

Producción y calidad de leche en vacas Holstein en dos arreglos silvopastoriles de *acacia* y *aliso* asociadas con pasto kikuyo

Eugenio Gualdrón Calderón* / César E. Padilla Charry**

RESUMEN

Los tratamientos evaluados fueron dos arreglos silvopastoriles, conformados por T1: *Alnus acuminata* asociado con *Pennisetum clandestinum* (SSPS), y por T2: *Acacia decurrens* + *A. acuminata* asociados con *P. clandestinum* (SSPSR), comparados con T3: praderas de *Pennisetum clandestinum*. Se utilizaron nueve vacas Holstein con un peso promedio 450 kg, entre dos y tres lactancias y una producción promedio de 12 litros/vaca/día. La producción de forraje inicial fue de 1.500, 2.000 y 2.500 kg/MS/ha en SSPS (T1); SSPSR (T2) y en control (T3) respectivamente. La producción de forraje del segundo período en T2 fue similar al T3 con 2.500 kg/MS/ha, superando al T1 en un 25% (2.000 kg/MS/ha). La producción forrajera para el tercer período fue superior en el T2 con 3.500 kg/MS/ha, superior en 16,6% y 25% al T3 y T1 respectivamente. La producción láctea de los arreglos SSPS y SSPSR fue mayor ($P < 0,01$) con 14,38 y 13,38 l/vaca/día, superando ($P < 0,05$) al tratamiento control con 12,76 l/vaca/día. Esta respuesta se obtu-

vo posiblemente por los mejores niveles de proteína, menores porcentajes de FDN, FDA presentes en el forraje, que se reflejó en mejores valores de DIVMS y menores valores de lignina. Los incrementos están estrechamente asociados con la calidad del forraje en oferta de los dos arreglos silvopastoriles, el cual presentó mayores concentraciones de proteína (15,61% y 15,89%), FDN (46,46% y 46,53%) y minerales, y el componente arbóreo favoreció la deposición en el *P. clandestinum* de fracciones de proteína como la b2 (31,82% y 42,89%) y b3 (32,10 y 25,18%) que inciden directamente en la DIVMS y en la respuesta animal.

Palabras clave: respuesta animal, sistemas silvopastoriles, *Alnus acuminata*, *Acacia decurrens*, CNCPS, *Pennisetum clandestinum*.

* Zootecnista Universidad de La Salle. Correo electrónico: egualdroncjtj69@hotmail.com

** Zootecnista Universidad de La Salle. Correo electrónico: cesarepadilla@yahoo.com

Fecha recepción: 8 de junio de 2007

Fecha aprobación: 20 de noviembre de 2007

MILK PRODUCTION AND QUALITY FROM HOLSTEIN COWS IN TWO ARRANGEMENTS OF ACACIA AND ALDER RELATED TO KIKUYO GRASS

ABSTRACT

The evaluated treatments were two arrangements of silviculture and pastureland, T1: *Alnus acuminata* in association with *Pennisetum clandestinum* (SSPS), T2: *Acacia decurrens* + *A. acuminata* in association with *P. clandestinum* (SSPSR), compared to T3: *Pennisetum clandestinum* pastures. Nine Holstein cows with an average weight of 450 kilograms, with two or three lactation periods and an average production of 12 l/cow/day were used. Initial forage production was 1.500, 2.000 y 2.500 kg/DM/ha in SSPS (T1); SSPSR (T2) and control treatment (T3) respectively. Forage production on second period for T2 was similar to T3 with 2.500 kg/DM/ha, exceeding T1 by an estimated 25% (2.000 kg/DM/ha). Forage production for the third period on T2 was outstandingly superior with 3.500 kg/DM/ha, exceeding by an estimated 16,6% and 25% for T3 and T1 respectively. Dairy production on SSPS and SSPSR was higher ($P < 0,01$) with 14,38 and 13,38 l/

cow/day respectively, surpassing ($P < 0,05$) control treatment (T3) with 12.76 l/cow/day. This response is possibly due to the increased protein levels, lower percentages of FDN (Spanish initials for Neutral Detergent Fiber) and FDA (Spanish initials for Acid Detergent Fiber) in the pastures, which was reflected in better DIVMS values and inferior Lignin levels. These increments are closely associated to forage quality offered by both treatments (T1 and T2). This forage had greater concentrations of protein (15,61% and 15,89%), FDN (46,46% and 46,53%) and minerals, the tree factor improved the deposition of protein fractions such as B2 (31,82% and 42,89%) and B3 (32,10 y 25,18%) on the *P. clandestinum*, fractions that directly affect on DIVMS and animal response.

Key words: animal response, silviculture and pastureland systems, *Alnus acuminata*, *Acacia decurrens*, CNCPS, *Pennisetum clandestinum*.

INTRODUCCIÓN

La producción bovina en el trópico alto y principalmente en la zona rural del Distrito Capital, está basada principalmente en la producción de leche, la cual se realiza mediante el pastoreo de gramíneas forrajeras, principalmente kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), y falsa poa (*Holcus lanatus*) en monocultivo o en asocio con tréboles (*Trifolium repens* y *T. pratense*); adicionalmente, se pastorean praderas asociadas con especies de gramíneas nativas de baja calidad y producción, la mayoría de las explotaciones actuales fueron establecidas después de procesos de deforestación y/o cultivos extractivos continuos como el de papa que originaron inestabilidad en las condiciones biofísicas donde se desarrollan actualmente los sistemas de producción de leche.

Entre los principales factores que limitan la productividad y sostenibilidad de las explotaciones de leche en esta zona se encuentran las heladas y la degradación de praderas originadas, entre otras causas, por el sobre pastoreo y la ausencia de fertilización y prácticas de manejo estratégico de praderas, produciendo una disminución en la calidad y cantidad de la oferta forrajera; por lo cual, los ganaderos se ven presionados a la compra de insumos que disminuyen la eficiencia del sistema.

