

ARTÍCULO TÉCNICO

Pedro Medina¹, Sergio Mejía²,
Rodrigo Martínez³ y Luis Sánchez⁴

ABSTRACT

The effect of grain sorghum silage mixed with urea-molasses-sulfur, cotton seed cake and fish meal supplemented during the dry season to dual purpose cattle for milk yield in the Sinu Valley (Colombia)

In the Sinu Valley region (Cordoba, Colombia), 12 dual purpose Holstein × Cebú cows in the first third of lactation were used to evaluate the response of supplementation sorghum (*Sorghum vulgare*) silage mixed with urea-molasses-sulfur, whole cottonseed and fish meal on milk yield over 60 days period. Treatments were: T1 = silage-0.100 kg of urea-0.250 kg of molasses and 0.004 kg of sulfur. T2 = silage-1.5 kg of whole cottonseed and T3 = silage 0.500 kg of fishmeal. Mean adjusted milk production was: 5,6±0,7, 6,6±1,4 y 5,6±0,6 kg/cow/day for T1, T2 and T3 respectively. Treatment had a significant effect on milk yield per cow. Mean yield of those cows in T2 was significantly higher than that of treatment 1 and 3, but not among T1 and T3. The sorghum silage feed intake was 4,1±0,31, 4,3±0,40 y 3,8±0,29 Kg dry matter/animal/day for treatment 1, 2 and 3 respectively. There were significant differences between T2 and T3, but there were no differences between T1 compared with T2 and T3. Live weight gain throughout the experimental period was in the order of 4,0, 10,0 and 8,4 kg for T1, T2 and T3 respectively, with significant differences only between T1 and T2. All treatments are economically viable, due to the positive income produced. However, treatment 1 showed the higher economic response.

Key words: Supplementation, double purpose cattle, silage, urea, molasses, cotton meal, fishmeal, milk, feed intake, live weight.

Radicado: diciembre 12 de 2007
Aceptado: junio 6 de 2008

1. Investigador Master Asociado, Grupo Pecuario, Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba). CORPOICA, e-mail: pmedina@turipana.org.co
2. Investigador, Grupo Pecuario, Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba). CORPOICA, e-mail: mejia@turipana.org.co
3. Investigador Ph.D. Principal, Grupo de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología Animal (categoría A de COLCIENCIAS), Centro de Investigación Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca). CORPOICA, e-mail: ramartinez@corpoica.org.co
4. Investigador, Grupo Pecuario, Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba). CORPOICA, e-mail: lsanchez@turipana.org.co

Efecto de la suplementación con ensilaje de millo adicionado con urea-melaza-azufre, semilla de algodón y harina de pescado sobre la producción de leche en vacas doble propósito durante la época seca en el Valle del Sinú

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva y económica de la suplementación de vacas doble propósito en pastoreo de Angleton (*Dichanthium aristatum*) con ensilaje de millo (*Sorghum vulgare*) más urea-melaza-azufre, semilla de algodón y harina de pescado en la estación seca en el Valle del Sinú (Colombia). A tal fin se utilizaron 12 vacas Holstein × Cebú en el primer tercio de lactancia, distribuidas aleatoriamente mediante un diseño experimental de sobre-cambio compuestos en cuadrado latino, constituido por tres tratamientos, tres grupos de animales y tres periodos experimentales, así: T1) ensilaje de millo a voluntad más 0,100 kg urea, 0,250 kg melaza y 0,004 kg flor de azufre; T2) ensilaje de millo más 1,5 kg semilla de algodón; y T3) ensilaje de millo más 0,500 kg harina de pescado. Las medias ajustadas para producción de leche fueron de 5,6 ± 0,7, 6,6 ± 1,4 y 5,6 ± 0,6 kg/vaca por día para T1, T2 y T3, respectivamente. Se presentaron diferencias estadísticas entre T2 vs. T1 y T3 pero no hubo diferencias entre estos últimos tratamientos. El consumo de ensilaje de millo fue de 4,1 ± 0,31, 4,3 ± 0,40 y 3,8 ± 0,29 kg MS/vaca por día para T1, T2 y T3, respectivamente; hubo diferencias entre T2 y T3, pero no entre T1 vs. T2 y T3. Las ganancias de peso corporal durante el período experimental fueron de 4,1, 10,0 y 8,4 kg para T1, T2 y T3 respectivamente; hubo diferencias estadísticas entre T2 y T1 pero no entre T3 vs. T2 y T1. Los tres tratamientos son viables económicamente puesto que mostraron ingresos netos positivos, pero el tratamiento T1 presentó la mejor respuesta económica.

Palabras clave: Suplementación, ganado doble propósito, ensilaje de millo, urea-melaza-azufre, semilla de algodón, harina de pescado, producción de leche, consumo, peso corporal, respuesta económica.

INTRODUCCIÓN

UNO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS que afronta la ganadería nacional es la escasez de forraje durante la época seca. La baja disponibilidad y calidad del forraje en las praderas afecta el consumo de materia seca y de nutrientes en los animales y, por consiguiente, los índices productivos se caracterizan por ser de baja eficiencia biológica y económica.

