



Corpoica. Ciencia y Tecnología  
Agorpecuaria

ISSN: 0122-8706

revista\_corpoica@corpoica.org.co

Corporación Colombiana de Investigación  
Agropecuaria  
Colombia

Benavidez Cruz, Juan Carlos; Sánchez Matta, Leonardo  
Ensilaje de afrecho de cervecería en sistemas de producción lechera de la Sabana de  
Bogotá  
Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 11, núm. 2, julio-diciembre, 2010, pp.  
165-172  
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
Cundinamarca, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945029008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

Brewery mash silage in dairy production systems  
on the Sabana de BogotáEnsilaje de afrecho de cervecería  
en sistemas de producción lechera  
de la Sabana de BogotáJuan Carlos Benavidez Cruz<sup>1</sup>, Leonardo Sánchez Matta<sup>1</sup>

## ABSTRACT

Increased costs in commercial supplements of milk production have sparked the need to seek partial substitutes such as brewery silages. A test was conducted at Corpoica's Tibaitatá Research Center with 12 Holstein cows grazing in kikuyu grass pastures (*Pennisetum clandestinum*) in the second third of lactation, over the course of 70 days, divided into three treatments:

1) brewery mash silage standard and commercial supplement, 2) energy enriched mash silage and commercial supplement, 3) commercial supplement. We used analysis of covariance in a completely randomized design with production and nutritional indicators, and the technique of partial budgets for economic analysis of diets. Significant differences between treatments ( $P \leq 0.001$ ) for milk production were observed with 17.09, 19.24 and 19.15 kg/cow per day for the treatments with standard silage, with energy enriched silage and without silage, respectively. There were no significant differences ( $P \leq 0.001$ ) between treatments in milk quality, obtaining levels of 3.57, 3.54 and 3.70% for milk fat and 2.94, 2.93 and 3.02% for dairy protein in the treatments with standard silage, with energy enriched silage and without silage, respectively. Body condition did not show significant differences between treatments, but recovery of this indicator was observed during the trial. Economic analysis of diets reported significant differences ( $P \leq 0.001$ ), with feeding costs of \$ 4,230, \$ 4,425 and \$ 5,027 per cow/day and rates of return of 2.23, 2.48 and 2.05 for the treatments with standard silage, with energy enriched silage and without silage, respectively.

**Keywords:** milk production, milk urea nitrogen, production costs.

## RESUMEN

El aumento de los costos en los suplementos comerciales de la producción láctea, plantean la necesidad de buscar sustitutos parciales como los ensilajes de cervecería. Se realizó un ensayo en el Centro de Investigación Tibaitatá de Corpoica con 12 vacas Holstein en pastoreo de praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en segundo tercio de lactancia, durante 70 días, distribuidas en tres tratamientos: 1) ensilaje de afrecho de cervecería estándar y el suplemento comercial; 2) ensilaje de afrecho enriquecido energéticamente y suplemento comercial; 3) suplemento comercial. Se utilizó un análisis de covarianza bajo un diseño completamente aleatorizado para indicadores productivos y nutricionales, y la técnica de presupuestos parciales para el análisis económico de dietas. Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,001$ ) para la producción láctea con 17,09; 19,24 y 19,15 kg/vaca por día para el tratamiento con ensilaje estándar, ensilaje enriquecido energéticamente y sin ensilaje, respectivamente. No se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,001$ ) entre tratamientos, en calidad láctea, obteniendo niveles de 3,57; 3,54 y 3,70% para grasa láctea y 2,94; 2,93 y 3,02% para proteína láctea en el tratamiento con ensilaje estándar, ensilaje enriquecido energéticamente y sin ensilaje, respectivamente. La condición corporal no registró diferencias significativas entre tratamientos, observándose una recuperación de este indicador durante el ensayo. El análisis económico de las dietas reportó diferencias significativas ( $P \leq 0,001$ ), con gastos de alimentación de \$4.230, \$4.425 y \$5.027 por vaca/día y tasas de retorno de 2,23; 2,48 y 2,05 para los tratamientos con ensilaje estándar, ensilaje enriquecido energéticamente y sin ensilaje, respectivamente.

**Palabras clave:** producción láctea, nitrógeno ureico en leche, costos de producción.

## INTRODUCCIÓN

Las estadísticas mundiales hacen referencia al incremento general de precios en los alimentos, y en Colombia, país importador de materias primas para la fabricación de alimentos balanceados también acarrearán incrementos en los costos de producción de los diferentes sistemas de producción, específicamente en avicultura, porcicultura y ganadería de leche especializada (Gallón, 2007).

Fecha de recepción 2010-06-08  
Fecha de aceptación 2010-08-30

<sup>1</sup> Centro de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Mosquera, Colombia. jbenavidez@corpoica.org.co; lsanchez@corpoica.org.co

De esta manera, la ganadería de leche especializada de trópico alto colombiano ha experimentado durante los últimos años, un mayor incremento relativo por el costo de los insumos con respecto al registro de venta del producto, problema que origina acciones tendientes a disminuir los costos de producción y a mejorar la competitividad de estas explotaciones, sin deteriorar la sostenibilidad de las mismas (Consejo Regional de la Cadena Láctea de Antioquia, 2001; Cardozo *et al.*, 2008).

Los factores que en la actualidad influyen sobre el precio de los alimentos son muy diversos, asociándose principalmente al aumento del consumo de economías emergentes, efectos climáticos sobre cultivos y el uso de alimentos para generar biocombustibles (Gallón, 2007).

