadístico SAS<sup>TM</sup> (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, 1996) procedimiento Proc Mixed; para los casos en que fuera necesaria la comparación de medias se llevó a cabo la prueba de Tukey.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_k + \text{SUB}(\beta)_{jk} + \delta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde,

$Y_{ijkl}$  = Observación del j-ésima vaca, en la i-ésima pastura, en el orden de pastoreo  $k$  y en el periodo  $l$

$\mu$  = Promedio general

$\tau_i$  = Efecto fijo de la pastura  $i$  ( $i = 1$  a  $4$ )

$\beta_k$  = Efecto del orden de pastoreo  $k$  ( $k = 1$  a  $4$ )

$\text{SUB}(\beta)_{jk}$  = Efecto al azar de la vaca  $j$  en el orden  $k$  ( $J = 1$  a  $12$ )

$\delta_l$  = Efecto del periodo  $l$  ( $l = 1$  a  $4$ )

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error aleatorio

En la finca Colega el diseño experimental consistió en un cuadrado latino donde se utilizó una vaca como unidad experimental por tratamiento, la cual rotó al azar por cada uno de los cuatro tratamientos. Para el análisis de resultados se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, 1996)

procedimiento Proc Mixed; para los casos en que fuera necesaria la comparación de medias se llevó a cabo la prueba de Tukey.

$$Y_{ij(k)} = \mu + \tau_i + \beta_k + \delta_l + \varepsilon_{ij(k)}$$

Donde,

$Y_{ij(k)}$  = observación de la vaca en la i-ésima pastura, en el orden de pastoreo  $k$  y en el periodo  $l$

$\mu$  = Promedio general

$\tau_i$  = Efecto de la pastura  $i$  ( $i = 1$  a  $4$ )

$\beta_k$  = Efecto del orden de pastoreo  $k$  ( $k = 1$  a  $4$ )

$\delta_l$  = Efecto del periodo  $l$  ( $l = 1$  a  $4$ )

$\varepsilon_{ij(k)}$  = Error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido que las condiciones espaciales, edafo-climáticas y de genética animal fueron totalmente diferentes, el estudio fue planteado para evaluarse particularmente para cada ecorregión.

### Finca Megaleche

#### Producción de biomasa y composición botánica

La producción de biomasa (g de MS/m<sup>2</sup>) presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) por efecto de la pastura (Tabla 2). La mayor producción de biomasa se observó para el pasto kikuyo. La asociación de los pastos kikuyo y Festuca con *L. uliginosus* no presentó diferencias entre sí. Sin embargo fue superior a la Festuca sola e inferior a kikuyo solo ( $P < 0,05$ ). El estudio presenta para las dos asociaciones valores superiores a los reportados por Corredor (1986) para *F. arundinacea* + *T. repens* de 93 g MS/m<sup>2</sup> en invierno y 40 g MS/m<sup>2</sup> en verano y por Castro (2004), quien señaló producciones de 174,5 g MS/m<sup>2</sup> en la asociación de *F. arundinacea* y *L. uliginosus* a 45 días de

**TABLA 2.** Producción de biomasa y composición botánica de las pasturas establecidas en las Altiplanicies de Colombia-Provincia Sabana Occidente- Cuenca del río Bojacá, finca tipo: Megaleche.

PASTURA	PROD. DE BIOMASA <sup>1</sup> (g MS/m <sup>2</sup> )	COMPOSICIÓN BOTÁNICA (%)			
		Gramínea	Leguminosa	Material muerto	Otros
<i>P. clandestinum</i>	512.2a	85.7	-	8.5	5.7
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	401.2b	38.7	44.9	4.0	12.3
<i>F. arundinacea</i>	324.2c	70.3	-	7.2	22.4
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	416.8b	61.3	6.98	13.2	18.4

a,b,c Promedios seguidos por letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes (P < 0,05).

<sup>1</sup> Promedio de: 3 cortes por ciclo x 4 ciclos rotados por el modelo de recambio. Otros: Kikuyo (*P. clandestinum*), Falsa poa (*Poa pratensis*), Ryegrass (*Lolium* sp.), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y comunista (*G. fluitans*).

rebrote y de 379,3 g MS/m<sup>2</sup> a 70 días de rebrote. En un estudio posterior realizado en la misma ecorregión, Castro (2008) reporta producciones de 228,2 g MS/m<sup>2</sup> para la asociación *F. arundinacea* y *L. uliginosus* a los 45 de rebrote y Mayorga (2011) de 235 g MS/m<sup>2</sup> para la asociación *P. clandestinum* + *Lotus*, valores numéricamente inferiores a los reportados en el presente estudio. Los resultados de este estudio fueron superiores a trabajos previos de investigación lo cual se relaciona con el trabajo previo de preparación de suelos y la fertilización de precisión la cual se ajustó al análisis de suelo de cada finca.