La alimentación suplementaria es una alternativa que le permite al productor mejorar el consumo de nutrientes por parte de sus animales en aquellas situaciones en que las praderas son insuficientes para lograr niveles aceptables de producción. Por lo tanto, la suplementación se utiliza para estimular la lactancia, mejorar la tasa de reproducción y el crecimiento de los animales jóvenes. Sin embargo, la efectividad de

la suplementación debe apoyarse en un análisis de rentabilidad que depende del contexto productivo y las restricciones económicas de cada explotación pecuaria. Usualmente la suplementación alimenticia de animales en pastoreo se ofrece en la época seca como respuesta a una deficiencia de nutrientes que la pradera no puede proveer en su totalidad; también se proporciona en la época de lluvias buscando subsanar una deficiencia nutricional específica, regularmente energía (Ruiz, 1984).

La región de la Costa Norte de Colombia cuenta con abundantes subproductos de la agroindustria que pueden utilizarse para implementar programas de suplementación estratégica. La semilla de algodón es uno de éstos; se caracteriza por su importante valor nutricional en términos de proteína cruda y grasa (22% y 20%, respectivamente), lo que

convierte este insumo, en relación con su precio, en un suplemento de gran aceptación por los ganaderos, especialmente en la época seca. En los sistemas de producción animal, uno de los compuestos con nitrógeno no proteico (NNP) más difundidos es la urea, la cual puede utilizarse satisfactoriamente en cantidad regulada como sustituto de la proteína, tanto para el engorde de bovinos, como para vacas en producción; su aprovechamiento depende, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía y minerales, especialmente fósforo y azufre. El azufre facilita el metabolismo microbiano en el rumen y contribuye a la formación de los tejidos del animal (Bray y Till, 1975); en efecto, su consumo es fundamental para el crecimiento y multiplicación de los hongos anaerobios del tracto gastrointestinal de los rumiantes, microorganismos considerados como colonizadores y degradadores primarios de la fibra de los forrajes, contribuyendo a la producción de proteína microbiana y ácidos grasos volátiles para ser utilizados por el animal huésped (Akin *et al.*, 1983; Gordon, 1985).

Varios estudios han comprobado que la suplementación con urea aumenta el consumo de forraje seco e induce al animal a consumir gramíneas más fibrosas y menos gustosas, haciendo posible satisfacer sus requerimientos de energía para mantenimiento en la época seca (Da Silva y Alves, 2000). Las vacas suplementadas con urea pueden aportar producciones de leche iguales a aquellas alimentadas con otro suplemento proteico más costoso, siempre que la ración contenga carbohidratos fácilmente fermentables (Van Horn *et al.*, 1967). Las proteínas de alta calidad pueden ser utilizadas más eficientemente para incrementar la productividad animal, si una mayor proporción de éstas son protegidas de la degradación en el rumen y digeridas en el intestino; tal es el caso de la harina de pescado cuya proteína se considera de alto sobrepaso (60%) debido al tratamiento térmico al cual es sometida durante su procesamiento. El tratamiento de proteínas de alta calidad por métodos físicos y químicos reduce su solubilidad y mejora las ganancias de peso de los bovinos en crecimiento, además de incrementar la producción de leche, especialmente en la fase inicial de la lactancia (Díaz, 1989).

Se han reportado incrementos lineales en la producción de leche en vacas Cebú cuando se suplementó harina de pescado en una dieta básica de paja de arroz amonificada (Saadullah, 1984 citado por Preston y Leng, 1989).

El pasto Angleton (*Dichanthium aristatum*) es la gramínea más representativa de la ganadería en el Valle del Sinú (Colombia), pero su rendimiento de biomasa forrajera se reduce considerablemente en la época seca alcanzando restricciones hasta del 36% respecto a la época de lluvias (Montoya y Piedrahita, 2003). Su máxima producción se presenta durante los meses de abril a octubre, disminuyendo notoriamente de noviembre a marzo durante la estación seca, lo que afecta la disponibilidad y calidad del mismo y conduce a pérdidas en el peso vivo del animal que pueden sobrepasar los 20 a 40 kg por animal adulto, además de disminuir drásticamente la producción de leche hasta en 60% (Cuadrado *et al.*, 2003).

El ensilaje de millo criollo de panoja larga (*Sorghum vulgare*) es una buena alternativa para enfrentar la escasez de forraje en épocas críticas dado su alto potencial forrajero. El millo es originario de África y fue introducido a Colombia en el siglo XVII en el departamento del Atlántico; se caracteriza por su rusticidad y adaptación a suelos de baja fertilidad, además de ser tolerante a la sequía, las plagas y las enfermedades, por lo que representa una opción viable para enfrentar épocas de escasez de forraje (Mejía, 1999). Su producción en términos de forraje verde ha llegado a alcanzar en el Valle medio del río Sinú las 132,5 t·ha⁻¹ en el primer corte, correspondientes a 25,5 t MS·ha⁻¹, sembrado a chorrillo y a una distancia de 0,7 metros entre surcos; promediando el primero y segundo cortes se obtienen 90,2 t·ha⁻¹ de forraje verde, equivalentes a 18,2 t MS·ha⁻¹ (Mejía, datos sin publicar).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar y comparar, desde los puntos de vista biológico y económico, el efecto de la suplementación con ensilaje de millo criollo de panoja larga (*S. vulgare*) junto con urea-melaza-azufre, semilla de algodón y harina de pescado en vacas tipo doble propósito (Holstein × Cebú) bajo pastoreo de Angleton (*D. aristatum*) en época seca en el Valle medio del río Sinú (Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), ubicado en el municipio de Cereté, Valle medio del río Sinú (Córdoba, Colombia), con latitud norte de 9° 27' y longitud oeste de 75° 56', altitud de 13 m.s.n.m., temperatura media de 28°C, precipitación pluvial media anual de 1.200 mm y humedad relativa del 87%; el área corresponde a la zona agroecológica de bosque semihúmedo tropical según la clasificación de Holdridge (1978).