Para Roldán *et al.* (2003), los gastos por mano de obra, suplementación y manejo de praderas son los principales rubros que determinan la competitividad de estas explotaciones, al registrar una participación del 38,1, 36,2 y 8,8%, respectivamente, de los costos totales de producción. De manera similar, para Schroeder (1999), la alimentación representa un 30 a 55% de los costos totales de producción, considerando además que este factor proporciona diferentes alternativas y oportunidades para mejorar la rentabilidad del hato, incluyendo también las posibilidades para corregir ciertas disfunciones metabólicas y reproductivas. Adicionalmente, la tasa de crecimiento de los animales, el nivel de producción y la calidad de la leche producida están directamente relacionadas con el manejo nutricional y alimenticio del hato (Correa, 2002).

La principal limitante para incrementar los índices de productividad y competitividad de las explotaciones lecheras especializadas del trópico alto colombiano, está determinada por el manejo deficiente de praderas, ya que la alimentación de la ganadería de leche en Colombia se realiza esencialmente en pastoreo, con niveles relativamente bajos de suplemento. Adicionalmente, los forrajes de trópico alto que reciben un manejo aceptable presentan niveles relativamente bajos de materia seca y niveles relativamente altos de nitrógeno soluble, que asociados con los bajos niveles de suplementación utilizados y con el inadecuado balance nitrógeno-energía afectan de manera negativa el consumo voluntario y las tasas de concepción, dificultando la expresión del potencial productivo de los animales y disminuyendo la competitividad de estas explotaciones (Sánchez y Villaneda, 2009).

La conservación de forrajes, productos y subproductos agrícolas y la agroindustrialización mediante procesos de ensilaje, permite neutralizar los efectos negativos

del manejo deficiente de praderas y facilitan el enriquecimiento nutricional de productos y subproductos que al ser incluidos en la dieta, pueden reducir los costos de suplementación, mejorando la competitividad de las explotaciones.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la respuesta productiva y económica de vacas lecheras especializadas de trópico alto en pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), al reemplazar parcialmente el suplemento balanceado comercial tradicional por ensilaje de afrecho de cervecería estándar y enriquecido energéticamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica, ubicado en municipio de Mosquera (Cundinamarca), altitud 2.547 msnm, temperatura promedio anual 13°C, 75% HR y precipitación promedio anual de 621 mm.

Se utilizaron 12 vacas de raza Holstein con tres lactancias, peso vivo promedio de 550 kg y producción láctea promedio de 16,5 kg/vaca/día, con una media de 120 días de lactancia, las cuales fueron distribuidas al azar en tres tratamientos, con cuatro repeticiones por tratamiento, durante un periodo experimental de 70 días.

### Aplicación de suplementos alimenticios

Las vacas se mantuvieron en pastoreo de praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El primer tratamiento consistió en ensilaje de afrecho de cervecería estándar y una fórmula balanceada comercial (ensilaje + suplemento). El segundo, ensilaje de afrecho de cervecería enriquecido con materias primas y subproductos de la alimentación humana y un suplemento balanceado comercial (ensilaje enriquecido + suplemento). El tercero sólo un suplemento balanceado comercial (suplemento comercial).

Las cantidades de forraje, ensilaje de afrecho y alimento balanceado comercial, fueron determinadas mediante simulaciones realizadas con el Sistema de Proteína y Carbohidratos Netos de Cornell (Sniffen *et al.*, 1992), obteniendo dietas balanceadas que permitieran rendimientos aproximados de 19 kg de leche/vaca/día. Las cantidades diarias de ensilaje de afrecho y de alimento balanceado comercial fueron divididas en partes iguales para ofrecerlas durante el ordeño de los animales.

Cada grupo experimental estaba conformado por cuatro animales, los cuales pastorearon praderas de kikuyo

independientes de las asignadas a las compañeras del hato, utilizando pastoreo rotacional en franjas con periodos de recuperación y ocupación de 60 y 1 día, respectivamente. El área diaria de pastoreo y el consumo de forraje fueron estimados mediante aforos realizados antes y después del pastoreo respectivo, utilizando el método de disponibilidad por frecuencia (Arreaza *et al.*, 2005).

Los ensilajes de afrecho fueron realizados en silos bunker con paredes de madera, utilizando los ingredientes necesarios para corregir las deficiencias nutricionales y enriquecer el producto obtenido. Estos ensilajes fueron muestreados a los 30 días de fermentación para determinar calidad nutricional (CNCPS) en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Fisiología y Nutrición Animal, y calidad microbiológica en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

La producción láctea y el consumo de los suplementos utilizados fueron registrados diariamente para cada animal, mientras que la calidad del producto lácteo (proteína, grasa y sólidos totales) fue determinada en el Laboratorio de Alpina, en muestras de leche obtenidas para cada grupo experimental a intervalos de tres semanas.

El peso vivo y la condición corporal de cada animal fueron determinados a intervalos de dos semanas, mientras que el nitrógeno ureico en leche (NUL) fue analizado en muestras individuales tomadas los días 1, 35 y 70 del periodo experimental.

Se realizó un seguimiento del manejo de praderas y de los procesos de conservación y de compra utilizados para realizar el respectivo análisis económico, para lo cual se utilizó el análisis de presupuesto parcial.