Para la composición botánica, se observó que la proporción de *L. uliginosus* fue mayor en la pradera asociada con *P. clandestinum* (44,9%) comparada con la proporción encontrada en *F. arundinacea* (6,98%), donde la leguminosa desapareció posteriormente a la siembra debido al control de arvenses ya que el herbicida afectó la leguminosa. De igual forma, en los dos tratamientos donde se incluyó la *F. arundinacea*, se presentó invasión de *P. clandestinum* debido posiblemente al hábito de crecimiento erecto y al lento establecimiento de la *Festuca* (Tabla 2).

### Composición química y DIVMS

El tipo de pasturas afectó (P < 0,001) el contenido de materia seca (%) de las praderas (Tabla 3). El menor contenido de materia seca fue observado para la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* la cual fue diferente de las otras tipología de praderas estudiadas (P < 0,05), las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí (P > 0,05).

El tipo de pastura también afectó la composición de proteína cruda de las praderas (P < 0,02). El mayor contenido de proteína cruda fue observada para la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus*, la cual fue similar a la pastura con *F. arundinacea*, pero diferente de las praderas de *F. arundinacea* + *L. uliginosus* y *P. clandestinum* (P < 0,05).

El tipo de pasturas afectó la composición de FDN y de FDA de las praderas (P < 0,001). Estas dos variables mantuvieron el patrón descrito para el contenido de materia seca, es decir, fueron inferiores para la asociación de kikuyo+ *Lotus* comparado con los otros tratamientos (P < 0,05). La DIVMS fue menor (P < 0,007) en el tratamiento kikuyo solo cuando se la comparó con los demás tratamientos, mostrando de

esta manera que la asociación del kikuyo con *Lotus* mejora este aspecto. Todos los anteriores resultados estuvieron orientados por la proporción de la leguminosa en las diferentes tipologías de praderas estudiadas, situación que favoreció a nivel composicional y energético a la pradera de kikuyo. Comparado con otros resultados obtenidos por el grupo se puede señalar que los contenidos de PC fueron muy superiores a los reportados por Castro (2004) de 15,0% para asociación de kikuyo + *Lotus* a 45 días de rebrote, quien también reportó valores de FDN y FDA de 62,0 y 29,3%, respectivamente, muy superiores a los obtenidos en el presente trabajo. El menor contenido de PC (19,9%) fue inferior al encontrado por Jaime (2002), quien reportó para *P. clandestinum* a 45 días de rebrote, un contenido de 21,5% de PC. Adicionalmente, el contenido de FDN fue superior al reportado por Jaime (2002), para gramíneas de clima frío 55,3% cosechadas a 45 días.

Con respecto a la pastura de *F. arundinacea*, los niveles de FDN y PC fueron superiores a los reportados por Dierking *et al.* (2010) quienes encontraron valores de 50,9% de FDN y 16,4% de PC; en ese mismo trabajo se observó que la incorporación de la leguminosa (*Medicago*

*sativa*) en las pasturas de *F. arundinacea* redujo en un 24% el contenido de FDN e incrementó en un 30% el contenido de PC. En consecuencia, el efecto observado para la asociación de Kikuyo + *Lotus* no fue evidente en la pastura de Festuca + *Lotus*, debido a la baja proporción de la leguminosa en esta asociación. En general, en este aspecto se ha observado que en el comportamiento de la asociación gramínea + leguminosa con respecto a las praderas puras existe una correlación negativa entre la proporción de la leguminosa en la pradera y los contenidos de FDN y FDA, pero una correlación positiva con los contenidos de proteína cruda de las pasturas asociadas (Zemenchik *et al.* 2001).

### Consumo de MS total, producción y calidad de leche

El tipo de pasturas afectó la producción de leche ( $P < 0,01$ ). La mayor producción de leche (litros/vaca/día) fue observada para la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* que fue mayor a los demás tratamientos ( $P < 0,05$ ). La incorporación de *Lotus* en pasturas de *P. clandestinum* aumentó el consumo de materia seca del forraje y estuvo relacionada con el patrón de producción de leche (kg/vaca/día) al compararlo con los otros grupos

**TABLA 3.** Calidad nutricional del forraje ofrecido en pasturas establecidas en las Altiplanicies de Colombia-Provincia Sabana Occidente- Cuenca del río Bojacá, finca tipo: Megaleche.

PASTURA	MS	COMPOSICIÓN QUÍMICA (% MS)			
		PC	FDN	FDA	DIVMS
<i>P. clandestinum</i>	23.6 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	62.2 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	62.1 <sup>b</sup>
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	16.8 <sup>b</sup>	24.9 <sup>a</sup>	42.8 <sup>b</sup>	21.0 <sup>b</sup>	69.9 <sup>a</sup>
<i>F. arundinacea</i>	25.3 <sup>a</sup>	20.6 <sup>b</sup>	57.6 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	64.7 <sup>a</sup>
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	25.4 <sup>a</sup>	20.1 <sup>b</sup>	56.5 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	66.0 <sup>a</sup>
P	<0.002	<0.040	<0.001	<0.006	<0.007

*a, b* Promedios seguidos por letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ )

MS: Materia Seca, PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra en Detergente Neutro, FDA: Fibra en Detergente Ácido, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca.