Animales, diseño experimental, manejo y alimentación

Se seleccionaron 12 vacas del cruce racial Holstein × Cebú entre tres y cuatro partos, con peso corporal promedio de 452 kg y producción media de leche de 7 kg/día antes de iniciar el experimento, además de encontrarse en el primer tercio de la lactancia. El ensayo tuvo una duración de 60 días durante la época seca. Los animales fueron sorteados aleatoriamente mediante un diseño de sobrecambio compuesto en cuadrado latino, con tres tratamientos, tres grupos de vacas y tres períodos experimentales (Lucas, 1974). Los tratamientos fueron los siguientes:

- T1: Ensilaje de millo a voluntad + 0,100 kg urea + 0,250 kg melaza + 0,004 kg flor de azufre.
- T2: Ensilaje de millo a voluntad + 1,5 kg semilla de algodón.
- T3: Ensilaje de millo a voluntad + 0,500 kg harina de pescado.

Cada grupo experimental estuvo conformado por cuatro vacas, mientras cada período estuvo constituido por 20 días: 15 fueron de acostumbamiento a la respectiva dieta, además de eliminar el efecto residual del tratamiento anterior, y los 5 días restantes se utilizaron para registrar la información de cada una de las variables bajo estudio (producción de leche, consumo de cada uno de los suplementos y peso corporal). Cada grupo de vacas rotó por cada uno de los tratamientos durante el período experimental. Una vez ordeñadas, las vacas se distribuyeron en grupos de cuatro animales en sus correspondientes corrales, donde se le suministró a cada grupo el tratamiento

respectivo. Finalizada la suplementación diaria las vacas se conducían a praderas de Angleton con una producción media de 1.100 kg MS·ha⁻¹ (en la época seca) y fueron manejadas bajo pastoreo rotacional con periodos de ocupación y descanso de 3 y 37-42 días, respectivamente.

La dieta a base de urea-melaza-azufre se ofreció cada tres horas (entre las 8:00 am y las 2:00 pm). Se registró diariamente la producción individual de leche, mientras el consumo de suplemento se calculó haciendo diferencia entre lo ofrecido y rechazado por tratamiento. El peso corporal se determinó sin ayuno al final de cada período experimental. Previamente al experimento las vacas fueron desparasitadas y tuvieron libre acceso a sal mineralizada y agua fresca a voluntad. El cultivo de millo se cosechó para ensilar a los 100 días de establecido. La Tabla 1 muestra la composición química del pasto Angleton, tanto al inicio como en la fase final del experimento, así como la del ensilaje de millo, la semilla de algodón, la harina de pescado, la melaza y la urea.

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System®). Se realizaron los análisis de varianza respectivos y para la diferenciación de medias se implementó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la suplementación sobre la producción de leche

Los efectos de tratamientos, períodos experimentales y la interacción tratamientos × períodos, representaron fuentes significativas de variación ($P=0,0017$, $P=0,0225$ y $P=0,0059$, respectivamente). Las medias ajustadas por mínimos cuadrados para producción diaria de leche fueron de 5,6, 6,0 y 5,5 kg por vaca para T1, T2 y T3, respectivamente (Tabla 2). Se presentaron diferencias entre T2 vs. T1 y T3, pero no hubo diferencias entre los anteriores.

El tratamiento con semilla de algodón (T2) alcanzó una mayor respuesta en producción de leche, siendo superior en 7,1% y 9,0% a T1 y T3, respectivamente. Regularmente, la inclusión de 15% de semilla de algodón entera de buena calidad en dietas para vacas lecheras ha mostrado

incrementos moderados en producción de leche (6,5% a 10,5%) y en porcentajes de grasa butirométrica, presentándose además disminución del porcentaje de proteína en leche (Coppock y Wilks, 1991; Mena, 1996 y 1997; Mena *et al.*, 2001). En este experimento, el porcentaje de semilla de algodón (T2) representó cerca del 13% de su inclusión en la ración alimenticia. Un resumen de 18 experimentos alimenticios con semilla de algodón incluida en un 25% de la ración presentó respuestas variables, pero en general hubo pocos efectos positivos (Coppock *et al.*, 1987). En este sentido, Poos *et al.* (1979) demostraron que vacas alimentadas con dietas deficientes en proteína (9%) y suplementadas con fuentes proteicas como harina de soya o urea (hasta 16% ó 17% de proteína cruda) responden con aumentos en la producción de leche sin haber diferencias entre suplementos.