El análisis de la información fue realizado mediante un análisis de covarianza, debido a la diferencia de edad de los animales, bajo un diseño completamente aleatorizado, según lo propuestos por Martínez y Martínez (1997), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, utilizando el modelo:

$$Y_{ij} = M + T_j + B(X_{ij} - X_{..}) + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta

$M$  = media poblacional

$T_j$  = parámetro originado por el tratamiento  $j$ -ésimo

$B$  = pendiente común para las  $t$  líneas de regresión

$X_{ij}$  = valor de la covariable para las observaciones

$E_{ij}$  = error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSION

En enriquecimiento del afrecho de cervecería (tabla 1), incrementó la calidad del ensilaje resultante (tabla 2), específicamente en los niveles de materia seca y proteína cruda, resultados similares a los reportados por Harris y Staples (1992). En efecto, la adición de azúcares y almidones incrementó el nivel de energía metabolizable del ensilaje de afrecho convencional hasta un nivel similar al obtenido en el suplemento comercial utilizado (2,76 Mcal/kg *vs.* 2,83 Mcal/kg, para ensilaje de afrecho estándar y suplemento balanceado comercial, respectivamente); adicionalmente, la mezcla de azúcares, almidón y grasa utilizados para realizar el ensilaje de afrecho enriquecido incrementaron su nivel de energía (3,03 Mcal de EM/kg), hasta superar la energía determinada en el suplemento comercial.

**Tabla 1.** Ingredientes utilizados para ensilar afrecho de cervecería

| Ingredientes        | Ensilaje convencional |        | Ensilaje enriquecido |        |
|---------------------|-----------------------|--------|----------------------|--------|
|                     | kg                    | %      | kg                   | %      |
| Afrecho húmedo      | 2920                  | 82,48  | 2476,94              | 69,97  |
| Salvado de trigo    | 400                   | 11,30  | 275,76               | 7,79   |
| Harina de Maíz      | -                     | -      | 424,10               | 11,98  |
| Mayonesa            | -                     | -      | 169,56               | 4,79   |
| Melaza              | 120                   | 3,39   | 108,67               | 3,07   |
| Carbonato de Calcio | 50                    | 1,41   | 42,48                | 1,20   |
| Fosfato bicálcico   | 50                    | 1,41   | 42,48                | 1,20   |
| Total               | 3540                  | 100,00 | 3540,00              | 100,00 |

**Tabla 2.** Composición química de alimentos incluidos en las dietas

| Indicadores                 | Alimentos |            |                     |             |
|-----------------------------|-----------|------------|---------------------|-------------|
|                             | Kikuyo*   | Suplemento | Ensilaje de afrecho |             |
|                             |           |            | Convencional        | Enriquecido |
| Materia seca (%)            | 20,30     | 89,10      | 40,83               | 47,36       |
| Proteína Cruda (PC, %)      | 14,70     | 14,00      | 22,52               | 22,20       |
| Fibra detergente neutro (%) | 59,00     | 21,31      | 49,03               | 41,23       |
| Fibra detergente ácido (%)  | 22,70     | 6,36       | 19,33               | 11,26       |
| Lignina (%)                 | 3,60      | 5,20       | 5,00                | 4,76        |
| Extracto etéreo (%)         | 2,50      | 7,60       | 3,74                | 5,78        |
| Cenizas (%)                 | 11,00     | 7,80       | 1,36                | 1,66        |
| Calcio (%)                  | 0,32      | 1,20       | 0,50                | 0,60        |
| Fósforo (%)                 | 0,28      | 0,65       | 0,70                | 0,60        |
| Celulosa (% FDN)            | 19,60     | 4,71       | 14,12               | 13,85       |
| Hemicelulosa (% FDN)        | 36,90     | 17,65      | 29,69               | 29,98       |
| Proteína A (% PC)           | 0,63      | 0,25       | 0,69                | 0,63        |
| Proteína B1 (% PC)          | 41,80     | 11,99      | 46,59               | 49,23       |
| Proteína B2 (% PC)          | 21,91     | 72,72      | 28,89               | 33,67       |
| Proteína B3 (% PC)          | 30,40     | 11,62      | 12,04               | 9,74        |
| Proteína C (% PC)           | 5,20      | 3,42       | 11,79               | 6,73        |
| Proteína soluble (% PC)     | 42,40     | 12,24      | 47,29               | 49,86       |
| CNF (%)                     | 17,20     | 60,91      | 23,23               | 29,13       |
| Energía metabolizable (M/k) | 2,12*     | 2,83       | 2,76                | 3,03        |

\* Pradera en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con 60 días de recuperación.  
CNF Carbohidratos no fibrosos

Forero y Jiménez (2000), reportan incrementos similares en la calidad nutricional del ensilaje de afrecho de cervecería al adicionar fuentes energéticas, obteniendo un producto con 19,2; 48,8 y 5,75%, de proteína cruda, fibra detergente neutro y extracto etéreo, respectivamente. Por otra parte, los resultados obtenidos para microorganismos mesófilos aerobios como hongos y levaduras y coliformes totales ( $<12 \times 10^3$ ,  $<10$  ufc,  $<3$ , respectivamente), se encuentran dentro de los niveles establecidos por la norma NTC 2030, clasificando los ensilajes realizados como materiales aceptables para la alimentación animal.

La tabla 3 contiene la producción láctea corregida por la covariable edad y el incremento en producción láctea registrado durante el periodo experimental, ya que no se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), al utilizar como covariable la producción láctea registrada al inicio del experimento. Se evidencia una respuesta positiva de la producción láctea en los diferentes grupos experimentales a la suplementación utilizada, con efectos significativos de los tratamientos sobre la producción láctea obtenida ( $P \leq 0,05$ ; tabla 4). La respuesta en producción del tratamiento con ensilaje de afrecho enriquecido más suplemento comercial fue superior a la obtenida con los demás tratamientos (19,24; 19,15 y 17,09 kg/vaca/día, respectivamente). Teniendo como referencia la base forrajera de la pradera (13 kg/vaca/día), estimada mediante el sistema Cornell, se obtuvieron incrementos de 0,97; 1,50 y 1,48 L de leche por kg de suplemento ofrecido, en los tratamientos ensilaje, (ensilaje enriquecido + suplemento) y (suplemento), respectivamente, valores que se encuentran dentro de los rangos reportados por Bargo *et al.* (2003), para vacas lecheras en pastoreo de gramíneas con suplementación hasta de 10 kg de suplemento/vaca/día, cuyas producciones oscilaron entre 28 y 46 kg de leche/vaca/día (0,6 a 1,45 kg de leche/kg de suplemento) y Bargo *et al.* (2002), para vacas Holstein con diferente oferta de forraje en pastoreo y con suplementación de 1 kg de suplemento/4 kg de leche producida (0,96 y 1,36 kg de leche/kg de suplemento). Adicionalmente, la base forrajera estimada mediante el sistema Cornell para la calidad nutricional obtenida en la fase inicial del ensayo

