

SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL ALIMENTO BALANCEADO POR ENSILAJE DE SOYA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE VACA, EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA

Carlos Tobía*, Augusto Rojas^{1/**}, Enrique Villalobos^{***}, Henry Soto^{****}, Lidieth Uribe^{*****}

Palabras clave: Ensilaje de soya, producción de leche, composición láctea, costo de alimentación.

Keywords: Soybean silage, milk production, milk composition, feed cost.

Recibido: 29/04/2004

Aceptado: 15/07/2004

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución parcial (0, 13,6 y 27,2%) de un alimento balanceado (AB) por el ensilaje de soya, con melaza de caña al 8% e inoculado con *Lactobacillus brevis* 3 (ES), en las dietas de vacas Holstein sobre la producción y calidad de la leche. Los 3 tratamientos se asignaron a 12 vacas de primera lactancia, con un peso promedio de 550 kg y con una producción promedio diaria de 18±3 kg de leche, distribuidas en un diseño experimental "cross over". La sustitución del 13,6% del AB por ES no afectó el consumo de materia seca (MS) ni la producción de leche, pero sí redujo en un 7% los costos de alimentación. La sustitución del 27,2% del AB por ES redujo el consumo de MS ($P \leq 0,05$) y la producción promedio de leche en 1,6 kg vaca⁻¹ día⁻¹ ($P \leq 0,05$). La introducción del ES en la dieta no afectó el porcentaje de grasa ni el contenido de sólidos totales, pero sí redujo ($P \leq 0,05$) el porcentaje de proteína y lactosa de la leche. Estos resultados aportan evidencia de que la introducción del ES, como sustituto parcial del AB en la dieta, es una alternativa viable para reducir los costos de producción de leche en el trópico.

ABSTRACT

Use of soybean silage to partially substitute balanced concentrate and its effects on dairy milk production and quality, in the wet tropics of Costa Rica. Partial substitution (0, 13.6 and 27.2 %) of grain mixture (GM) by soybean silage with 8% molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* 3, (SS), in daily rations of Holstein cows, and its effect on milk production and quality, was evaluated. Treatments were assigned to 12 first-lactation cows with an average body weight of 550 kg and an average daily production of 18±3 kg, arranged in a "cross over" experimental design. Substitution of 13.6% GM by SS did not affect dry matter (DM) intake nor milk production, but decreased the feed cost in 7%. Substitution of 27.2% GM for SS reduced DM intake and the average milk production by 1.6 kg cow⁻¹ day⁻¹ ($P \leq 0.05$). The inclusion of the SS in the diet did not affect fat nor total solids content, but reduced ($P \leq 0.05$) milk protein and lactose content. These results indicate that the use of SS as a partial substitute of GM is a feasible alternative to reduce milk production cost in the tropics.

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: augustor@cariari.ucr.ac.cr

* Departamento de Nutrición Animal y Forrajicultura. Decanato de Ciencias Veterinarias. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela.

** Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** Centro de Investigación en Granos y Semillas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

**** Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

***** Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción intensiva de leche en el trópico dependen en gran medida del suministro de alimentos balanceados (concentrados) en cuya elaboración se utiliza una proporción alta de materias primas importadas de alto costo.

Abarca y Madríz (1999) señalan que la alimentación representa entre el 56 y el 60% de los costos para producir leche en Costa Rica. De este porcentaje, el alimento balanceado representa el 82%.

Evidentemente, hay que buscar alternativas que permitan reducir los costos de alimentación para mantener la capacidad competitiva en un mercado que en pocos años será de puertas abiertas a la importación de productos lácteos. Una opción es producir forrajes de alta calidad nutricional que permitan reducir la cantidad de alimento balanceado en las raciones.

Además, en el trópico se necesitan estrategias de alimentación que no sean vulnerables a las condiciones de sequía o de lluvia prolongadas, que aporten al sistema suficiente cantidad de nutrimentos de buena calidad y que, además, estén disponibles durante todo el año. La conservación del forraje mediante el ensilado emerge como una alternativa útil, económica y factible en este contexto.