Casper y Schingoethe (1986) indicaron que las vacas alimentadas con dietas que contenían nitrógeno en forma más soluble (como la urea), pueden aportar producciones de leche iguales a aquellas con

suplementaciones de proteína natural, si la ración contiene, además, carbohidratos fácilmente fermentables. Un experimento realizado en el Piedemonte del departamento del Meta (Colombia) con vacas mestizas doble propósito, pastoreando *Brachiaria decumbens* y suplementadas diariamente con 100 g de urea más 1 kg de melaza, permitió aumentos en la producción de leche en época seca y de lluvias del orden de 48,0% y 47,0% respectivamente, con relación al grupo control sólo bajo pastoreo (Hernández *et al.*, 1990).

Por lo general, cuando se suplementan vacas en producción con niveles de 2,2% a 2,7% de urea, se produce una disminución importante en el consumo y en la producción de leche, mientras que cuando la suplementación es del 1%, se ha demostrado una ligera depresión en la producción con respecto a vacas alimentadas con proteína natural (Van Horn *et al.*, 1967). Estos autores encontraron disminución en la producción de leche durante los primeros días de suplementación con urea y luego su estabilización. Cabe subrayar que en este experimento el tratamiento con base en

Tabla 1. Composición química de los componentes alimenticios usados en las raciones

Composición química (%)	Pasto Angleton		Ensilaje de millo	Semilla de algodón	Harina de pescado	Melaza	Urea
	Inicio exp	Final exp					
Materia seca	26,0	34,6	29,0	93,1	93,5	72,0	99,0
Proteína cruda	6,8	5,9	5,5	20,6	61,5	2,0	287,5 *
FDN	54,8	72,9	58,4				
FDA	46,9	54,9	35,9				
Lignina	7,1	9,2					
Grasa				19,8			
Cenizas	13,5	11,3		4,1			
DIVMS			50,1				

FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente ácido; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.
* PC= N (46%) x 6,25

Tabla 2. Comparación de medias para producción diaria de leche (kg/vaca) según tratamientos y períodos experimentales.

Tratamientos	Períodos experimentales			Promedio por tratamiento
	P 1*	P 2*	P 3*	
T1	5,6 ± 0,7	5,6 ± 1,1	5,6 ± 1,3	5,6 ± 1,1 B
T2	6,6 ± 1,4	5,5 ± 1,1	5,9 ± 0,8	6,0 ± 1,1 A
T3	5,6 ± 0,6	5,6 ± 0,5	5,5 ± 0,8	5,5 ± 0,7 B
Promedio por período	5,9 ± 1,0 a	5,5 ± 0,9 b	5,6 ± 1,0 ab	

* Promedio ± Desvío estándar; T1: urea + melaza + azufre; T2: semilla de algodón; T3: harina pescado.

A, B: medias con letras diferentes dentro de la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según prueba de Tukey.
a, b: medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según prueba de Tukey.

urea (T1) representó alrededor del 1% de la ración diaria alimenticia y mostró un constante equilibrio en la producción de leche durante los tres periodos experimentales (Tabla 2), además de una excelente respuesta en producción al ser aplicado en función del tiempo, lo que parece ser condujo a un eficiente aprovechamiento del amoníaco ruminal para síntesis de proteína microbiana (Coopock y Slack, 1970; Coopock *et al.*, 1987; Coopock y Wilks, 1991).

Seijas y Combellas (1991) evaluaron la suplementación con harina de pescado en vacas tipo doble propósito bajo pastoreo de pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) con un valor de proteína cruda de 4,9% y disponibilidad forrajera de 6.235 kg·ha⁻¹. Los resultados demostraron que la suplementación con harina de pescado en vacas mestizas de baja producción (4,0 a 4,1 kg/día) que pastoreaban en pastizales de mediana a baja calidad nutricional, no aumentan la producción de leche. Sin embargo, Guerrero y Castejón (2002) estudiaron el efecto de la suplementación con T1) harina de yuca, T2) harina de yuca + 0.040 kg de urea y T3) harina de yuca + 0.100 kg de harina de pescado, en vacas mestizas en pastoreo de pasto Estrella en la época seca, encontrando un aumento medio del 14,0% en la producción de leche a favor del suplemento con harina de pescado. Otro experimento realizado con vacas Caroras en Venezuela, manejadas en semiestabulación con dieta básica de pasto Estrella y suplementadas con 250 gramos de harina de pescado y concentrado comercial, permitió observar rendimientos en producción de leche a favor de la harina de pescado de sólo un 5% (Alfonso, 2001).

Saadullah (1984), citado por Preston y Leng (1989), observó incrementos lineales en la producción de leche en vacas cebuinas suplementadas con harina de pescado, teniendo como dieta básica paja de arroz amonificada. En el presente experimento, la suplementación con harina de pescado no presentó estos efectos, lo que conduce a inferir que los niveles de nitrógeno fermentable fueron bajos para satisfacer las necesidades de la flora bacteriana del rumen. Por consiguiente, es de suponer que el efecto de sobrepaso de la proteína de harina de pescado al tracto intestinal posterior, para el logro de una mayor producción de leche, fue deficiente debido a un posible desbalance del nitró-

geno a nivel ruminal, lo que posiblemente condujo a la degradación en porcentaje alto de la proteína de harina de pescado por los microorganismos del rumen.