**TABLA 4.** Consumo de MS, producción y calidad composicional de la leche de vacas Holstein bajo pastoreo de praderas puras y asociadas con *Lotus* establecidas en las Altiplanicies de Colombia-Provincia Sabana Occidente- Cuenca del río Bojacá, finca tipo: Megaleche.

PASTURA	CONSUMO MS (Kg/d)	LECHE (l/v/d)	CALIDAD NUTRICIONAL (%)		
			PROTEÍNA	GRASA	ST
<i>P. clandestinum</i>	16.2 <sup>b</sup>	18.0 <sup>c</sup>	2.74	3.3 <sup>b</sup>	12.0 <sup>b</sup>
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	18.0 <sup>a</sup>	22.9 <sup>a</sup>	2.64	3.5 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>
<i>F. arundinacea</i>	15.4 <sup>b</sup>	17.2 <sup>c</sup>	2.71	3.6 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	16.1 <sup>b</sup>	17.5 <sup>c</sup>	2.76	3.6 <sup>a</sup>	12.1 <sup>ab</sup>
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.4*</b>	<b>18,9</b>	<b>2,71</b>	<b>3,6**</b>	<b>12,2**</b>

*a, b, c* Promedios seguidos por letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). (\* $P < 0,05$ ). (\*\*  $P < 0,001$ ). l/v/d: litros/vaca/día. ST: Sólidos totales

experimentales ( $P < 0,05$ ) (Tabla 4). Un incremento promedio de 2 kg de MS (incluyendo el suplemento) comparado a las demás pasturas ( $P < 0,001$ ) resultó en un incremento promedio de 5 litros de leche. Un aumento similar en la producción de leche fue reportado por Turner *et al.* (2005), cuando compararon la producción y la calidad de la leche obtenida en pasturas de *Lotus* vs. Ryegrass. Igualmente, Mayorga (2011) reportó incrementos en la producción de leche en pasturas de *P. clandestinum* + *Lotus* de tres litros y en *Lotus* de siete litros comparadas con una pastura pura de *P. clandestinum*. Estos resultados demuestran que el consumo de MS se ve estimulado por la adición de la leguminosa a la pradera, lo cual se refleja en una expresión real de potencial de producción de leche en la ecorregión estudiada (Zemenchik *et al.* 2001).

El tipo de pasturas no afectó el contenido de proteína cruda de la leche ( $P > 0,67$ ). El valor promedio de proteína cruda de la leche de 2,7% fue numéricamente inferior al reportado en otros estudios realizados en el mismo ecosistema. De otra parte, sorprende los valores numéricos menores encontrados para asociación *P. clandestinum* + *Lotus* cuando se comparan con trabajos previos reportados por Castro

(2008) con valores de 3,19%, por Álvarez *et al.* (2006) con 3,03% de proteína en praderas de *F. arundinacea* + *M. sativa*, y por Mayorga (2011) con 3,3% en praderas asociadas de *P. clandestinum* + *Lotus*.

El contenido de grasa de la leche presentó diferencias significativas por efecto del tipo de praderas estudiadas ( $P < 0,05$ ) (Tabla 4). Las pasturas de *P. clandestinum* presentaron menor porcentaje de grasa en leche con relación a los otros tratamientos ( $P < 0,05$ ). Los resultados para el *P. clandestinum* de este experimento fueron inferiores a los reportados por Mojica *et al.* (2009) de 3,4% y 3,7% para vacas en segundo tercio de lactancia con diferentes ofertas de kikuyo, y por Aguilar *et al.* (2009) de 3,65% de grasa para vacas en pastoreo de kikuyo de 50 días de rebrote. Recientemente, Mayorga (2011) reporta contenidos de grasa para vacas que pastorearon en *P. clandestinum*, *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y *L. uliginosus* de 3,6; 3,4 y 3,3% respectivamente, estos resultados muy relacionados al tipo de genética utilizada y los consumos de materia seca de los animales, valores que fueron similares a los encontrados en el presente estudio.

El contenido de sólidos totales de la leche fue afectado por el tipo de pastura estudiado ( $P < 0,05$ ). Como consecuencia

de los valores inferiores observados en el contenido de grasa de la leche para el kikuyo, los valores de sólidos totales de la leche también fueron inferiores para este tipo de pastura comparados con la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y *F. arundinacea* ( $P < 0,05$ ). La pastura *F. arundinacea* + *L. uliginosus* fue comparable en el contenido de sólidos totales de la leche con la de *P. clandestinum* ( $P > 0,05$ ). Al compararlo con trabajos realizados en este ecosistema, los valores de sólidos totales de la leche superaron a los reportados

por Álvarez *et al.* (2006) de 11,54% para praderas asociadas gramínea - leguminosa, y por Sanjuanelo (2005) de 11,96% en diferentes hatos Holstein situados en el Altiplano del departamento de Boyacá.