**Tabla 3.** Producción de leche corregida de vacas Holstein sometidas a tres dietas experimentales

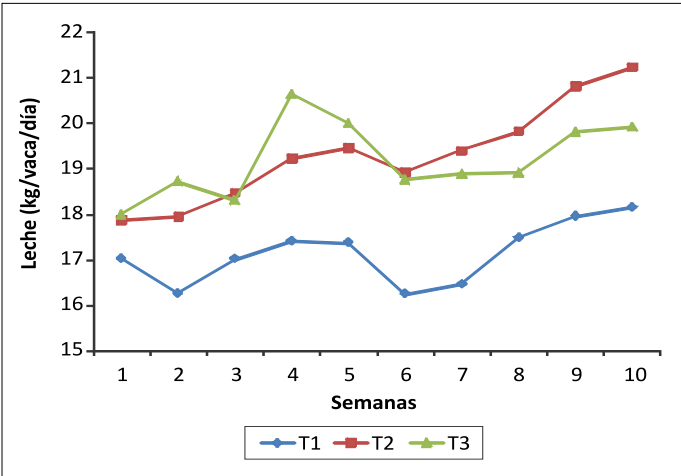
| Tratamientos | Producción láctea corregida (kg/vaca/día) |                 | Diferencia (kg) | Incremento (%) |
|--------------|---|-----------------|-----------------|----------------|
|              | Inicio                                    | Durante (media) |                 |                |
| T1           | 16,68                                     | 17,09           | 0,41            | 2,45           |
| T2           | 17,36                                     | 19,24           | 1,88            | 10,83          |
| T3           | 18,11                                     | 19,15           | 1,04            | 5,74           |
| Media        | 17,38                                     | 18,35           | 1,11            | 6,34           |

T1: kikuyo + afrecho convencional + suplemento comercial; T2: kikuyo + afrecho enriquecido + suplemento comercial; T3: kikuyo + suplemento comercial

se encuentra dentro del rango reportado por Correa *et al.* (2008) para pasto kikuyo procedente de diferentes explotaciones lecheras de Antioquia (11 a 13 kg/vaca/día).

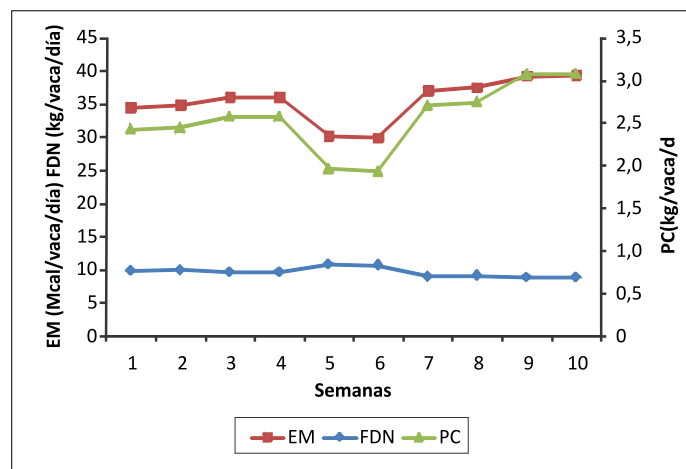
Se resalta el ajuste obtenido entre el balance nutricional estimado (dietas con el 100% de requerimientos necesarios para producir 19 L de leche/vaca/día, con un equilibrio en la condición corporal) y los resultados obtenidos en producción láctea para los tratamientos ensilaje enriquecido + suplemento, condición que no se presentó en el tratamiento ensilaje + suplemento (figura 1), desfase atribuido a variaciones en el nivel de materia seca de los ensilajes de afrecho realizados (32,6% *vs* 38,7% de materia seca para ensilaje de afrecho enriquecido y estándar, respectivamente), que posiblemente afectaron el consumo de materia seca de ensilaje de afrecho estándar. Adicionalmente, las diferencias resultantes entre los dos ensilajes para carbohidratos no fibrosos (CNF) y fracciones proteicas B2 y C (23,23 *vs* 29,13, 28,89 *vs* 33,67; 11,79 *vs* 6,73 de porcentaje de CNF, fracción proteica B2 y fracción proteica C, respectivamente), pueden explicar la mejor utilización de las fuentes energéticas y proteicas del ensilaje enriquecido por el animal.

Las curvas obtenidas para producción láctea después de la segunda semana experimental (figura 1) presentan una tendencia similar para los tres tratamientos, con un descenso de la producción durante la semana 5 y una recuperación de la misma a partir de la semana 6. Aunque se evidencia una tendencia de superioridad del tratamiento ensilaje enriquecido + suplemento, después de la semana 6, esta diferencia no es significativa con el tratamiento suplemento, resultado que se ajusta al balance nutricional realizado mediante simulación con el sistema de fraccionamiento de nutrientes. Las variaciones en producción láctea registradas durante las semanas 5 y 6 se atribuyen básicamente a la oferta de materia seca y a la disponibilidad de nutrientes de las



**Figura 1.** Producción láctea de vacas Holstein durante el periodo experimental

praderas utilizadas durante el periodo experimental, ya que se presentó una variación importante en estos indicadores, especialmente en la calidad nutricional (figura 2). En efecto, durante las semanas 5 y 6, los animales pastorearon una pradera con oferta y calidad de forraje inferiores a las obtenidas en las restantes praderas.