Las medias ajustadas para producción diaria de leche por periodos experimentales fueron 5,9, 5,5 y 5,6 kg/vaca en los periodos P1, P2 y P3, respectivamente (ver Tabla 2); solamente se presentaron diferencias entre las medias correspondientes a P1 y P2. La interacción tratamientos × periodos experimentales fue estadísticamente significativa. En la Tabla 2 se puede observar que el tratamiento a base de semilla de algodón (T2) evidencia una superioridad del 17,8% en producción de leche respecto a T1 y T3 y en el periodo 3, nuevamente aventaja a T1 y T3 en 5,3% y 7,3%, respectivamente. Leng (2003) reporta que la proteína de semilla de algodón es altamente soluble (100%) y degradable en el rumen; por lo tanto, más amoníaco es producido y utilizado por los microorganismos para la actividad degradativa de la fibra en el rumen. Además, establece que los ácidos grasos de cadena larga contenidos en el aceite de la semilla de algodón, son eficientemente absorbidos y utilizados como fuente de energía para crecimiento y producción de leche.

Efecto de la suplementación sobre el consumo de ensilaje

Se presentaron diferencias estadísticas significativas para los efectos de tratamientos, periodos experimentales y tratamientos por periodos ($P = 0,0055$, $P = 0,0017$ y $P = 0,0265$, respectivamente).

Las medias ajustadas para consumo de ensilaje de millo según tratamientos fueron: 4,1, 4,3 y 3,8 kg MS/animal/día para T1, T2 y T3 respectivamente (Tabla 3). Se presentaron diferencias entre T2

y T3, pero no hubo diferencias entre T1 vs. T2 y T3. El tratamiento con semilla de algodón (T2) fue superior en consumo a T3 en 13,1%. Sin embargo, aunque no se presentaron diferencias entre T1 vs. T2 y T3, el tratamiento a base de urea – melaza – azufre (T1) aventajó al de harina de pescado (T3) en 7,9%. Con respecto a la diferencia de medias entre periodos relacionados con el consumo, se presentaron diferencias entre el periodo 1 (4,4 kg) vs. los periodos 2 (4,0 kg) y 3 (3,8 kg).

La suplementación con semilla de algodón incluida hasta en un 25% de la ración alimenticia no ha demostrado reducción en el consumo de materia seca (Coppock *et al.*, 1987); por el contrario, cuando se ha utilizado en vacas de mediana a alta producción en niveles de 3 kg/vaca/día, ha mejorado la condición corporal. En un experimento realizado por Plumer *et al.* (1971) en vacas en lactancia alimentadas con silo de maíz, se encontró que el consumo de materia seca no se vio afectado cuando se suplementó con urea a niveles del 2 al 3% de la ración diaria, en comparación con una cantidad equivalente de nitrógeno a partir de la harina de soya. De otro lado, cuando se suplementan vacas en producción con 2,2% y 2,7% de urea en la ración diaria, se ha producido una merma importante en el consumo; no obstante, al suplementar urea a razón del 1% no se ha visto deprimido el consumo de alimento (Van Horn *et al.*, 1967). Por su lado, Murdock y Hodgson (1979) suplementaron vacas en producción con urea a un nivel del 11,1% del total del nitrógeno de la ración (silo de maíz y heno de alfalfa) y no encontraron efectos adversos en el consumo ni en la producción de leche.

Las medias ajustadas para consumo de ensilaje por periodos experimentales fueron: 4,4, 4,0 y 3,8 kg de materia seca/

Tabla 3. Comparación de medias para consumo de ensilaje de millo (materia seca, kg/animal/día) según tratamientos y periodos experimentales.

Tratamientos	Periodos experimentales			Promedio por tratamiento
	P 1*	P 2*	P 3*	
T1	4,7 ± 0,36	3,8 ± 0,49	3,9 ± 0,10	4,1 ± 0,31 AB
T2	4,9 ± 0,67	4,3 ± 0,27	3,9 ± 0,35	4,3 ± 0,40 A
T3	3,8 ± 0,58	3,9 ± 0,1	3,8 ± 0,19	3,8 ± 0,29 B
Promedio por periodo	4,4 ± 0,46 a	4,0 ± 0,19 b	3,8 ± 0,22 b	

* Promedio ± Desvío estándar; T1: urea + melaza + azufre; T2: semilla de algodón; T3: harina pescado.

A, B: medias con letras diferentes dentro de la misma columna difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según prueba de Tukey.
a, b: medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0,05$) según prueba de Tukey.

animal/día para P1, P2 y P3 respectivamente (Tabla 3), presentándose diferencias entre P1 vs. P2 y P3. El incremento de la pared celular y la disminución de la proteína cruda del pasto Angleton observada en los estados finales del experimento (ver Tabla 1), pudo ocasionar disminución del consumo de ensilaje de millo en los periodos 2 y 3. Forrajes de pobre calidad nutricional, que se caracterizan por su alta fibra (FDN) y su bajo valor proteico, conducen a una deficiente degradabilidad ruminal de los mismos que afecta notablemente la velocidad de paso al tracto digestivo posterior y por consiguiente el consumo voluntario (Van Soest, 1994; Barahona y Sánchez, 2000). Sin embargo, cuando se suplementan los bovinos con semilla de algodón a niveles de 0,5 y 1,0 kg/animal/día, consumiendo henos de bajo valor proteico (PC= 4,0%), se ha disminuido el consumo de forraje pero las ganancias de peso vivo no fueron significativamente mejores que el grupo control. Lo anterior puede ser debido a una deficiencia de amoniaco ruminal y minerales, producto del escaso valor nutricional del heno consumido para lograr una eficiente digestión ruminal (Leng, 2003). En este experimento los valores proteicos del ensilaje de millo y pasto Angleton no alcanzaron cifras extremadamente bajas como para deprimir el consumo voluntario. Por consiguiente, para alcanzar mayores consumos de forrajes de moderada a baja calidad nutricional, se hace necesario adicionar a la dieta una mezcla mineral completa más una fuente de proteína soluble, a fin de lograr un mayor crecimiento y eficiencia digestiva de la biomasa microbial del rumen.