### Finca Colega

#### Producción de biomasa y composición botánica

La producción de biomasa (g de MS/m<sup>2</sup>) fue afectada por el tipo de pastura ( $P < 0,05$ ) (Tabla 5). El *P. clandestinum* produjo más

**TABLA 5.** Producción de biomasa y composición botánica de las pasturas establecidas en la eco región de Ladera Fría de la Provincia del Guavio, finca tipo: Colega.

PASTURA	PROD. DE BIOMASA <sup>1</sup> (g MS/m <sup>2</sup> )	COMPOSICIÓN BOTÁNICA (%)			
		Gramínea	Leguminosa	Material muerto	otros
<i>P. clandestinum</i>	381.1a	85.7	-	7.8	6.5
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	373.7a	32.3	28.3	4.9	34.5
<i>F. arundinacea</i>	252.0b	77.4	-	5.8	15.4
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	271.1b	23.5	30.2	3.1	43.2

a, b Promedios con letras minúsculas diferentes para la producción de biomasa presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Los promedios de producción de biomasa corresponde a 3 cortes por ciclo x 4 ciclos rotados. Otros: Falsa poa (*Poa pratensis*), Pasto de agua (*Glyceria fluitans*), Kikuyo (*P. clandestinum*), Ryegrass (*Lolium* sp.), Trébol blanco (*Trifolium repens*), y comunista (*G. fluitans*).

**TABLA 6.** Calidad nutricional del forraje ofrecido en pasturas establecidas en la ecorregión de Ladera Fría de la Provincia del Guavio-Finca tipo: colega.

PASTURA	MS	CALIDAD NUTRICIONAL (% MS)			
		PC	FDN	FDA	DIVMS
<i>P. clandestinum</i>	18.6	17.2b	63.5a	27.1a	58.6a
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	14.6	25.3a	41.5c	21.2b	55.1ab
<i>F. arundinacea</i>	17.9	18.5b	58.3a	26.4a	51.8ab
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	15.5	23.0a	47.6b	23.2b	49.9b
P	NS	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

a, b, c Promedios seguidos por letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). MS: Materia Seca, PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra en Detergente Neutro, FDA: Fibra en Detergente Ácido, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca.

biomasa comparado con *F. arundinacea* (381 vs. 252) ( $P < 0,05$ ). La asociación de los dos tipos de pasturas con *L. uliginosus* no produjo un efecto significativo sobre esta variable ( $P > 0,05$ ). Los resultados para esta variable fueron más relevantes en esta ecorregión para los dos tipos de pasturas: *F. arundinacea* + *L. uliginosus* y *P. clandestinum* + *L. uliginosus* comparados con estudios previos realizados en la Sabana de Bogotá (Castro 2008; Mayorga 2011, respectivamente).

En cuanto a la composición botánica, se observó una proporción similar de *L. uliginosus* en las dos pasturas asociadas (28,3 y 30,2%), aunque se observó una relación positiva gramínea – leguminosa en la asociación con *P. clandestinum*. Por otra parte, la reducción en la proporción de la gramínea en las praderas asociadas fue numéricamente mayor para la pradera de *P. clandestinum* comparada con la de *F. arundinacea*, con un alto porcentaje de especies no deseadas en la asociación, siendo mayor para la *F. arundinacea* (34,5 vs 43,2%). La proporción de la leguminosa como componente de la pastura fue más pareja en esta finca debido a que es una región con una mayor precipitación promedio al año que permitió una mejor recuperación de la pastura.

### **Composición química y DIVMS**

El contenido de MS del forraje no presentó diferencias entre las pasturas evaluadas (Tabla 6). Las asociaciones *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y *F. arundinacea* + *L. uliginosus* presentaron los mayores valores de PC ( $P < 0,001$ ) con 25 y 23,0%, respectivamente, superiores a los reportados por Castro (2004) de 15 y 15,5% para estas dos asociaciones y a los reportados por este mismo autor para *F. arundinacea* + *L. uliginosus* de 20,3% (Castro, 2008) donde el porcentaje de leguminosa en la pradera fue de 44%.

En cuanto al contenido de FDN y FDA se destacaron nuevamente las asociaciones *P. clandestinum* + *L. uliginosus* con 41,5 y 21,2%, y *F. arundinacea* + *L. uliginosus* con 47,0 y 23,2%, respectivamente ( $p < 0.001$ ), valores inferiores a los reportados por Castro (2004) de 62,6% (FDN) y 29,3% (FDA) en la pastura *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y 54,9% (FDN) y 35,7% (FDA) en la pastura de *F. arundinacea* + *L. uliginosus*, con lo que se puede concluir que la inclusión de leguminosa en la pastura afecta el contenido de fibra de la misma.