El forraje de soya cosechado en el estado R_6 es comparable con la alfalfa (Hintz y Albrecht 1994), ya que puede aportar entre 1000 y 2000 kg de proteína ha^{-1} . Por otra parte, este forraje además de contener altos contenidos de proteína y bajas cantidades de fibra, en comparación con las gramíneas, provee una alta concentración de energía (Tobía *et al.* 2004). Estas características lo califican como un forraje de excelente calidad para cubrir los altos requerimientos de energía y proteína del ganado lechero. Adicionalmente, su uso permitiría reducir los altos costos de alimentación de los sistemas intensivos de producción de leche en el trópico.

Si se toma en cuenta únicamente el componente de alimentación, la producción de leche depende principalmente de 2 factores: consumo de energía y cantidad de proteína

absorbida a nivel intestinal. Estos factores son altamente dependientes de la calidad del forraje ofrecido a los animales, así como de la interacción de los constituyentes del forraje con la población microbiana del rumen, factores inherentes al animal y a los otros ingredientes que forman parte de la dieta (Allen 1996).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya en la producción y calidad de la leche, así como su impacto sobre los costos de alimentación de vacas Holstein estabuladas en la zona del trópico húmedo de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Agroindustrial Pozo Azul S.A, localizada en La Tirimbina de Sarapiquí, Provincia de Heredia, a una altura de 245 msnm. El sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge define a esta zona como bosque muy húmedo tropical (bmh-T). Esta zona presenta una precipitación, temperatura y humedad relativa promedio anual de 4000 mm, 25°C y 80%, respectivamente.

Animales y dietas

Doce vacas Holstein con peso promedio de 550 kg, de primera lactancia, manejadas bajo estabulación total, fueron divididas en 3 grupos de acuerdo con su nivel de producción promedio (18 ± 3 kg) y su estado de lactancia ($165,3 \pm 20,3$ días). Los grupos fueron aleatorizados en los siguientes tratamientos: 0,0, 13,6 y 27,2% de sustitución del alimento balanceado por ensilaje de soya.

Se utilizó un diseño "cross over" para evaluar el efecto de 3 raciones (tratamientos), en 3 períodos experimentales de 21 días (14 días para la adaptación de las dietas y evitar algún efecto residual y 7 días para realizar las evaluaciones de producción y calidad de la leche) y en 3 grupos de 4 vacas Holstein en producción. Los 3 grupos de animales consumieron 20 kg de ensilaje de maíz, agua a voluntad y la siguiente suplementación:

- Tratamiento T (testigo): 11 kg alimento balanceado (AB)
- Tratamiento A: 9,5 kg de AB y 6,0 kg de ensilaje de soya (ES)
- Tratamiento B: 8 kg de AB y 12,0 kg de ES

El ensilaje de soya (ES) se elaboró en la finca. Se usó la variedad de soya “CIGRAS 06” que fue desarrollada para las condiciones agroclimáticas de Costa Rica por Villalobos y Camacho (2003). Las plantas se cosecharon en el estado R₆ (Fehr y Caviness 1980), que corresponde al llenado total de las semillas (90 a 100 días). Este estado es reconocido por Hintz y Albrecht (1994) como el óptimo para explotar la soya como forraje. Este material se cortó con una cortadora-picadora (“chopper”) en secciones de aproximadamente 2 cm. Al forraje de soya picado, se le añadió melaza de caña de azúcar al 8% (base fresca) y se le aplicó inóculo bacteriano a razón de 2,5 ml kg⁻¹ de forraje fresco (6,5x10⁷ unidades formadoras de colonia de *Lactobacillus brevis* 3 por ml). Posteriormente, el material fue compactado y sellado en un silo tipo “bolsa” durante 60 días.

En cada período experimental se recolectó 1 muestra de ensilaje de maíz y soya, las cuales se sometieron a los siguientes análisis: materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cs), el nitrógeno en la fibra detergente neutro (NFDN) y el nitrógeno en la fibra detergente ácido (NFDA) de acuerdo con la metodología del AOAC (1990). La fibra detergente neutro (FDN), la fibra detergente ácido (FDA) y el contenido de lignina, se determinaron según el procedimiento propuesto por Goering y Van Soest (1970). Los carbohidratos solubles en solución detergente neutro (CSSDN) se estimaron mediante la ecuación propuesta por Hall (1998). El contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) mediante la metodología de Fick *et al.* (1979). La concentración de nutrientes digeribles totales (NDT) y las estimaciones de energía neta de lactación (EN_{L3X}) se calcularon usando los procedimientos de Weiss *et al.* (1999) y el NRC (2001). La composición nutricional de los ensilajes de soya y de maíz y de las materias primas que forman parte del alimento balanceado se muestran en el cuadro 1.