Efecto de la suplementación sobre el peso corporal

Los efectos de tratamientos, períodos y tratamientos × períodos experimentales fueron fuentes significativas de variación (P = 0,0291, P = 0,0001 y P = 0,0391, respectivamente). Las medias de los pesos iniciales fueron 469,0, 462,6 y 465,0 kg y las medias ajustadas para los pesos finales fueron 473,1, 472,6 y 472,4 kg correspondientes a T1, T2 y T3, respectivamente. Los tres tratamientos presentaron ganancias de peso durante el tiempo experimental de 4,0, 10,0 y 8,4 kg de peso vivo para T1, T2 y T3, respectivamente (Tabla

4). Hubo diferencias estadísticas entre T2 y T1, pero no se presentaron diferencias entre T3 vs. T2 y T1.

Con respecto a la diferencia de pesos entre periodos experimentales, hubo diferencias entre P1 (19,1 kg) vs. P2 (0,9 kg) y P3 (2,4 kg) pero no se presentaron diferencias entre estos dos últimos periodos (Tabla 5). Es posible que el efecto de los tres tratamientos al inicio del experimento hubiera estimulado el consumo voluntario promoviendo una mayor ganancia de peso durante el primer período experimental.

Experimentos de suplementación a vacas en producción con proteínas naturales (harinas de soya, carne y hueso) y urea al 1,5%, demostraron que las ganancias de peso corporal tienden a ser mayores con proteínas verdaderas que con urea (Broderick *et al.*, 1993). Este experimento reflejó una situación similar a lo mencionado, ya que las ganancias de peso con la suplementación a base de proteínas naturales (semilla de algodón y harina de pescado) aventajaron a la suplementación con urea-melaza-azufre. Al proporcionar urea en forma continua a bovinos alimentados con pastos de bajo valor nutricional, raras veces se han observado aumentos significativos en la ganancia de peso por encima del nivel de mantenimiento (Leng *et al.*, 1977 citados por Preston, 1987).

Vacas tipo doble propósito pastoreando Estrella (*C. plectostachyus*) con 4,9% de proteína cruda y suplementadas con concentrado comercial y mezcla de concentrado comercial más harina de pescado, demostraron una mayor ganancia de peso corporal con el tratamiento a base de harina de pescado (0,180 vs. 0,350 kg/día) (Seijas y Combellas, 1991).

Vacas Holstein de baja y alta producción de leche (15 y mayores de 20 L/día) en pastoreo de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y suplementadas diariamente con 2 y 3 kg de semilla de algodón extruida, mostraron una ganancia de peso del 30% respecto al peso inicial, después de seis semanas de suplementación (Gómez, 2004).

El estudio de Guerrero y Castejón (2002) citado con anterioridad logró aumentos en el peso vivo de vacas mestizas de 0,410, 0,200 y 0,590 kg/día al ser suplementadas con harina de yuca, harina de yuca + urea y harina de yuca + harina de pescado, respectivamente.

Al observar la comparación de medias para cada uno de los tratamientos (ver Tabla 4), cabe destacar que la suplementación con semilla de algodón entera superó en las ganancias de peso a los tratamientos con base en urea y harina de pescado en 143,9% y 19% respectivamente.

Tabla 4. Comparación de medias para diferencias entre los pesos iniciales y finales según tratamientos (kg/animal).

Tratamientos	PV inicial*	PV final*	Ganancia PV*
T1	469,0 ± 52,3	473,1 ± 44,1	4,1 B
T2	462,6 ± 34,5	472,6 ± 27,1	10,0 A
T3	465,0 ± 35,9	473,4 ± 37,3	8,4 BA

PV: peso vivo; Promedio ± Desvío estándar

Medias con letras distintas difieren significativamente (P < 0,05) según la prueba de Tukey.

Tabla 5. Comparación de medias para ganancias de peso vivo según períodos experimentales y tratamientos (kg/animal).

Tratamientos	Períodos experimentales		
	P 1*	P 2*	P 3*
T1	10,5 ± 26,6	-0,5 ± 13,9	2,3 ± 0,8
T2	26,5 ± 8,5	0,5 ± 7,9	3,0 ± 0,5
T3	20,5 ± 26,3	2,7 ± 5,8	2,0 ± 3,7
Promedio por período	19,1 ± 21,2 A	0,9 ± 9,0 B	2,4 ± 2,1 B

Promedio ± Desvío estándar

Medias con letras distintas difieren significativamente (P < 0,05) según la prueba de Tukey.

vamente. Regularmente, en vacas tipo doble propósito (F1) Holstein × Cebú, los nutrientes por encima del mantenimiento se reparten equitativamente, tanto para la producción de leche como para ganancia de peso, en comparación con las vacas lecheras especializadas en las que la repartición de la energía por encima del mantenimiento se dirige más hacia la producción y menos hacia la ganancia de peso. En el caso del Cebú se tiene una situación opuesta en la que los nutrientes por encima del mantenimiento se dirigen siempre hacia la ganancia de peso (Preston, 1987).