La asociación de *F. arundinacea* + *L. uliginosus* mostró menores valores de DIVMS ( $P < 0,001$ ), cuando fue comparada con los demás tratamientos, valores inferiores también a los reportados por Castro (2008) de 65,9% para la misma asociación *F. arundinacea* + *L. uliginosus*.

### **Consumo de MS total, producción y calidad de leche**

El consumo de MS total no presentó diferencias significativas entre las pasturas (Tabla 7), y el promedio (13,3 kg/d) inferior al observado por Castro (2008) quien reportó valores de 15.74 kg/d para una pastura asociada gramínea - leguminosa y de 19.66 kg/d para una pastura mixta de dos gramíneas. Mendoza *et al.* (2011) por su parte reporta consumos de MS que variaron de 7,7 a 14,1 kg MS/vaca/d en evaluaciones a diferentes hatos y a través de dos períodos de observación, rango dentro del cual se encuentra el presente estudio. Por otro lado, Correa (2011) en un estudio para pasto kikuyo en departamento de Antioquia reporta un valor promedio de 10,49 kg MS/d pero que varía en un rango amplio que va de 3,83 a 16,92 kg MS/día.

La producción de leche (L/vaca/día) fue menor en el tratamiento *F. arundi-*

**TABLA 7.** Consumo de MS, producción y calidad composicional de la leche de vacas Holstein bajo pastoreo de praderas puras y asociadas con *Lotus* establecidas en la ecorregión de Ladera Fría de la Provincia del Guavio, finca tipo: Colega.

PASTURA	CONSUMO MS (Kg/d)	LECHE (l/v/d)	CALIDAD NUTRICIONAL (%)		
			PROTEINA	GRASA	ST
<i>P. clandestinum</i>	12.2	17.9 <i>a</i>	3.0	3.3 <i>b</i>	10.9
<i>P. clandestinum</i> + <i>L. uliginosus</i>	13.1	16.8 <i>ab</i>	2.7	3.9 <i>a</i>	11.2
<i>F. arundinacea</i>	13.5	13.0 <i>b</i>	2.9	3.8 <i>a</i>	11.4
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	14.3	19.3 <i>a</i>	2.8	4.0 <i>a</i>	11.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.3</b>	<b>16.7*</b>	<b>2.8</b>	<b>3.8*</b>	<b>11.3</b>

*a, b* Promedios seguidos por letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). (\* $P < 0,05$ ). l/v/d: litros/vaca/día. ST: Sólidos totales.

*nacea* sola (13,0 L/vaca/día) cuando fue comparada con los demás tratamientos, resultado muy inferior al obtenido con los demás tratamientos una posible causa es la menor digestibilidad de la pastura (51,8%) asociado a un bajo consumo (13,5 kg MS/día).

Respecto la calidad composicional de la leche, el contenido de proteína no varió entre los diferentes tratamientos.

En el contenido de grasa de la leche, se presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) siendo inferior en las vacas que consumieron *P. clandestinum* (3,38%). El promedio general de grasa en leche fue de 3,8%; para la finca Megaleche se presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) siendo inferior en las vacas que consumieron *P. clandestinum* (3,3%). Con respecto a las demás pasturas, el promedio general de grasa en leche fue de 3,6% similar a lo reportado por Mendoza *et al.* (2011) de 3,6 y 3,8% en dos periodos de observación y Correa (2011) entre 3,6 y 3,7%.

La cantidad de sólidos totales frente al parámetro mínimo nacional de 11,95% (MADR, 2007) fue bajo en general y no presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos, aunque en las vacas que

pastorearon *F. arundinacea* y *F. arundinacea* + *L. uliginosus* hubo un leve incremento (Tabla 7).

En contraste con los resultados observados en este estudio en dos ecosistemas diferentes, en términos de producción de biomasa, un incremento en la biomasa producida fue reportada entre un 15 a 66% en asociaciones de gramíneas con alfalfa (Mosso, 1986) y de un 15 a 52% de mezcla de Ryegrass Perenne comparado con las leguminosa solas: trébol, alfalfa y trébol pata de pájaro (Kunnelius y Narasim, 1983).

La mezcla de componentes se ve limitada por diferentes factores de crecimiento, exhibiendo un balance competitivo en términos de habilidades de respuesta a estos factores, proceso que se le denomina ‘coexistencia’ (Arsen, 1983). Un amortiguador en la relación gramínea - leguminosa es el nitrógeno que, en muchas ocasiones, no es un factor de competencia mientras que en el cultivo exista una alta disponibilidad de luz, agua y otros nutrientes (Haynes, 1980; Vallis *et al.* 1967). Algunos investigadores reportan una reducción en el total de materia seca (Waddington y Bittman, 1984) en la mezcla gramínea x

leguminosa, que va acompañada de una reducción en la calidad del forraje (Spandl y Hesterman, 1997). En este estudio en el ecosistema de altiplanicies se observó una reducción en la producción de materia seca para la asociación kikuyo x *Lotus*, mientras que cuando el *Lotus* se asoció con la *Festuca*, la producción de biomasa fue mayor, debido a una menor proporción de la leguminosa en la pradera. Para el ecosistema de laderas frías, la asociación no redujo la producción de biomasa. La calidad del forraje analizada mediante la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), produjo resultados numéricos que favorecieron la asociación en el ecosistema de altiplanicies, mientras en las laderas frías fue evidente la reducción de la calidad del forraje, especialmente en la asociación con *Festuca*. En este caso se comprueba el comportamiento competitivo agresivo de la *Festuca* en mezclas con *Lotus*, situación que ha sido reportada, en otras latitudes por Beuselinck *et al.* (1992).