**Figura 2.** Nutrientes disponibles en las praderas utilizadas durante el periodo experimental

No obstante el manejo impartido para garantizar un consumo estable de materia seca de forraje durante el pastoreo en las diferentes praderas, las ligeras variaciones obtenidas en los niveles de materia seca de la pradera y en el forraje residual, originaron variaciones importantes en la disponibilidad de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y energía metabolizable (EM), las cuales se reflejaron en la producción láctea obtenida (figura 1). De esta manera, los niveles de PC disponible y EM disponible presentaron un descenso del 15,7 y 16,9%, respectivamente, durante las semanas 5 y 6, mientras que el FDN disponible registró un incremento del 12,3%, variaciones a las cuales se atribuye el descenso registrado en la producción láctea durante las semanas mencionadas. El cambio de pradera mejoró la disponibilidad de estos nutrientes, lo cual se reflejó en la recuperación de la producción láctea, obteniéndose una correlación positiva entre PC y EM disponibles en las praderas y la producción láctea ( $R=0,65$  y  $0,60$ ;  $P\leq 0,05$ , respectivamente), y una relación negativa entre el nivel de FDN disponible y la producción láctea ( $R=-0,56$ ;  $P\leq 0,05$ ). Aunque el nivel de FND en la dieta es fundamental para la mantener la fisiología del rumiante, se hace necesario mantener un nivel moderado de este nutriente durante los estadios iniciales de la lactancia para maximizar la energía metabolizable de la dieta (Chamberlain y Wilkinson, 2002); adicionalmente, a medida que los forrajes maduran incrementan su nivel de pared celular y reducen el contenido celular, afectando de manera negativa su valor nutricional, el consumo y la productividad animal (Estrada, 2002; Rincón *et al.*, 2008; Hall *et al.*, 2001; Rinehart, 2008).

De manera similar, Faverdin *et al.* 2003, reportan una correlación positiva entre rendimiento lácteo y el nivel de proteína en la dieta, al infundir proteína de soya a nivel ruminal y duodenal; y Carulla 1999, afirma que la mayor parte de la proteína de los forrajes disponibles en trópico alto es degradada en rumen, y su uso por parte de la vaca lechera dependerá de su incorporación por parte de los microorganismos. Campmany 1999, destaca la importancia de la energía para el rendimiento lácteo y nivel de proteína láctea, mientras que Pulido *et al.*, 2007, solo reportan leves efectos de la fuente energética sobre el rendimiento lácteo.

Por otra parte, la oferta de materia seca en la pradera pastoreada durante las semanas 5 y 6 fue similar a la media obtenida en las praderas utilizadas durante las semanas restantes (22,6 vs. 22,8 kgMS/vaca/día), ofertas similares a las utilizadas por Bargo *et al.*, 2002 (19,1 y 22,2 kg Materia seca/vaca/día), pero inferiores a las reportadas por Bargo *et al.*, 2003 (25 a 40 kg de materia seca/vaca/día) en vacas lecheras en diferente estado de lactancia, diferencia que puede limitar la selección de los materiales ofrecidos y en consecuencia, el consumo voluntario. Sin embargo, el forraje residual determinado en las praderas utilizadas durante las semanas 5 y 6 del periodo experimental fue superior al obtenido en las praderas correspondientes a otras semanas, incremento atribuido a la composición química, especialmente al mayor nivel de pared celular y menor nivel de proteína cruda del forraje ofrecido, disminuyendo de esta manera el aporte de nutrientes disponibles para el animal (figura 2), y el nivel de producción láctea obtenido durante las semanas experimentales mencionadas (figura 1). No obstante, el forraje residual determinado en las praderas utilizadas durante las semanas experimentales (23,8 y 19,0%, para semanas 5 a 6 y semanas restantes, respectivamente), fue inferior a las reportadas por Sánchez y Villaneda, 2009 (27 a 34%), al monitorear praderas en diferentes sistemas de producción lechera especializada de trópico alto, durante un periodo de 20 meses, resultados que destacan el manejo aceptable de las praderas durante el periodo experimental.

La composición del producto lácteo obtenido fue similar para los diferentes tratamientos, sin presentarse diferencias significativas para los niveles de proteína, grasa láctea (tabla 4) y sólidos totales; sin embargo, se observó una ligera tendencia de superioridad para estos dos nutrientes en los animales que recibieron el tratamiento suplemento comercial, atribuida a una menor relación fibra - carbohidratos no estructurales en esta dieta. Similares resultados en calidad láctea son reportados por Tobía *et al.*, 2004, al reemplazar alimento balanceado por ensilaje de soya en la dieta de vacas Holstein, y por Polan *et al.* (1985), al incluir afrecho y una

**Tabla 5.** Producción y calidad láctea de vacas Holstein sometidas a tres dietas experimentales ( $P \leq 0,05$ )

| Trata-<br>mientos | Leche *<br>(kg/vaca/día) | Calidad láctea |                      |        |                      |
|-------------------|--------------------------|----------------|----------------------|--------|----------------------|
|                   |                          | Proteína       |                      | Grasa  |                      |
|                   |                          | %              | Kg día <sup>-1</sup> | %      | Kg día <sup>-1</sup> |
| T1                | 17,09±1,94 b             | 2,94 a         | 0,502 b              | 3,57 a | 0,610 b              |
| T2                | 19,24±1,79 a             | 2,93 a         | 0,564 a              | 3,54 a | 0,681 a              |
| T3                | 19,15±1,79 a             | 3,02 a         | 0,574 a              | 3,70 a | 0,708 a              |
| Media             | 18,35±2,13               |                |                      |        |                      |