Análisis económico de la suplementación

Un análisis de presupuesto parcial permitió establecer la mejor respuesta económica de los tres tratamientos utilizados en este estudio. La Tabla 6 consigna el comportamiento productivo, además de los costos e ingresos por producción de leche durante el tiempo experimental en términos de ingresos brutos y beneficio.

Los costos de producción de una hectárea de millo, que incluyeron la semilla, la fertilización y la preparación del ensi-

laje (montón), así como los insumos por tratamientos y el valor por kilogramo de leche fueron ajustados a precios del año 2006. La producción de forraje de millo se estimó en 23,2 t MS-ha⁻¹.

Se puede observar que, así el tratamiento T1 a base de urea-melaza-azufre no fue biológicamente el mejor, permitió alcanzar la mejor respuesta económica, manifiesta en un menor costo variable de los insumos (\$42.196) (30,2% y 36,6% menos con relación a T2 y T3, respectivamente), mayores ingresos netos (\$176.204) y la mayor tasa de retorno marginal (4,1). La segunda y tercera opciones económicas (T2 y T3) correspondieron a los tratamientos a base de semilla de algodón y harina de pescado, con ingresos netos y tasas de retorno marginal de \$173.542 y \$147.886 y de 2,8 y 2,2, respectivamente. Cabe destacar que cada uno de los tratamientos empleados en este experimento son viables desde el punto de vista económico, ya que presentan ingresos netos positivos, haciendo posible su utilización en los sistemas de producción de ganaderías doble propósito en época críticas en el valle del Sinú.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que la suplementación de vacas doble propósito con ensilaje de millo y semilla de algodón en época seca en el Valle del Sinú, bajo pastoreo de Angleton (*D. aristatum*) permite aumentar la producción de leche, con relación a la suplementación con urea-melaza-azufre y con harina de pescado, en 7,1% y 9,0% respectivamente.

Es importante resaltar que los efectos esperados de la proteína de sobrepaso presente en la harina de pescado al tracto digestivo posterior, para lograr una mayor respuesta en producción de leche, no fueron viables debido a un posible desbalance del nitrógeno fermentable en el rumen.

Con relación a los efectos de la suplementación sobre el consumo de ensilaje y las ganancias de peso corporal, el tratamiento con semilla de algodón aventajó a los suplementos con base en urea-melaza-azufre y harina de pescado. Normalmente las ganancias de peso vivo tienden a ser mayores con la suplementación basada en proteínas verdaderas, siempre y cuando haya un buen equilibrio del nitrógeno en el medio ruminal. En consideración a lo anterior, el empleo de las tres dietas experimentales, en las cantidades indicadas, las colocan como alternativas económicamente viables para la alimentación de vacas doble propósito en la época seca en el Valle del Sinú. Sin embargo, aunque la suplementación con urea-melaza-azufre no mostró el mejor resultado en cuanto producción de leche, si permitió conseguir la mejor respuesta económica.

Se recomienda para futuras investigaciones evaluar el consumo de ensilaje de millo en un tiempo de corte más temprano, con el objeto de lograr un porcentaje superior de proteína cruda y, por consiguiente, incrementar los niveles de nitrógeno fermentable en el rumen; ello, unido a esquemas de suplementación con proteínas protegidas (sobrepaso) a los bovinos en pastoreo durante la época seca, traería un gran beneficio en la respuesta de productividad animal.

Tabla 6. Análisis de presupuesto parcial de los resultados de la suplementación con ensilaje de millo y tres tratamientos experimentales.

Concepto	Tratamientos		
	T 1	T 2	T 3
Días experimentales	60	60	60
Producción leche (kg/vaca/día)	5,6	6,0	5,5
Consumo de ensilaje (kg MS/vaca/día)	4,1	4,3	3,8
Ingresos:			
Producción total de leche (kg)	336	360	330
Ingreso bruto por ventas leche (\$)	218.400	234.000	214.500
Costos por tratamiento (\$):			
Ensilaje de millo	23.320	24.458	21.614
Urea	7.800		
Melaza	10.740		
Azufre	336		
	\$42.196		
Semilla de algodón		36.000	
		\$60.458	
Harina de pescado			45.000
			\$66.614
Beneficio (\$):	176.204	173.542	147.886
Tasa de Retorno Marginal (beneficio / costo)	4,1	2,8	2,2