Con respecto a la calidad composicional de las cuatro tipologías de praderas estudiadas, diferentes investigaciones muestran una reducción en el contenido de proteína cruda y un incremento en los contenidos de fibra en los primeros cortes de la asociación, comparado con leguminosas en monocultivo, debido al rápido desarrollo morfológico de las gramíneas comparadas con las leguminosas (Smith 1981). Este estudio muestra resultados contrastantes con la literatura, ya que se incrementaron los niveles de proteína cruda y se redujeron los contenidos de fibras, situación que fue más evidente en el ecosistema de altiplanicies con la pastura de kikuyo x *Lotus*.

La inclusión de leguminosas taníferas incrementa la producción de leche, efecto que ha sido observado en otras especies de

rumiantes, por ejemplo en ovejas lecheras alimentadas con *L. corniculatus* (Wang *et al.* 1996) y que fue evidente en este estudio para el caso del kikuyo, lo cual se explica por la proporción de la leguminosa *L. uliginosus* en este tipo de pradera. Sin embargo, los efectos relacionados con el aumento de la eficiencia de producción de leche asociados con incrementos en la producción de proteína y un descenso en el contenido de grasa, no fueron observados en este estudio. Estos efectos han sido explicados por una mayor disponibilidad de aminoácidos intestinales, especialmente metionina y lisina, los cuales se sugiere limitan la producción de leche. Igualmente, una mayor disponibilidad de aminoácidos estaría relacionada con una mayor síntesis de glucosa y una mayor concentración de lactosa en la leche (Frutos *et al.* 2004).

Aunque el potencial de utilización de las leguminosas en sistemas de pastoreo para la producción de carne y leche es amplio, existen diferentes tipos de restricciones para su uso en ecosistemas de Altiplanicies y Laderas Frías. Por ejemplo, la alfalfa que es fundamentalmente usada para ser cosechada como heno, tiene problemas de timpanismo, requiere del control de insectos y debe ser sembrada en suelos profundos, con una alta fertilidad. Los tréboles son lentos en el establecimiento, causan también timpanismo y no son suficientemente competitivos en mezclas con gramíneas durante el establecimiento (Sheaffer *et al.* 1992). El trébol pata de pájaro utilizado en este estudio soporta en un corto tiempo una capacidad de carga animal y ganancia de peso corporal, pero es débil en su persistencia; adicionalmente, no produce timpanismo y es una buena alternativa para reemplazar leguminosas tradicionales como la alfalfa (Marten *et al.* 1987).

En conclusión, la selección de una adecuada gramínea es importante para la retención de *Lotus* en la mezcla, su productividad y permanencia en una pradera. En este estudio se observa en términos de composición de la pradera para la ecorregión de altiplanicies que el *Lotus* se asocia muy bien con kikuyo, mientras que en las laderas frías, la *Festuca* mostró los mejores resultados cuando se analizaron los contenidos de PC, FDN y FDA de las praderas. Este mejor contenido composicional de la pradera se reflejó en un mejor consumo en materia seca y, por lo tanto, de producción de leche. La pradera con más bajo contenido de grasa en la leche correspondió en ambas ecorregiones al kikuyo, afectando por dilución del contenido de sólidos totales de la leche. Los contenidos de proteína cruda de la leche no fueron afectados por la inclusión de la leguminosa *L. uliginosus*.

## CONCLUSIONES

Los mejores contenidos de PC, FDN y FDA de las dos ecorregiones evaluadas se presentaron con la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y, adicionalmente, en la finca de Colega, con la asociación *F. arundinacea* + *L. uliginosus*.

El consumo de MS se incrementó cuando se incluyó la leguminosa *L. uliginosus* dentro de la pastura. Para Megaleche el consumo fue superior para la asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* y para Colega en la asociación *F. arundinacea* + *L. uliginosus*.

La producción de leche en general fue mayor en las vacas que pastorearon praderas asociadas con *L. uliginosus* que las praderas puras. La asociación *P. clandestinum* + *L. uliginosus* presentó la mayor producción en la finca Megaleche y la

asociación *F. arundinacea* + *L. uliginosus* en la finca de Colega.

En las dos ecorregiones estudiadas, los animales que pastorearon en *P. clandestinum* presentaron los más bajos contenidos de grasa en la leche, afectando directamente el contenido de sólidos totales. En las condiciones de este estudio los contenidos de proteína no variaron.