Los árboles de uso múltiple pueden jugar un rol importante en la restauración ecológica de las regiones cultivadas en pasturas, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera. Adicionalmente, existen muchas especies multipropósito que son apetecidas por los animales y que constituyen un recurso forrajero de importancia, siendo utilizados como suplemento proteico ofrecido directamente o como ramoneo en las praderas. En relación con la proteína, muchas de las arbóreas estudiadas presentan baja o media degradabilidad ruminal de la fracción proteica lo cual permite aumentar el flujo de proteína dietética al intestino

delgado y de allí mejorar el balance proteína energía en los nutrientes absorbidos. Algunas otras especies presentan alta degradabilidad ruminal de la pared celular y/o proteína, esto sumado al aporte de micronutrientes, mejora la población y actividad de los hongos y bacterias celulolíticas ruminales, incrementándose de esta forma la digestibilidad de la fracción fibrosa de la dieta (Chamorro *et al.*, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del proyecto: la localidad de Usme, vereda Olarte, Finca Villa Nataly, Bosque muy húmedo montano bajo: precipitaciones de 800 a 1000 mm, temperaturas entre 6 y 12 °C.

Definición de las Unidades Experimentales: se utilizaron Bovinos hembras de la raza Holstein, los cuales se seleccionaron homogéneamente según peso, número de partos y etapa de producción.

UNIVERSO Y MUESTRA

Animales experimentales: se utilizaron nueve vacas de 450 Kg de peso vivo, en promedio, las cuales se dividieron en tres grupos, de tres unidades cada uno.

Establecimiento de las parcelas experimentales: los árboles se trasplantaron en el primer semestre de 2004 a una densidad de 5 x 10 (200 árboles/ha), árboles con una altura promedio de un metro. Se contó para el desarrollo del experimento con 3 hectáreas (2 en los sistemas silvopastoriles SSP, y una en el testigo de *Pennisetum clandestinum*).

Oferta de biomasa: para la cuantificación de la disponibilidad de biomasa forrajera de la pradera y su composición botánica se realizaron muestreos utilizando la técnica de disponibilidad por frecuencia Haydoc y Shaw (1975), muestreando 40 marcos de 0,25 m²/ha (0.16%), utilizando para el calculo el programa CALRAC, (Roche *et al.*, 1999). Para analizar

su composición química, estuvieron conformadas por unas submuestras de forraje de las escalas evaluadas. La disponibilidad de forraje se realizó un día antes de la entrada de los animales.

Composición nutricional de la biomasa en oferta:

para la caracterización de las fracciones de proteína y fibra se utilizó el sistema Cornell (CNCPS) dentro de los carbohidratos se cuantificaran tres fracciones principales: 1. Lignocelulosa ó lignocarbohidratos (calculados como $2,4 \times$ Lignina en Detergente ácido LAD); no utilizable por los rumiantes. Fracción C. 2. Carbohidratos estructurales disponibles para la flora ruminal (calculados como FND - $2,4 \times$ LAD): Fracción B2. 3. Carbohidratos no estructurales: Azúcares (Fracción A) y Almidones y pectinas (Fracción b1). Se cuantificaron cinco fracciones nitrogenadas de la proteína cruda: 1. Nitrógeno no proteico (NNP: Fracción A) 2. Proteína verdadera soluble Fracción B1. 3. Proteína verdadera insoluble no ligada a la FDN Fracción B2, 4. Nitrógeno verdadero ligada a la Fibra en detergente neutro (NIDN) Fracción B3 y Nitrógeno verdadero ligado a la Fibra en detergente ácido (NIDA). Fracción C. (Fox *et al.*, 1992)

Adicionalmente, en el recurso arbóreo se midió altura total: la cual se medirá desde la superficie del suelo hasta la yema Terminal al inicio de cada ramoneo. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) 130 cm, diámetro a la Altura de 70 cm, diámetro a la Altura de 50 cm, diámetro base del árbol. Se realizaran mediciones de altura total, altura de ramificación, diámetro a la altura del pecho (DAP), área de la copa de los árboles de *Acacia* de cada una de las repeticiones.

Manejo de los animales: para la evaluación de producción de leche se utilizaron nueve vacas de raza Holstein. Todas las parcelas fueron manejadas bajo pastoreo rotacional, con una carga animal de 3 UGG/ha, de peso promedio de 450 Kg y con un ciclo de pastoreo de 36 días de descanso y 1 de ocupación. Los animales experimentales (9) pastorearán de manera consecutiva los potreros asignados a los

tratamientos, obedeciendo a un esquema de manejo rotacional.

Tratamientos y diseño experimental: los tratamientos experimentales se designaran como T1 *A. acuminata* + kikuyo, T2 *A. acuminata* + *A. decurrens* + kikuyo, T3 pradera testigo (*P. clandestinum*). Para el análisis de la producción de leche se utilizó un diseño tipo cruzado, *change – over*, reversible simple balanceado, con un período total de observación de 36 días, durante el cual se medirá la producción y calidades de leche en los tres tratamientos, después de un período de acostumbramiento (Lucas, 1976 y Stobbs and Sandlad, 1972). Para el estudio de la respuesta animal se utilizaron tres vacas/secuencia, para un total de nueve vacas experimentales, a las cuales se les recolectó muestras de leche en cada ordeño en cada período de evaluación, para determinar PC %, grasa %, sólidos totales %, sólidos no grasos % y MUN (mg/dl). Antes de la entrada de los animales a los tres tratamientos se determinó cobertura y composición botánica del kikuyo y arbenses, así como su composición química (MS, PC, FDN, FDA, cenizas, lignina, DIVMS y las fracciones de proteína y carbohidratos según el sistema CNCPS).

Período experimental (PE) = 36, No de franjas = 36, área de cada franja = 541,66 m², Períodos de Ocupación (PO) = 1 día, Capacidad de Carga (CC) = 3 UGG/ha.