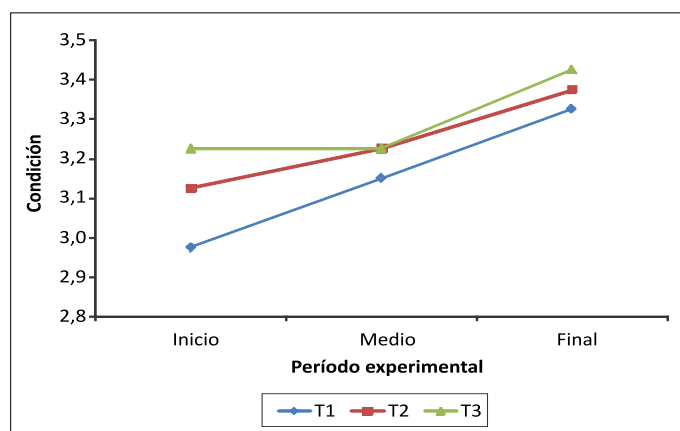
\*Media +/- Desviación estándar.

T1: kikuyo + afrecho convencional + suplemento comercial; T2: kikuyo + afrecho enriquecido + suplemento comercial; T3: kikuyo + suplemento comercial

dieta testigo en vacas Holstein; mientras que Palmquist, (1996), reporta una disminución de los niveles de proteína láctea al adicionar grasa en la dieta. Sin embargo, para Staples (2005), la disminución de la grasa láctea puede ser corregida cuando se adicionan fuentes de fibra digestible, especialmente cuando el heno de alfalfa es incluido en la dieta, o cuando estos henos reemplazan el 30 a 40% del ensilaje de maíz. Las variaciones en los niveles de nutrientes lácteos mencionados originaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la cantidad de proteína y grasa láctea obtenida, explicable por las diferencias en el nivel de leche obtenido en los diferentes tratamientos.

En general, los resultados en composición láctea obtenidos durante el periodo experimental se encuentran dentro de los niveles reportados por la literatura para diferentes sistemas de alimentación y suplementación en hatos lecheros especializados a nivel nacional (2,75 a 3,15% y 2,78 a 3,65% para proteína y grasa láctea, respectivamente (Montoya *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2008).

Aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos para la condición corporal de los animales ( $P \leq 0,05$ ), puede observarse una recuperación importante de este indicador para los tratamientos ensilaje + suplemento y ensilaje enriquecido + suplemento (ensilaje de afrecho estándar y enriquecido, respectivamente), ligeramente diferente a la obtenida con el tratamiento suplemento comercial, ya que estos animales mantenían una mejor condición al inicio del periodo experimental (figura 3), corroborando de esta manera, el nivel y disponibilidad de energía para producción láctea, mantenimiento y recuperación de reservas corporales de las dietas utilizadas en los diferentes tratamientos. También es importante resaltar que los animales experimentales se encontraban en lactancia media, periodo durante el cual, la producción láctea tiende a estabilizarse, mientras que el consumo voluntario continua incrementando, razones por las cuales el balance energético negativo es menor y facilita la recuperación de la condición corporal (Correa, 2002). En general, la media obtenida para condición corporal en todos los animales

**Figura 3.** Variación de la condición corporal en tres dietas experimentales. T1: kikuyo + afrecho convencional + suplemento comercial; T2: kikuyo + afrecho enriquecido + suplemento comercial; T3: kikuyo + suplemento comercial

experimentales fue  $3,25 \pm 0,3$ , valor acorde con el estado de lactancia y con los sugeridos por la literatura para recuperar las reservas perdidas durante lactancia inicial (Heinrichs y Ishler, 1996, Pedrón *et al.*, 1993).

No se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para el Nitrógeno ureico en leche (NUL), en los diferentes muestreos realizados, obteniendo una media general de 12 mg de NUL/100 mL de leche, para los tratamientos (9 a 15 mg/100 mL, 11 a 13 mg/100mL y 10 a 14 mg/100 mL, para ensilaje + suplemento, ensilaje enriquecido + suplemento y suplemento comercial, respectivamente), niveles que se encuentran dentro del rango óptimo para producir leche y obtener un adecuado comportamiento reproductivo (Arreaza *et al.*, 2002; Peña, 2000), consecuencia de un balance adecuado entre nitrógeno y energía de la dieta; sin embargo, los resultados difieren de los reportados por Sánchez y Villaneda, 2009, para explotaciones lecheras de Cundinamarca y Boyacá (niveles superiores a 16 mg/100 mL).

### Análisis económico

El análisis económico para cada uno de los tratamientos y el comportamiento productivo obtenido con cada uno de ellos puede observarse en la tabla 6. Los costos para cada uno de los alimentos utilizados en las dietas, expresados como materia seca, fueron estimados con los precios de los diferentes insumos y procesos requeridos para obtenerlos y suministrarlos a los animales.