La inclusión de *L. uliginosus* en praderas de gramíneas mejora la composición química de la pastura ofrecida al animal, lo que se ve reflejado en una mayor producción de leche.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios, a mi familia: Edna, Jerónimo y Sofía que son el motor para realizar todas mis metas; a los profesores Edgar Cárdenas y Germán Afanador por todos sus consejos y conocimiento, a la Universidad Nacional de Colombia y su planta de docentes por toda su formación a través de la carrera.

## REFERENCIAS

1. Aguilar O, Moreno M, Pabón R, Carulla JE. 2009. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o raigrás (*Lolium hybridum*) sobre la concentración de ácido linoléico conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. Livest. Res. Rural. Dev. In press.
2. Álvarez HJ, Dichio L, Pece MA, Cangiano CA, Galli JR. 2006. Producción de leche bovina con distintos niveles de asignación de pastura y suplementación energética. Cien. Inv. Arg. 33(2): 99-107.
3. [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official methods of analysis. 14 Ed. Washington D.C.: AOAC International.
4. [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1998. Official methods of analysis of AOAC International. 16 Ed. Gaithersburg (USA): AOAC International.

5. [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2006. Official methods of analysis of AOAC International. 18 ed. Bradely: AOAC International. 87 p.
6. Bernal AH. 1984. Establecimiento y manejo de pastos de clima frío. En: Curso de actualización en tecnología pecuaria, distrito Rionegro. Rionegro, Antioquia, Colombia, p. 29-35.
7. Beuselinc RP, Slepser DA, Bughrara SS, Roberts CA. 1992. Effect of mono and mixed culture of tall fescue and birdsfoot trefoil on yield and quality. *Agron. J.* 84: 133-137.
8. Cárdenas EA. 2003. Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 50: 20-24.
9. Carulla J, Cárdenas EA; Sánchez N, Riveros C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada en la zona andina colombiana. En: Seminario Nacional de Lechería Especializada: "Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad". 2006 septiembre 1 y 2, Medellín, p. 21-38.
10. Castro RE. 2004. Evaluación de adaptación y compatibilidad de 10 gramíneas para clima frío asociadas con *Lotus corniculatus* en Mosquera, Cundinamarca [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia p. 120.
11. Castro RE, Carulla J, Cárdenas EA. 2004. Evaluación de adaptación y compatibilidad de 10 gramíneas para clima frío asociadas con *Lotus corniculatus* en Mosquera, Cundinamarca. I. Adaptación y producción de biomasa aérea post-establecimiento. *Rev Med Vet Zoot*, en edición.
12. Castro RE. 2008. Balance de nitrógeno y producción de leche en pasturas para clima frío en la región occidente de la Sabana de Bogotá [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia. p. 97.
13. Castro RE, Carulla J, Cárdenas E. 2009. Productive potential of *Lotus uliginosus* in specialized dairy systems at the high altitudes of Colombian Andes. *Irish J. Agr. Food Res.* 48: 277.
14. Chamblee DS, Collins M. 1988. Relationships with other species in the mixtures. In: Alfalfa and alfalfa improvement. Hanson, AA. *et al.*, editores. Madison (USA): ASA, CSSA, SSSA, p. 439-461.
15. Correa C. 2011. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche [Tesis de Doctorado]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia. p. 234.
16. Corredor G. 1986. Producción y valor nutritivo de la mezcla de seis gramíneas y dos leguminosas bajo condiciones de pastoreo [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de Colombia. p. 6-32.
17. Dierking RM, Kallenbach RL, Grün IU. 2010. Effect of forage species on fatty acid content and performance of pasture-finished steers. *Meat. Sci.* 85: 597-605.
18. Frutos P, Raso M, Hervas G; Mantecon, AR, Pérez V, Giraldez FJ. 2004. Is there a detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim. Res.* 53: 127-136.
19. Haynes RJ. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. Agron.* 33: 227-261.
20. Jaime TGO. 2002. Estudio exploratorio de la calidad nutricional de gramíneas, leguminosas y arbóreas de la Unidad de Recursos Genéticos de Forrajes (Universidad Nacional de Colombia) [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia. p. 128.
21. Kerridge PC, Franco LH. 1995. Experimental methodology for RABAO trials - Results 1990-1994. En: West and Central African Animal Feed Research Project. RABAO 5th Annual Meeting. NARS-CIRAD/EMTV-CIAT-ILCA. 1995. April 3-9; lome (Togo).
22. Kunnelius HT, Narasim H. 1983. Yields and quality of Italian and west world ryegrass, red clover, alfalfa, birds foot trefoil and ryegrass-legume e mixtures. *Com. J. Plant Sci.* 63: 437-442.
23. Marten GC, Ehle FR, Ristau EA. 1987. Performance and photosensitization of cattle related