Para efectos del estudio se dividió los potreros de experimentación, en treinta y seis parcelas iguales en las cuales pastorearon consecutivamente los animales al azar en los potreros. Los animales estuvieron en cada tratamiento en un período de 12 días de los cuales 7 días fueron de adaptación y 5 días se destinaron para las mediciones correspondientes, posteriormente los animales cambiaron de tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaran en el programa SAS (Statistical Analysis System), mediante procedimientos de ANOVA, la comparación de medias se realizará mediante pruebas de Tukey.

TABLA 1. MODELO DEL ANOVA

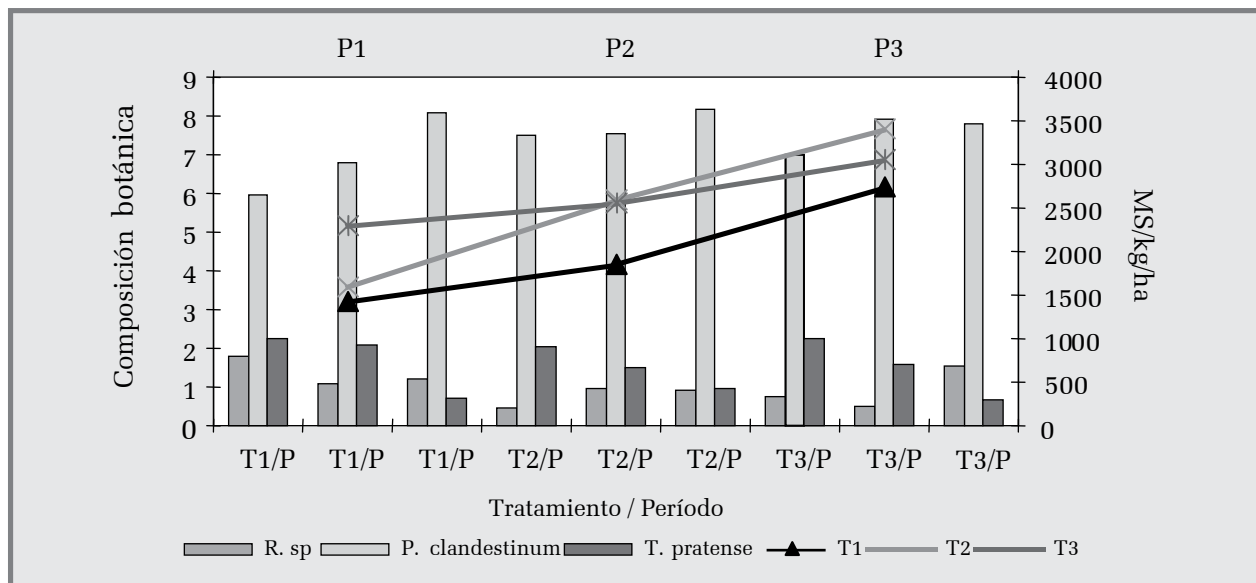
FV	(3 vacas/secuencia = 9 vacas g.l.)
Vacas	8
Período	2
Tratamientos	2
Error	14
Total	26

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN AGRONÓMICA

Para cuantificar la disponibilidad de forraje, las variables agronómicas se monitorearon antes del pastoreo, durante los tres periodos experimentales. Los promedios de composición botánica y producción de forraje verde en los diferentes tratamientos, se observan en la Figura 1.

FIGURA 1. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL *P. CLANDESTINUM* EN LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES



Como se observa en la Figura 1, la producción de forraje se incrementó con los periodos experimentales. Dentro de la composición botánica siempre el *P. clandestinum* presentó más del 60% del total, seguido por los *Trifolium* que representan entre un 10 y un 25%. Es importante anotar que la especie *Rumex* exhibió valores fluctuantes entre el 5 y el 18%.

A medida que transcurrió el experimento en los sistemas silvopastoriles se observa un incremento en la presencia de *P. clandestinum*, situación que no se observó en el testigo, en todos los tratamientos el componente de leguminosas herbáceas disminuyó con el tiempo; sin

embargo, las malezas se incrementaron notoriamente en el tratamiento testigo al final del experimento.

La producción de forraje al inicio del experimento fue de 1500, 2000 y 2500 Kg/MS/ha, en el SSPS (T1); SSPSR (T2) y en testigo (T3) respectivamente. En el segundo periodo experimental la producción del T2 fue similar al T3 con 2500 Kg/MS/ha, superando al T1 en un 25% (2000 Kg/MS/ha). Es importante anotar que en el tercer periodo la producción de forraje fue superior en el Tratamiento T2 con 3500 Kg/MS/ha, superando en un 16,6% y 25% al testigo y al T1 respectivamente.

Los valores obtenidos en este experimento son superiores a los reportados por Giraldo L. y Bolívar, D. (1999), posiblemente a que estos investigadores sólo incluyeron *A. decurrens* aunque con mayores densidades que las del experimento (0, 407 y 1110 árboles/ha), reportando valores entre 1397 y 2130 Kg MS/ha/ciclo y las producción de materia seca son similares a las reportados por Jiménez *et al.* (2003), quienes manifiestan producciones entre 2864 y 3598 Kg./MS/ha en las localidades de Málaga y Concepción con arreglos con las dos Acacias *A. melanoxylum* y *A. decurrens*.

EVALUACIONES DASOMÉTRICAS

Existe una clara tendencia de adaptación medida en mayores respuestas en altura, diámetro basal, diámetro a los 50 y 130 cm (DAP). En el sistema silvopastoril de ramoneo y sombra se presentan los mejores indicadores dasométricos, los cuales superan en todas las variables al T1 entre el 7,12% al 18,54%.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Giraldo (1995), quien reporta para *Acacia decurrens* un crecimiento de 3,2 metros de altura, en promedio, a los 14 meses de edad, y son superiores a los hallazgos de Jiménez *et al.* (2003), quienes en la localidad de Málaga reportan una altura a lo dos años de 1,61, 1,78 y 2,04 metros, para las distancias de siembra de 10 x 10, 8 x 8 y 7 x 7 metros con un diámetro promedio del fuste de 0,93, 0,97 y 1,30 cm. Los resultados

de esta investigación son superiores a los encontrados en la localidad de Concepción Santander, en la cual el comportamiento a los dos años fue de 2,0, 2,2, y 2,7 metros de altura para los tratamientos 10 x 10, 7 x 7 y 8 x 8 m con un diámetro promedio de fuste de 3,47, 3,27 y 3,50 centímetros (Jiménez *et al.*, 2003).

EVALUACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE

Como se observa en la Tabla 2, las concentraciones de los diferentes nutrientes del forraje de *P. clandestinum* fluctúan para los tres tratamientos. Todos los tratamientos superaron el nivel crítico de proteína cruda del 7% recomendado para crecimiento microbial en el trópico (Minson, 1990) y son considerados adecuados a los requerimientos del animal para evitar depresión de apetito y, por consecuencia, reducciones en el consumo. Es importante anotar que aunque no se hallaron diferencias para la mayoría de los nutrientes ($P > 0,05$), los promedios de la concentración de la proteína en los dos arreglos silvopastoriles fueron mayores, de igual manera, fueron menores los contenidos de la celulosa, el más importante dentro de los carbohidratos estructural, menores valores en la pared celular y en la fibra en detergente ácido, características nutricionales asociadas con mayor digestibilidad, mayor consumo voluntario da materia seca y mayor respuesta animal.

TABLA 2. ANÁLISIS QUÍMICOS DEL FORRAJE DE *P. CLANDESTINUM*

TRATAMIENTO	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Hemi Celulosa (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)	DIVMS (%)
	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
T1 : SSPS	15,61a	46,46a	19,35a	27,10a	3,93b	15,63 ^a	71,15a
T2 : SSPSR	15,89a	46,53a	20,60a	25,93a	4,75a	15,47 ^a	69,53a
T3 : TESTIGO	15,51a	52,38a	23,44a	28,93a	5,30a	17,48 ^a	70,61a

T1: *A. acuminata* + *P. clandestinum* ; T2 : *A. acuminata* + *Acacia decurrens* + *P. clandestinum* y T3 : *P. clandestinum* Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey ($P < 0,05$). ** ($P < 0,01$); ns ($P > 0,05$)

Los promedios en proteína del *P. clandestinum* de esta investigación son superiores a los reportes de Giraldo *et al.* (1999) quienes encontraron valores de 13,2 y 13% para baja y alta densidad de siembra de *A. decurrens* respectivamente. De igual manera, para los arreglos con *A. acuminata* y *A. decurrens* los valores de FDN y FDA son menores, comparados con los hallazgos de Giraldo *et al.* (1999) quienes obtienen promedios de 69,7 y 70,1%; 33,9 y 34,7% para FDN y FDA en baja y alta densidad respectivamente. Hay que resaltar que la concentración del complejo lignocelulosa (FDA) de esta investigación son mucho menores que los reportados por Jiménez *et al.* (2003) los cuales encontraron valores promedios de 39,04 y 35,94% para Málaga y Concepción.

Lo anterior indica que el forraje del experimento tiene un alto valor energético y demuestra que el asocio con los árboles mejora la disponibilidad de nutrientes para los animales. Los mejores valores en composición química obtenidos en el tratamiento T1 se deberán posiblemente al efecto sombra, la cual, disminuye la incidencia de rayos solares, evita la evaporación de la humedad del suelo, ayuda a mantener la temperatura más estable, disminuye el efecto de los vientos sobre la pradera (Pezo *et al.*, 1992 y Chamorro, 2004). Vanegas (1971), citado por Russo, (1990) asegura que esta práctica silvopastoril aumenta en un 5% los contenidos proteicos del pasto kikuyo asociado y proporciona condiciones favorables al pasto durante la estación seca, lo que provoca un aumento en la producción en el peso del animal, hasta un 33% sobre la obtenida en pastizales sin *A. acuminata*.

Dentro de los indicadores nutricionales que más incide en la baja calidad nutricional de los forrajes está la lignina, esta se une a la celulosa y hemicelulosa disminuyendo su degradabilidad ruminal, en esta investigación se demuestra una vez más que el forraje de *P. clandestinum* asociado con árboles disminuye sus contenidos de lignina presentando valores de 3,93, 4,75 en los dos sistemas silvopastoriles, valores muy inferiores al testigo 5,30%, lo que permite concluir que en el SSPS, el forraje de *P. clandestinum* presentó un descenso del 34,8% en los contenidos de lignina, situación que se reflejó en los mayores porcentajes de digestibilidad *in vitro* del forraje en los sistemas silvopastoriles con 71,15% y 69,53% de DIVMS para los tratamientos SSPS y SSPR respectivamente.

Estos valores de DIVMS, son superiores a los publicados por Jiménez *et al.* (2003) quienes reportan valores que oscilaron entre 54,60 y 61,25% en Málaga y promedios de 52,06% y 64,02% en Concepción, efectos asociados principalmente al período de descanso en estos arreglos donde los autores reportan 100 días de recuperación.

En relación a las fracciones de proteína se observa en la Tabla 3, que el T2 (SSPSR), presentó superioridad ($P < 0,01$) con respecto a la fracción b2, fracción lentamente degradada en rumen, comparado con los demás tratamientos. Condición que permite mayor disponibilidad de nitrógeno para crecimiento microbial durante mayores períodos de tiempo, lo que facilitaría la actividad microbial en la degradación principalmente de la pared celular. En esta fracción la oferta de forraje proveniente de los sistemas silvopastoriles fue superior que los valores del testigo.