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Akin, D.E.; G.L Gordon y J.P. Hogan. 1983. Rumen bacterial and fungal degradation of *Digitaria pentzii* grown with or without sulphur. *Applied and Environmental Microbiology* 46: 738-748.
- Alfonso, R. 2001. Efecto de la suplementación proteica durante el período postparto sobre las características productivas en vacas Carora. Tesis M.S., Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela. pp. 155-157.
- Barahona, R. y S. Sánchez. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 6(1): 69-82.
- Bray, A.C. y A.R. Till. 1975. Metabolism of sulphur in the gastrointestinal tract. En: I.W Mc-Donald y A.C.I. Warner (eds.). *Digestion and metabolism in the ruminant*. University of New England, Armidale (Australia). pp. 243-260.
- Broderick, G.A.; W.M. Craig y D.B. Ricker. 1993. Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows feeding grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science* 76: 2266-2274.
- Casper, D.R. y D.J. Schingoethe. 1986. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. *Journal of Dairy Science* 69: 1346-1354.
- Coopock, C.E. y S.T. Slack. 1970. El uso de la urea para alimentar el ganado lechero. New York, College of Agriculture. Cornell University. USDA. Extensión bulletin No. 1219. Traducción del inglés por G. Cedeño del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá (Colombia). 140 p.
- Coopock, C.E.; J.K. Lanham y J.I. Horner. 1987. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology* 18: 89-129.
- Coopock, C.E. y D.L. Wilks. 1991. Feeding whole cotton seed and cottonseed meal to dairy and beef cattle. En: Jordan, E.R. (ed.). *Proc. Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle*. 43 p.
- Cuadrado, H.; S. Mejía; A. Contreras; A. Romero y J. García. 2003. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana. Manual técnico. Centro de Investigación Turipaná, CORPOICA, Cereté (Córdoba, Colombia) 52 p.
- Díaz, T.E. 1989. Nutrición proteica y energética en rumiantes. En: Segundo curso sobre avances en nutrición animal. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá (Colombia). pp. 101-102.
- Gómez, R. 2004. Semilla de algodón extrusionada: suplemento de alta conversión. En: www.engormix.com; consulta: noviembre 2007.
- Da Silva, H.O. y E. Alves. 2000. Sal mineral com ureia para bovinos na época seca. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA Cerrados, Brasília (Brasil). 60 p.
- Gordon, G.L. 1985. The potencial for manipulation of rumen fungi. En: Gordon, G.L. (ed.). *Biotechnology and recombinant DNA technology in the animal production industries*. University of New England. *Reviews in Rural Science* 6: 124-128.
- Guerrero, S. y M. Castejón. 2002. Suplementación de vacas doble propósito a pastoreo con harina de yuca. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay (Venezuela). pp. 1-6.
- Hernández, Y.; D. Cárdenas y G. Martínez. 1990. Efecto de la suplementación en vacas doble propósito con urea y melaza. En: Curso nacional de ganado de doble propósito. Montevideo (Córdoba, Colombia). pp. 176-198.
- Holdridge, L.R. 1978. El diagrama de las zonas de vida. En: *Ecología basada en zonas de vida*. Serie de libros y materiales educativos No. 34, IICA, San José (Costa Rica). pp. 13-28.
- Leng, R.A. 2003. Drought and dry season feeding strategies for cattle, sheep and goats. Penambull Brooks Eds., Coolum Beach (Queensland, Australia). pp. 143-159.
- Lucas, H.L. 1974. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Institute of Statistics. Mimeo series No. 8. North Carolina State University, Raleigh (North Carolina, EUA). 248 p.
- Mejía, S. 1999. Evaluación y selección de cultivos forrajeros para la alimentación de bovinos en el trópico bajo. *CORPOICA*, Regional 2. 4 p.
- Mena, H. 1996. The effects of whole cotton seed and cotton seed meal supplementation in dairy cows. M.Sc. thesis, The University of Arizona, Tucson (AZ, EUA). 168 p.
- Mena, H. 1997. Factors affecting uptake of gossypol in cattle. Ph.D. dissertation. The University of Arizona, Tucson (AZ, EUA). 126 p.
- Mena, H.; J.E.P. Santos; J.T. Huber; J.M. Simas; M. Tarazon y M.C. Calhoun. 2001. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cotton seed and cottonseed meal in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84: 2231-2239.
- Montoya, J. y D. Piedrahita. 2003. Evaluación técnico-económica de un modelo de producción de carne bovina en el Valle del Sinú. Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba (Colombia). pp. 29-34.
- Murdock, F. y A. Hodgson. 1979. Response of high producing dairy cows fed alfalfa hay and corn silage to supplemental protein and urea. *Journal of Dairy Science* 62: 1752-1757.
- Plummer, J.; J. Miles y J. Montgomery. 1971. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. *Journal of Dairy Science* 54: 1862-1865.
- Poos, M.; L. Bull y R. Hemken. 1979. Supplementation of diets with positive and negative urea fermentation potential, using urea or soybean meal. *Journal of Animal Science* 49: 1417-1426.
- Preston, T.R. y R.A. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Consultorias para el desarrollo rural integrado en el trópico (CONDRI). Cali (Colombia). 179 p.
- Preston, T.R. 1987. Nuevas bases para la producción animal en el trópico. Conferencia presentada durante seminario celebrado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, Universidad Nacional de Colombia. Convenio interinstitucional para la producción agropecuaria en el Valle del Río Cauca & CIPAV. pp. 178-206.
- Ruiz, M.E. 1984. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo. *CATIE*. Turrialba (Costa Rica). pp. 120-121.
- Seijas, J. y J. Combellas. 1991. Suplementación de vacas doble propósito con harina de pescado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (Maracay, Venezuela). 88 p.
- Van Horn, H.; C. Foreman y J. Rodríguez, J. 1967. Effects of high urea supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 50: 709-714.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2a. ed., Cornell University Press, Ithaca (New York, EUA). 476 p.