- to forage quality of four legumes. *Crop. Sci.* 27: 138-145.
24. Mayorga MO. 2011. Evaluación de sistemas de alimentación en vacas Holstein y su efecto sobre la productividad animal, la emisión de metano y de óxido nítrico y la captura de carbono en la Sabana de Bogotá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA. Universidad Nacional de Colombia – Asociación de Ganaderos de Facatativá. Informe Técnico Final, 76 p.
  25. Mendoza CF, Pabón RML, Carulla FJ. 2011. Variaciones diarias de la oferta forrajera, efecto sobre la producción y calidad de la leche. *Revista MVZ Córdoba.* 16(3): 2721-2732.
  26. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Resolución No. 0012 de 2007. “Por la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al productor”. 12 enero de 2007. p. 20.
  27. Mojica JE, Castro E, León J, Cárdenas E, Pabón M, Carulla JE. 2009. Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Livest Res. Rural. Dev [Internet].* 21(1): enero 2009. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/1/moji21001.htm> [citado 2012 julio].
  28. Mosso GD. 1986. Yield dynamics and chemical composition of canopy components in alfalfa-grass associations. *Diss. Abst. r Int.* B46(12): 407, 4B.
  29. Murillo GM. 2003. Potencial forrajero del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus*) en ecosistemas de trópico de altura [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia. p. 120.
  30. Roda AL, Landis DA, Coggins ML, Spandl E, Hesterman OB. 1996. Forage grasses decrease alfalfa weevil (*Coleoptera: curculionadae*): damage and larval numbers in alfalfa- grass intercrops. *J. Econ. Entomol.* 89(3): 743-750.
  31. Sanjuanelo JL. 2005 Determinación de la calidad higiénico-sanitaria y composicional de la leche producida en algunos hatos de la región del Alto Chicamocha [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia. p. .
  32. Santamaría, W, Torres C. 2001. Estudio básico de restauración vegetal en áreas de subpáramo degradadas de la vereda Monquentiva – Guatavita. *Colombia Forestal.* 7(14): 116-123.
  33. Sheaffer CC, Miller DW, Marten GC. 1990. Grass dominance and moisture yield and quality in perennial grass-alfalfa mixtures. *J. Prod. Agric.* 3: 480-485.
  34. Sheaffer CC, Marten GC, Jordan RM, Ristau EA. 1992. Forage potential of kura clover and birdsfoot trefoil when grazed by sheep. *Agron. J.* 84: 176-180.
  35. Spandl E, Hesterman OB. 1997. Forage quality and alfalfa characteristics in binary mixtures of alfalfa and bromegrass or timothy. *Crop Sci.* 37: 1582-1585.
  36. SAS (Statistical Analysis System Institute). 1996. SAS STAT User's Guide. Version 6.2. 4th ed. Cary (North Carolina, USA): SAS Institute Inc. p. 35-54.
  37. Silva PJV. 1986. Manejo y registro de praderas de clima frío. En: Seminario Nacional de Ganado de Leche: “Producción de ganado lechero en zonas frías”. Pasto, Nariño, Colombia: ICA, p. 243-248.
  38. Tilley JM, Terry RA. 1963. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18: 104-111.
  39. Turner SA, Waghorn GC, Woodward SL, Thomson NA. 2005. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) affect the detailed composition of milk from dairy cows. *N. Z. Soc. Anim. Prod.* 65: 283-289.
  40. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10): 3583-3597.
  41. Vallis I, Haydock KP, Ross PJ, Henzell EF. 1967. Isotopic studies in the uptake of nitrogen by pasture plants. Chapter 3: The uptake of small additions of N<sup>15</sup> labelled fertilizers by Rhodes grass and Townsville lucerne. *Aust. J. Agr. Res.* 18: 865-877.
  42. Waddington J, Bittman S. 1984. Establishment and subsequent productivity of bromegrass and alfalfa seeded with an Argentine rapeseed companion crop in northeastern Saskatchewan. *Can. J. Plant. Sci.* 64: 303-308.

43. Wang Y, Douglas GB, Waghorn CG, Barry TN, Foote AG, Purchas RW. 1996. Effect of condensed tannins upon the performance of lambs grazing *Lotus corniculatus* and Lucerne (*Medicago sativa*). J. Agr. Sci. 126: 87-98.
44. Zemenchik RA, Albrecht KA, Schultz MK. 2001. Nitrogen replacement value of kura clover and birdsfoot trefoil in binary mixture with cool-season grass. Agron. J. 93: 451-458.
45. [http://www.ehowenespanol.com/conservadores-leche-lista\\_107115/](http://www.ehowenespanol.com/conservadores-leche-lista_107115/)
46. [http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG\\_PORTLETS/PUBLICACIONES/CARTAAFEDEGAN/EDICIONESANTERIORES/EDICION\\_102/CYT\\_TROPICO%20ALTO%20CF\\_102.PDF](http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG_PORTLETS/PUBLICACIONES/CARTAAFEDEGAN/EDICIONESANTERIORES/EDICION_102/CYT_TROPICO%20ALTO%20CF_102.PDF)