TABLA 3. FRACCIONES DE LA PROTEÍNA DEL FORRAJE DE *P. CLANDESTINUM*

TRATAMIENTO	Fracciones de la Proteína					Proteína soluble (%)	Proteína digestible (%)
	A (%)	b1 (%)	b2 (%)	b3 (%)	C (%)		
	NS	NS	**	NS	NS	NS	
T1 : SSPS	1,22a	26,69a	31,82b	32,10a	8,13a	27,92a	91,83
T2 : SSPSR	0,54a	21,93a	42,89a	25,18a	9,45a	22,47a	90,54
T3 : TESTIGO	1,15a	32,71a	25,77b	31,94a	8,42a	33,86a	91,57

T1: *A. acuminata* + *P. clandestinum*; T2: *A. acuminata* + *Acacia decurrens* + *P. clandestinum* y T3: *P. clandestinum*
 Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey (P < 0,05). ** (P<0,01); ns (P>0,05)

Aunque no se presentaron diferencias (P>0,05), la fracción b3 de la proteína, mostró un valor ligeramente mayor en el T1 (SSPS), condición que permitiría recomendar el forraje para vacas de mayor producción láctea de la finca, la cuales requieren que un 40% de la proteína cruda, sea de sobrepaso, esto adicionalmente, en el forraje de este tratamiento, se ve beneficiado por los menores porcentajes de fracción c (8,13%), la cual es indigerible en el tracto gastrointestinal de los rumiantes.

Uno de los elementos minerales más versátiles en la nutrición de rumiantes es el fósforo, en esta investigación las concentraciones de fósforo en el forraje proveniente de los sistemas silvopastoriles superaron estadísticamente (P<0,01) a los promedios del testigo. Este efecto posiblemente se deba a la inclusión en el momento de la siembra de 200 g

de micorrizas, las cuales han demostrado actividad inductora de la población de microorganismos en el suelo, principalmente solubilizadoras de P y fijadoras de N (Pereira *et al.*, 1996 y 2000), los cuales están en concordancia con los análisis microbiológicos obtenidos en el área de microbiología de suelos en sistemas silvopastoriles.

Si bien, no se encontraron diferencias (P>0,05) entre los tratamientos, en todos los demás minerales evaluados con excepción del azufre estos presentan en mayores tendencias en la oferta de forraje de los sistemas silvopastoriles, esto ha sido demostrado en varios trabajos donde los minerales por efecto de la sombra, ciclaje de nutrientes e incremento en las poblaciones microbiales son mayores en la materia seca de gramíneas asociadas a leñosas perennes (ver Tabla 4).

TABLA 4. COMPOSICIÓN MINERAL DEL FORRAJE DE *P. CLANDESTINUM* EN ARREGLOS SILVOPASTORILES

TRATAMIENTO	Mg (%)	Ca (%)	Cu (%)	Zn (%)	P (%)	S (%)
	NS	NS	NS	NS	**	NS
T1: SSPS	0,25a	0,48a	11,32a	28,31a	0,78a	0,40a
T2: SSPSR	0,22a	0,40a	10,66a	26,31a	0,78a	0,44a
T3: TESTIGO	0,21a	0,39a	9,99a	20,32a	0,66b	0,40a

T1: *A. acuminata* + *P. clandestinum*; T2: *A. acuminata* + *Acacia decurrens* + *P. clandestinum* y T3: *P. clandestinum*
 Promedios con igual letra no son significativamente diferentes. Tukey (P < 0,05). ** (P<0,01); ns (P>0,05)

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FOLLAJE DE *ACACIA DECURRENS*

Los promedios de proteína cruda son similares a los reportados por Londoño *et al.* (1998) y Giraldo (1998); sin embargo, los promedios de los carbohidratos estructurales (FDN y FDA) son menores respecto a los mismos autores y a los publicados por (Blanco *et al.* (2005).

En cuanto al fraccionamiento de proteínas los valores de esta investigación coinciden con los reportes de González y Chamorro (2005), donde se mencionan valores de fracciones b2 y b3 que superan el 60% del total de la proteína cruda.

Los valores de degradación de proteína, FDN y MO, están asociados con las fracciones de proteína y carbohidratos y sus tasas de degradación en el rumen; por lo tanto, se requiere conocer el porcentaje de estas fracciones. Blanco *et al.* (2005) caracterizaron las fracciones de las especies *Acacia decurrens* y *Sambucus peruviana* para incluir estas dos especies en ensilajes y definir su potencial de producción aplicando el modelo de Cornell (CNCPS). Los valores reportados por estos autores para *Acacia decurrens* son inferiores en proteína cruda (12,19%), muy inferiores en proteína soluble (8,83%), son superiores en las fracciones b2 y b3 con 43,11 y 30,12% respectivamente y la fracción indigerible es mayor 17,94%, esto demuestra que existe un efecto marcado de la oferta ambiental para la deposición de nutrientes en esta especie y se requiere seguir investigando en frecuencias de corte y efecto genotipo/ambiente.

RESPUESTA ANIMAL EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

PRODUCCIÓN DE LECHE

Como se puede observar en la Tabla 5, la producción de leche en esta investigación fue significativamen-

te superior en las vacas que permanecieron en los arreglos silvopastoriles, donde el T1 SSPS ($P < 0,01$), presentó la mayor respuesta zootecnia, al obtener las vacas un promedio de 14,38 l/vaca/día, seguidas del arreglo SSPSR, donde se alcanzó un promedio diario de 13,78 litros por vaca, superando al testigo (12,76 l/vaca/día) en un 12,7% y 7,99% respectivamente. Estos incrementos están estrechamente asociados con la calidad del forraje en oferta de los dos arreglos silvopastoriles SSPS y SSPSR, aunque no fueron estadísticamente significativos, se observó una tendencia mayor en las concentraciones de proteína (15,61% y 15,89%), energía (46,46% y 46,53% FDN) y altas concentraciones de minerales, y el componente arbóreo favoreció la deposición en el *P. clandestinum* de fracciones de proteína como la b2 (31,82% y 42,89%) y b3 (32,10 y 25,18%) que inciden directamente en la digestibilidad de la materia seca y en la respuesta animal y coincide con lo publicado por NRC (1989), el cual recomienda que los niveles de proteína sobrepasante (b3) para vacas Holstein en lactancia debe ser entre el 35 y 40%.

En esta investigación la respuesta en producción de leche superior en 1,6 litros se debió en gran parte a la mayor digestibilidad del forraje en el SSPS (71%), valor considerado muy alto y se asume que existió un mayor consumo voluntario con mayores entradas de nutrientes que soporte la mejor respuesta animal en producción de leche (Hutjens, 2003; Bodisco *et al.*, 2003; NRC, 1989).