Las raciones se balancearon con cantidades de proteína y energía similares durante todo el período experimental y los requerimientos nutricionales se proyectaron para obtener una producción de 20 kg de leche con 3,5% de grasa y una ganancia de peso de 0,3 kg día⁻¹ (NRC 2001) (Cuadro 2).

El consumo individual de alimento se midió diariamente, durante toda la etapa experimental de cada período. Las vacas fueron ordeñadas 2 veces al día (4 AM y 4 PM). La producción de leche (vaca día⁻¹) se midió mediante pesadores por goteo Waikato durante 7 días consecutivos en cada período. Además, se tomaron 2 muestras de leche por animal durante cada fase de recolección de datos para determinar la calidad bromatológica de la leche, mediante la metodología Milko Scan, donde cada muestra de 100 ml de leche se fraccionó en una relación 60:40 correspondiente a la producción de leche de la mañana y de la tarde, respectivamente.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza. Para la determinación de las diferencias estadísticas entre medias de tratamientos se utilizó la prueba de Waller Duncan (SAS 1985).

Finalmente, con base en la producción de leche y los costos diarios de alimentación se determinó los ingresos y egresos del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del forraje

El ensilaje de soya (ES) presentó concentraciones de MS, PC, EN_{L3X}, CSSDN y Ca, superiores a las del ensilaje de maíz (EM) en 12,2, 91,0, 5,3, 6,0 y 196,5%, respectivamente. Por otra parte, los contenidos de FDN se concentraron en 30,2% más en los EM que en los ES. La concentración de P fue similar para ambos ensilajes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor nutricional del ensilaje de soya y de los ingredientes utilizados para la formulación de las raciones para vacas lecheras en la Hacienda Agroindustrial Pozo Azul S.A. (Base seca).

Ingredientes	% MS	% PC	ENL _{3x} (Mcal)	% FDN	% CSSDN	% Ca	% P
Ensilaje de soya	27,5 ¹	17,0 ¹	1,39 ⁶	36,1 ²	33,5 ³	0,86 ⁴	0,20 ⁵
Ensilaje de maíz	24,5 ¹	8,9 ¹	1,32 ⁶	51,7 ²	31,6 ³	0,29 ⁴	0,19 ⁵
Pulpa de cítricos	85,8	6,9	1,76	24,2	57,2	1,92	0,12
Maíz molido	88,1	9,4	1,90	9,5	76,1	0,04	0,30
H. Soya 48%	89,1	49,9	1,80	14,9	27,7	0,40	0,71
Semilla de algodón	90,1	23,5	1,94	50,3	5,1	0,17	0,60
Melaza de caña	74,3	5,8	1,65	0,4	80,3	1,00	0,10
Grasa pasante	87,0	0,0	4,05	0,0	0,0	8,00	0,00
Carbonato de calcio	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,00	0,00
Fosfato monocalcico	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,00	21,00
"Buffer-plus®"	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
"Premix leche®"	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,00	13,00
Sal	87,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00

¹AOAC (1990); ²Goering y Van Soest (1970); ³Hall (1998); ^{4,5}Fick *et al.* (1979); ⁶Weiss *et al.* (1999) y NRC 2001. Los otros valores fueron tomados del NRC (1989).

Cuadro 2. Descripción de los componentes de las dietas que se usaron para alimentar las vacas Holstein y su composición nutricional.