La inclusión en la dieta de ensilaje de afrecho de cervecería enriquecido, para reemplazar parte del suplemento comercial (ensilaje enriquecido + suplemento), permitió obtener la mejor respuesta económica, representada por un mayor beneficio por animal (\$10.981/vaca/día,

**Tabla 6.** Análisis económico de los sistemas de alimentación utilizados durante el periodo experimental

| Concepto                                 | Tratamientos |           |           |
|--|--------------|-----------|-----------|
|  | T1           | T2        | T3        |
| Periodo experimental (días)              | 70           | 70        | 70        |
| Producción láctea (kg/vaca/día)          | 17,09        | 19,24     | 19,15     |
| Consumo forraje (kg/vaca/día)            | 11,5         | 11,5      | 11,5      |
| Consumo Suplemento (kg/vaca/día)         | 2,15         | 2,15      | 4,3       |
| Consumo Ensilaje estandar(kg/v/d)        | 2,17         |           |           |
| Consumo ensilaje enriquecido (kg/v/d)    |              | 2,17      |           |
| <b>Ingresos</b>                          |              |           |           |
| Leche producida (litros/vaca/periodo)    | 1.196        | 1.347     | 1.341     |
| Ingresos por leche (\$/vaca/periodo)     | 957.040      | 1.077.440 | 1.072.400 |
| <b>Costo de la dieta</b>                 |              |           |           |
| Forraje (\$/vaca/periodo)                | 64.400       | 64.400    | 64.400    |
| Suplemento (\$/vaca/periodo)             | 143.728      | 143.728   | 287.455   |
| Ensilaje estándar (\$/vaca/periodo)      | 87.950       | 0         | 0         |
| Ensilaje enriquecido (\$/vaca/periodo)   | 0            | 101.621   | 0         |
| Costo dieta (\$/vaca/periodo)            | 296.078      | 309.749   | 351.855   |
| Costo dieta (\$/vaca/día)                | 4.230        | 4.425     | 5.027     |
| <b>Costos de producción*</b>             |              |           |           |
| Leche (\$/kg)                            | 247.5        | 229.9     | 262.5     |
| Beneficio (\$/vaca/periodo)              | 660.962      | 767.691   | 720.545   |
| Beneficio (\$/vaca/día)                  | 9.408        | 10.981    | 10.294    |
| <b>Tasa de Retorno (Beneficio/Costo)</b> | 2,23         | 2,48      | 2,05      |

\* Solo incluye la dieta suministrada.

T1: kikuyo + afrecho convencional + suplemento comercial; T2: kikuyo + afrecho enriquecido + suplemento comercial; T3: kikuyo + suplemento comercial

\$10.294 y \$9.408 para ensilaje enriquecido + suplemento, suplemento comercial y T1, respectivamente) y una mayor tasa de retorno (2.48, 2.05 y 2.23 para ensilaje enriquecido + suplemento, Suplemento comercial y ensilaje + suplemento, respectivamente). Con este reemplazo parcial se presentó un ahorro de \$602/vaca/día, equivalente al 12,2% de reducción en el costo de alimentación, factor importante para mejorar la tasa de retorno y permitir una disminución de \$42.106/vaca/periodo de dos meses, valor importante para mejorar la competitividad del hato.

Aunque el costo de la dieta con afrecho enriquecido (ensilaje enriquecido + suplemento), fue ligeramente superior al obtenido con afrecho convencional, por la inclusión de fuentes energéticas adicionales (\$4.425/vaca/día y \$4.230/vaca/día para ensilaje enriquecido + suplemento y ensilaje + suplemento, respectivamente), el mejor comportamiento productivo obtenido con ensilaje enriquecido + suplemento (tabla 6) originó indicadores económicos superiores. Las fuentes energéticas involucradas en ensilaje enriquecido + suplemento, posiblemente permitieron una mejor utilización ruminal del nitrógeno soluble presente en los forrajes suministrados y proporcionaron energía adicional para la producción láctea y el mantenimiento de la condición corporal.

La bondad económica de ensilaje enriquecido + suplemento también puede apreciarse al analizar el costo de producción de un litro de leche, al considerar la dieta ofrecida; en este sentido, con el reemplazo parcial de alimento balanceado por ensilaje de afrecho enriquecido se obtuvo el costo más bajo de producción (\$229.9/kg; 247.51/kg y \$262.50/kg para tratamientos ensilaje enriquecido + suplemento, ensilaje + suplemento y suplemento comercial, respectivamente). Estos costos de producción son relativamente bajos, al compararlos con los correspondientes a nivel de insumos y potreros de la canasta de costos para ganadería de leche especializada en la región de Cundinamarca de 45% (36,2 y 8,8% para insumos y potreros, respectivamente; Roldán *et al.*, 2003), diferencia que se puede atribuir al relativo bajo nivel de suplementación utilizado en los tres tratamientos evaluados, el cual registró un valor de 27,22%.

## CONCLUSIONES

La inclusión de azúcares, almidones y/o grasa al afrecho de cervecería durante el proceso de conservación incrementa, de acuerdo con las cantidades adicionadas, la calidad nutricional del ensilaje resultante, específicamente en los niveles de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable, obteniendo valores de 40,83 a 47,36%; 22,5 a 22,2% y 2,76 Mcal/kg a 3,03 Mcal/kg para materia seca, proteína cruda y energía metabolizable, respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el sistema CNCPS se constituye en una herramienta fiable para la predicción de requerimientos nutricionales, consumo, producción láctea y balance de reservas corporales de vacas lecheras especializadas de trópico alto, siempre y cuando se disponga de los análisis de calidad nutricional requeridos por el sistema y de estimaciones reales de la disponibilidad de forrajes en las praderas.

El manejo adecuado del pastoreo y de la suplementación que garanticen el consumo voluntario y los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales permiten incrementos en la producción láctea de vacas lecheras especializadas, aún en el segundo tercio de lactancia, sin detrimento de la calidad láctea, condición corporal y otros indicadores del balance nutricional.