Las producciones de leche de esta investigación son similares a los reportes de Giraldo *et al.* (1999) quienes obtuvieron 14,03, 15 y 16,6 l/día con altas densidades, testigo y bajas densidades de *A. decurrens* en *P. clandestinum* y similares a los reportes de Fernández *et al.*, 1999, quienes obtuvieron 14 y 15,02 l/vaca/día cuando se suplementaron con *Acacia decurrens* + concentrado y melaza.

TABLA 5. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE EN LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTO	PROMEDIO (l/vaca/día)	MUN (mg/dl)	CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE		
			GRASA (%)	PROTEÍNA (%)	ST (%)
	**	NS	NS	NS	NS
T1: SSPS	14,38a	24,53a	4,16a	3,20a	12,76a
T2: SSPSR	13,78a	26,14a	4,22a	3,25a	12,84a
T3: TESTIGO	12,76b	25,19a	4,30a	3,16a	13,12a

T1: *A. acuminata* + *P. clandestinum* ; T2 : *A. acuminata* + *Acacia decurrens* + *P. clandestinum* y T3 : *P. clandestinum* Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey (P< 0,05). ** (P<0,01); ns (P>0,05)

Los resultados en producción de leche de este ensayo son superiores a los reportes de Medrano *et al*, (1999), quienes no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de suplementación con arbóreas, obteniendo una producción de leche de 12,1, 12,5, 12,4 y 11,7 Kg/vaca /día para el tratamiento testigo; Saúco (*Sambucus peruviana*), quillotocto (*Tecoma stans*) y Acacia negra (*Acacia decurrens*).

NITRÓGENO UREICO EN LECHE (MUN)

Respecto a la variable nitrógeno ureico en leche no se presentaron diferencias (P>0,05) entre los tratamientos, normalmente este indicador nutricional se relaciona con la cantidad de proteína en la dieta, si analizamos los valores significa que por los valores superiores a 20 mg/dl, se supondría que hay excesos de nitrógeno, originados primordialmente por la degradación ruminal de la proteína, solubilidad de la misma, baja energía de la ración. Cuando los valores de MUN se encuentran por encima de 16 mg/dl, significa que hay alguna deficiencia energética en la alimentación, y se asume que hay más proteína en la dieta de la que el animal necesita para producción (Ferguson, 2000).

Este balance de energía y proteína debe analizarse siempre y cuando las vacas no tengan infecciones

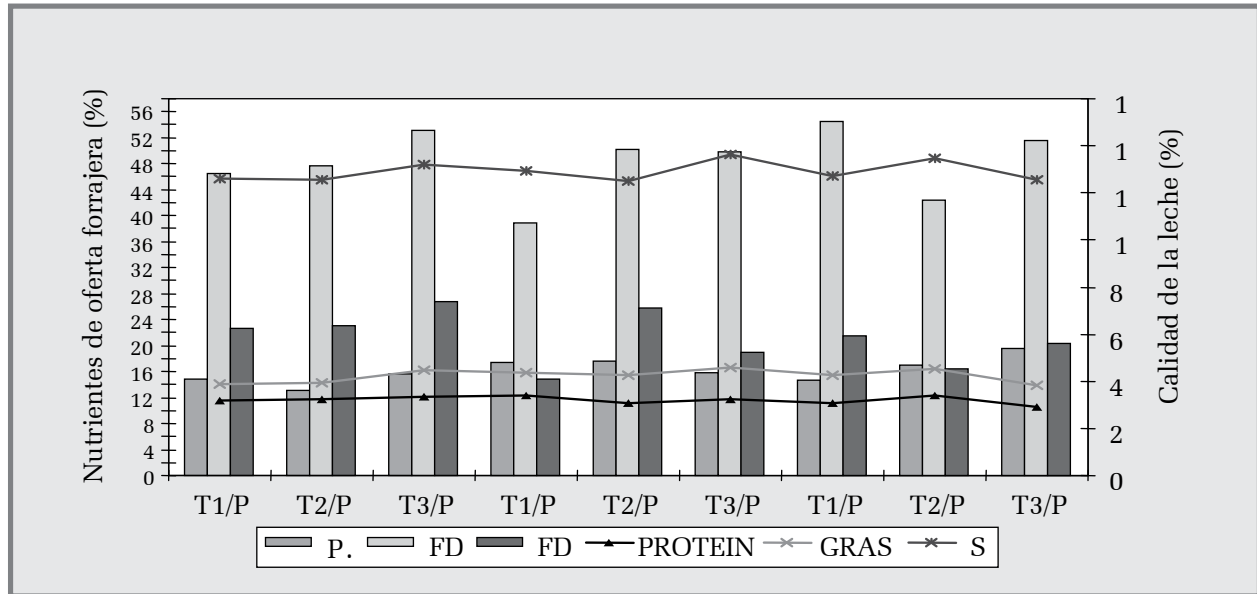
en la glándula mamaria las denominadas mastitis que hacen que el recuento somático se aumente y el nivel de nitrógeno ureico se cuantifique elevado (Hammond, 1998). Por lo tanto, por presentar vacas experimentales mastitis subclínica, este indicador nutricional no será tenido en cuenta para la discusión de resultados.

CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE

La composición química de la leche no cambió con los tratamientos (P>0,05); sin embargo, como era de esperarse, el nivel de grasa fue levemente superior en el testigo (4,3%) y en el T2 SSPSR (4,22%), efecto estrechamente relacionado con los mayores niveles de carbohidratos estructurales en la dieta con 52,38 y 46,53% de FDN respectivamente. Como se observa en la Figura 2, las concentraciones de nutrientes en la leche están asociados con la calidad de la oferta principalmente en carbohidratos estructurales y proteína cruda.

Los promedios de grasa de los tres tratamientos son superiores al promedio de la zona y superan a los reportados por González y Chamorro (2005), al suplementar las vacas con *Acacia decurrens*, obteniendo un promedio de 3,78%, 3,47% y 3,4 % al inicio, mitad y final del experimento.

FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE Y LA CALIDAD DE LA OFERTA



Los resultados de todos los tratamientos en grasa láctea de esta investigación son superiores a los reportados por Medrano *et al.*, (1999), quienes encontraron valores entre 2,83 y 2,91%, cuando suplementaron vacas con *Sambucus*, *Tecoma* y *Acacia decurrens*. De la misma manera, son superiores a los reportes de Fernández *et al.*, 1999, los cuales encontraron valores entre 3,28 y 3,60% al suplementar las vacas con *Acacia decurrens* + concentrado y melaza.

El aporte directo de la fracción b2 31,82 y 42,89% en los arreglos silvopastoriles está directamente asociado en la producción de proteína microbiana, que incide directamente en los mayores niveles de proteína en la leche.

Los valores de proteína son superiores a los hallazgos de González y Chamorro (2005), quienes encontraron valores de 3,02, 2,82 y 3,1% al inicio, mitad y final del experimento con suplementación con *Acacia decurrens*; de igual manera, superan los reportes de Medrano *et al.*, (1999), quienes encontraron valores entre 2,75 y 2,89%, cuando suplementaron vacas con *Sambucus*, *Tecoma* y *Acacia decurrens*. Así mis-

mo, superan los reportes de Fernández *et al.* (1999), los cuales encontraron valores entre 2,71 y 2,90% al suplementar las vacas con diferentes porcentajes de *Acacia decurrens*, concentrado y un kilogramo de melaza.

Los reportes de sólidos totales de esta investigación 12,76, 12,84 y 13,12% para los tratamientos SSPS, SSPSR y testigo respectivamente, superan a los publicados por Medrano *et al.* en 1999, quienes hallaron promedios entre 10,58 y 11,21% y los encontrados por Fernández *et al.* (1999), los cuales encontraron valores entre 11,55 y 12,10% al suplementar las vacas con *Acacia decurrens* con concentrado, más un kilo de melaza respectivamente.

ANÁLISIS DE COSTOS

Teniendo en cuenta la producción de leche diaria, el precio del litro de leche, la capacidad de carga de los tratamientos y la duración de una lactancia se puede hacer el siguiente análisis de ingresos. De acuerdo con el precio de \$810/l y la producción l/vaca/día los ingresos percibidos por venta, se establece que los

ingresos por venta de leche con los arreglos silvopastoriles en la finca Villa Nataly son mayores, donde el tratamiento T1 SSPS presenta los mayores ingresos diarios \$11.647, seguido del arreglo silvopastoril de sombra y ramoneo (T2) de \$11.161/día. Los arreglos silvopastoriles T1 SSPS y T2 SSPSR superan en \$1312.1 y \$826.2 /diario/vaca al tratamiento testigo.

Si tenemos en cuenta que la lactancia normal de los animales experimentales es de 305 días con una capacidad de carga de 3 UGG/ha el ingreso bruto en los tres tratamientos sería de \$10.657.737; \$10.213.047 y \$9.457.074. Por lo anterior, el margen bruto por venta de leche/ha/año en los sistemas silvopastoriles sería de \$1.200.663 y \$ 755.973 superior al tratamiento testigo.

El costo del establecimiento de los arreglos silvopastoriles fue de \$624.300/ha para el sistema silvopastoril de sombra SSPS-T1 y de \$712.600/ha para el sistema silvopastoril de sombra y ramoneo SSPSR-T2. Por lo tanto, en el primer caso para el SSPS, con el margen bruto por venta de leche, la inversión del establecimiento del arreglo se pagaría a los 6 meses de utilización del arreglo, con una carga de 3 UGG/ha y produciendo en promedio 14,38 litros/vaca/día. Para el segundo caso del SSPSR, con el margen bruto por venta de leche, la inversión para el establecimiento de arreglo, se pagaría a los 9,5 meses de iniciar los ramoneos, bajo las mismas condiciones de carga y con una producción promedio vaca/día de 13,78 litros.

CONCLUSIONES

La producción de forraje en el tercer período fue superior en el Sistema Silvopastoril de sombra y ramoneo superando al Sistema Silvopastoril de sombra. Esto puede estar asociado al efecto de la Fibra detergente ácida, por parte de *Acacia decurrens* sumado al efecto de retención de humedad y la Fibra detergente neutra de *A. acuminata*. Al parecer el efecto

complementario de estas dos especies en praderas de *P.clandestinum* se refleja en un 25% de mayor disponibilidad de forraje.

Aunque no se reportaron diferencias estadísticamente ($P > 0,05$). La concentración de la proteína en los dos arreglos silvopastoriles presentaron un valor ligeramente mayor, de igual manera, se presentó una tendencia menor en los contenidos de la celulosa, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida, características nutricionales asociadas con mayores digestibilidades, mayor consumo voluntario de materia seca y mayor respuesta animal.

La fracción b3 de la proteína, en el SSPS, presentó un ligero incremento, adicionalmente, el forraje contenía menores porcentajes de fracción c, obteniendo una proteína digerible superior al 91%, características que permiten recomendar el forraje del Sistema Silvopastoril de sombra para vacas de alta producción láctea.

Las concentraciones de P en el forraje de los sistemas silvopastoriles superó ($P < 0,01$) al testigo, efecto asociado al incremento marcado en las poblaciones microbiales. Si bien con los demás minerales evaluados no se encontraron diferencias entre los tratamientos, con excepción del azufre, estos en mayor concentración en la oferta de forraje de los sistemas silvopastoriles.

El follaje de *Acacia decurrens* presentó un buen contenido de proteína y, adicionalmente, principalmente bajos niveles de pared celular, características que permite recomendarla para vacas al inicio de lactancia.

La producción de leche fue superior ($P < 0,01$) en los sistemas silvopastoriles, el Sistema Silvopastoril de sombra obtuvo la mayor respuesta, seguida del arreglo sistema silvopastoril de ramoneo y sombra, superando así ambas al testigo.

Las mayores producciones de leche están estrechamente asociadas con la mayor calidad del forraje en oferta del Sistema Silvopastoril de sombra y sistema silvopastoril de ramoneo y sombra, los cuales presentaron mayores tendencias en los porcentajes de proteína cruda, energía y concentraciones de minerales, aunado a que el componente arbóreo favoreció la deposición de las fracciones b2 y menores concentraciones de lignina que incidieron directamente en la digestibilidad de la materia seca y en la producción y calidad de leche.

Los ingresos percibidos por venta de leche en los arreglos silvopastoriles son mayores, el Sistema Silvopastoril de sombra presentó los mayores ingresos diarios, seguido del arreglo sistema silvopastoril de ramoneo y sombra. Los arreglos silvopastoriles Sistema Silvopastoril de sombra y sistema silvopastoril de ramoneo y sombra superan al tratamiento testigo.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, G.; Chamorro, D. y Arreaza, L. "Evaluación nutricional y predicción de la respuesta animal aplicando el modelo CNCPS en el ensilaje de *Sambucus peruviana* H.B.K. *Acacia decurrens* Will y *Avena Sativa*". *Revista CORPOICA* 6. 2. (2005): 81- 90.
- Bodisco, V., Valle, A., Mendoza, S., García, E. "Consumo voluntario de materia seca, peso y producción de vacas lecheras". *Agronomía tropical* 25. 6. (2003): 533 - 547.
- Chamorro, D. "Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. Memorias Seminario -Taller Internacional sobre Manejo de La Proteína en Producción de Ganado Bovino. Corpoica, ACCI, Ministerio de Agricultura. 2002. En: www.corpoica.org.co
- . "El componente arbóreo como dinamizador del sistema de producción de leche en el trópico alto Colombiano". VI Taller Internacional Silvopastoril CIPAV-Universidad de Caldas. 2004.
- Ferguson, J. Milk urea nitrogen. Center for animal health and productivity, New Bolton Center. 2000.
- Fox, D., Snifen, C., O'Connor, J.D. Russelli, J.B. y Van Soest, P.J. "A Net Carbohydrate And Protein System For Evaluating Cattle Diets: III Cattle Requirements And Diet Adequacy". *J. Anim. Sci.*-70: 3578 - 3596.
- Giraldo, L A., y Bolívar, D. Evaluación de un Sistema Silvopastoril de *Acacia decurrens* Asociada con Pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en Clima Frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias Departamento de producción animal. 1999. En: www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/GiraldoA.htm
- Giraldo, L., Velázquez, R. y Ocampo, M. "Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* en clima frío de Antioquia". Primer Congreso Latinoamericano y VI Seminario Internacional sobre Agroforestería para la producción animal sostenible. Memorias electrónicas. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria Cipav. Cali, Colombia. Disponible en la página web: conisilvo@epm.net.co.

- Giraldo, V. "Casos exitosos y su potencial en Colombia". Conferencia presentada en el Seminario Internacional Sistemas Silvopastoriles. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santafé de Bogotá. La Dorada y Santa Marta. Noviembre 27-1 Diciembre 1995
- Giraldo, L. Potencial de la arbórea *A. decurrens*
1. Evaluación como componente en sistemas silvopastoriles en el clima frío de Colombia Disponible en la pagina web conisilvo@epm.net.co. HAYDOCK KP AND SHAW NH (1975) The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15. (1998): 663 - 670.
- González, J. y Chamorro, D. "Suplementación con follaje de *Acacia decurrens*, *Chusquea scandens* y *solanum tuberosum* a vacas Holstein en producción en el Municipio de Ubaque, Cundinamarca". Universidad de Ciencias Ambientales y aplicadas UDCA, Tesis Especialización en Producción animal.
- Hammond, A. "Use of BUN and MUN as Guides for Protein and Energy Supplementation in Cattle". *Revista CORPOICA* 2. 2. (1998): 44 - 47.
- Hutjens, M. *Guía de alimentación*. (2 ed.). Estados Unidos: Hoards dairyman, 2003.
- Jiménez, F., Alvarado, J., Castro, H., Luna, L., Mateus, H., y Moreno, V. "Establecimiento de Sistemas silvopastoriles para Clima Frío de Santander". *CORPOICA- PRONATTA Boletín Técnico*. 2003.
- Londoño, M., Velázquez, R. y Giraldo, L. "Uso del Follaje de la Arbórea *Acacia Negra Acacia decurrens*, como Suplemento para el Levante de Terneras". Universidad Nacional de Medellín, facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 1998.
- Lucas, H.L. *Desing in animal science reseca*. Instituto de Estadística de la Universidad de Carolina del Norte, 1976.
- Medrano, J. y cols. *Evaluación del valor nutritivo y uso en dietas para rumiantes del follaje de árboles utilizables en sistemas silvopastoriles en el trópico de altura*. Colombia: CORPOICA, 1999.
- Minson, D. *Forage in ruminant nutrition. Academic licen en esta region*. California: Press, San Diego, 1990.
- National Research Council (NRC). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (6ª Ed.). Washington, D.C.: National Academy Press, 1989.
- Pereira, J., Neves, M. & Drozdowicz, A. "Dinâmica das populações bacterianas em solos de Cerrados". *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34. (1996): 801 - 811.
- . "Influência da antibiose exercida por actinomicetos às estirpes de *Bradyrhizobium* spp., na nodulação da soja". *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34. (2000): 99 - 108.
- Pezo, D., Romero, F. y Ibrahim, M. "Producción manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne". *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Chile: FAO, Oficina regional para América Latina y el Caribe. 1992.
- Roche, A., Larduet, R., y Torres, V. "CALRAC, Programa de computación para el cálculo de raciones en rumiante". *Revista cubana de ciencia agrícola* 33. 1. (1999): 13 - 19.
- Russo, R. "Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems". *Agroforestry Systems* 10. (1990): 241 - 252.
- Stobbs, T.H. and Sandland, R.L. "The use of a Latin square change-over design with dairy cows to detect differences in the quality of tropical pastures". *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12. 1992.