El reemplazo parcial del suplemento balanceado comercial por ensilaje de afrecho de cervecería enriquecido constituye una alternativa viable para mejorar la competitividad de las explotaciones lecheras especializadas de trópico alto, al obtener un menor costo de producción con un rendimiento y calidad láctea similar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arreaza LC, Franco A, Mayorga J, Mateus H, Pardo O, Sánchez L, Barros J, Pérez O. 2005. MEP-2®: Programa de computador para manejo de praderas con bovinos en el trópico colombiano. I – Desarrollo informático. Revista Corpoica - Ciencia Tecnología Agropecuaria 6(2):21-27.
- Arreaza LC, Sánchez L, Medrano J, Pardo O, Mateus H, Reza S, Becerra J, Santana MO, Arcos JC, Romero H, Peláez L, Londoño J. 2002. Nutrición y alimentación de bovinos en el trópico bajo colombiano. Manual Técnico. Corpoica. Tibaitatá. 56 p.
- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowance. Journal of Dairy Science 85:1777-1792.
- Bargo F, Muller LD, Kolver ES, Delahoy JE. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. Journal of Dairy Science 86:1-42.
- Campmany JT. 1999. Cómo mejorar la proteína con una adecuada alimentación. En: II Seminario Internacional sobre calidad de la leche. Medellín. Colanta. Medellín. 141 p.
- Cardozo F, Sánchez L, Baquero I, Ramírez M, Jiménez G, Díaz R, Villaneda E. 2008. Uso óptimo de insumos y modernas herramientas de costeo: estrategia para la competitividad de la lechería especializada del Trópico Alto Colombiano. Corpoica; Colciencias; Fedegan; Produmedios. Bogotá. 215 p.
- Carulla JE. 1999. De la proteína del forraje a la proteína en la leche. Metabolismo del nitrógeno del forraje en la vaca lechera. En: II Seminario Internacional sobre calidad de la leche. Colanta. Medellín, Colombia. 65 p.
- Chamberlain AT, Wilkinson JM. 2002. Alimentación de la vaca lechera. Editorial Acibria. Zaragoza, España. 317 p.
- Consejo Regional de la Cadena Láctea de Antioquia. 2001. Costos e insumos en la cadena láctea de Antioquia. Documento de Trabajo. Consejo Regional Cadena Láctea; Corpoica; MADR. Medellín, Colombia. 80 p.
- Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión). II. Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. Livestock Research for Rural Development (en línea) 20(4): <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corr20061.htm>. Consulta diciembre de 2010.
- Correa HJ. 2002. Monitoreo nutricional y metabólico de hatos lecheros. Curso de actualización en reproducción animal. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, Colombia. 38 p.
- Estrada J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 511 p.
- Faverdin P, M'hamed D, Vérité R. 2003. Effects of metabolizable protein on intake and milk production of dairy cows independent of effects on ruminal digestion. Animal Science 76:137-146.
- Forero AM, Jiménez C. 2000. Evaluación del afrecho de cervecería enriquecido sobre la ganancia de peso de novillas Holstein en la Sabana de Bogotá, (tesis), Bogotá, Facultad de Zootecnia, Universidad de la Salle.
- Gallón A. 2007. Los alimentos están volando. Diario El espectador. Bogotá.
- Hall JB, Seay WW, Bakers SM. 2001. Nutrition and feeding of the cow-calf herd: essential nutrients, feed classification and nutrient content of feeds. Virginia Cooperative Extension. Publication 400-011. Virginia, USA. 6 p.
- Harris Jr B, Staples CR. 1992. Plant protein by-product feedstuffs for dairy cattle. Document DS35. IFAS Extension, University of Florida. Gainesville, USA.
- Heinrichs AJ, Ishler VA. 1996. Body condition scoring as a tool for dairy herd management. Extension Circular 363. College of Agriculture Cooperative Extension, Pennsylvania University Extension. University Park, USA.
- Martínez R, Martínez N. 1997. Diseño de experimentos. Fondo Nacional Universitario. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 479 p.
- Montoya NF, Pino ID, Correa HJ. 2004. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 17:241-249.
- Palmquist DL. 1996. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. En: Rebollar PG, Mateos GG, de Blas C, (eds). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid. 15 p.
- Pedron O, Cheli F, Senatore H, Baroli D, Rizzi R. 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters and milking fatty acid composition in dairy cows. Journal of Dairy Science 76:2528-2535.
- Peña F. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como indicador para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. Revista Acovez 27(1):90-97.
- Polan CE, Harrington TA, Wark TA, Armetano LE. 1985. Milk production response to diets supplemented with dried brewers grains, wet brewers grains, or soybean meal. Journal of Dairy Science 68:2016-2026.
- Pulido RG, Berndt S, Orellana P, Wittwer R. 2007. Effect of source of carbohydrate in concentrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. Archivos de Medicina Veterinaria 39(1):19-26.
- Rinehart L. 2008. Nutrición para rumiantes en pastoreo. ATTRA, Servicio Nacional de Información de Agricultura Sostenible. Butte, USA.
- Rincón A, Ligarreto A, Garay E. 2008. Producción de forraje en los pastos *B. decumbens* y *B. brizantha* sometidos a tres frecuencias y 2 intensidades de defoliación en condiciones de piedemonte llanero colombiano. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61(1):4336-4346.
- Roldán D, Tejada M, Salazar M. 2003. La cadena láctea en Colombia. Documento de Trabajo No. 4. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. Bogotá. 19 p.
- Sánchez L, Villaneda E. 2009. Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. Corpoica; Colciencias; Fedegan; Produmedios. Bogotá. 23 p.
- Schroeder JW. 1999. By products and regionally available alternative feedstuffs for dairy cattle. Document AS-1180. NDSU. Fargo, USA.
- Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russel JD. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science 70:3562-3577.
- Staples ChR. 2005. Milk fat depression in dairy cows – Influence of supplemental fats. En: [www.dairyweb.ca](http://www.dairyweb.ca). Consulta: diciembre 2010.
- Tobía C, Rojas A, Villalobos E, Soto H, Uribe L. 2004. Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soja y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca en el trópico húmedo de Costa Rica. Agronomía Costarricense 28:27-35.