Ingredientes	Dietas (kg, base fresca)		
	T (0 kg ES)	A (6 kg ES)	B (12 kg ES)
Ensilaje de maíz	20,00	20,00	20,00
Ensilaje de soya	0,00	6,00	12,00
Pulpa de cítricos	2,50	2,00	1,50
Maíz molido	3,00	3,00	2,00
H. Soya 48%	3,00	3,00	2,50
Semilla de algodón	2,00	0,75	1,00
Melaza de caña	1,50	1,50	1,50
Grasa pasante	0,00	0,30	0,40
Carbonato de calcio	0,10	0,10	0,10
Fosfato monocalcico	0,08	0,08	0,08
"Buffer-plus®"	0,15	0,15	0,15
"Premix leche®"	0,10	0,10	0,10
Sal	0,10	0,10	0,10
Composición de la ración			
MS (%)	48,40	43,40	39,40
PC (%)	15,57	15,21	15,22
EN _L (Mcal)	1,61	1,60	1,57
FDN (%)	28,64	27,84	30,17
CSSDN (%)	34,76	39,96	37,07
Ca (%)	0,71	0,77	0,76
P (%)	0,45	0,39	0,35

Dieta A: El ensilaje de soya (ES) sustituyó el 13,6% del alimento balanceado (AB)

Dieta B: El ES sustituyó el 27,2% del AB

Al igual que la alfalfa, el ES contiene una alta concentración de PC y un bajo contenido de FDN, características que la definen como un forraje de excelente calidad nutricional (Weiss y Shockey 1991). Además, el ES presenta un contenido mayor de energía que el EM. Por lo tanto, al incorporar el ES a las raciones se esperarí un incremento en la producción del ganado lechero.

Producción de leche y consumo de materia seca

La sustitución de un 13,6% del AB por ES no alteró la producción de leche (Cuadro 3). Sin embargo, al sustituir el 27,2% (12 kg de ES) del AB por ES la producción de leche se redujo ($P \leq 0,05$) en 1,6 kg de leche animal⁻¹ día⁻¹. Esta disminución en la producción de leche posiblemente se debió al menor consumo de MS (15,1 kg MS) por parte de los animales alimentados con la dieta B (Cuadro 3), ya que estos animales consumieron, en promedio, una menor cantidad de EN_L (-1,3 Mcal) en comparación con el tratamiento testigo (T). Estos resultados coinciden con los señalado por Weiss (2002, comunicación personal), quien considera que para producir 1 kg de leche con 3,4% de grasa se necesitan 0,8 Mcal de EN_L.

Se encontró diferencias ($P \leq 0,05$) en el consumo de MS entre los animales que se alimentaron con la dieta B (12 kg ES) con respecto a las dietas T y A, que incluían 0 y 6 kg de ES, respectivamente (Cuadro 3). Este menor

consumo de MS, se debió a que la dieta B presentó un contenido de FDN mayor. Chalupa *et al.* (1996) señalan que la fracción FDN es la que estima mejor la capacidad de los alimentos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de MS. Por otra parte, la dieta B presentó una concentración de humedad mayor que las otras 2 dietas (Cuadro 2). Estas 2 condiciones estuvieron relacionadas con la sustitución del AB mayor por el ensilaje de soya (12 kg ES), lo que modificó la relación forraje: concentrado de 50:50 en esta dieta hasta 31:69 en la dieta T (Cuadro 3). Es importante señalar que en la dieta B se presentó la cantidad de alimento mayor sin consumir por los animales. La misma tendencia se observó en vacas Holstein que consumieron ensilaje de alfalfa, donde el consumo de MS fue correlacionado negativamente con el contenido de FDN al incrementar el contenido de forraje en la dieta (Weiss y Shockey 1991). Staples *et al.* (1997) informan de un incremento en el consumo de MS cuando el ensilaje de maní forrajero (*Arachis glabrata*) sustituyó en un 40% al ensilaje de maíz y de una disminución en el consumo cuando se sustituyó más del 70% del mismo forraje, relacionando este comportamiento al incremento del contenido de FDN en la dieta.

Broderick *et al.* (2002) y Dewhurst *et al.* (2003) encontraron un consumo de MS mayor en raciones para vacas Holstein, que utilizaron

Cuadro 3. Producción de leche y consumo de materia seca en vacas Holstein suplementadas con alimento balanceado (T) y con la sustitución parcial del mismo por ensilaje de soya (A y B).

	Dietas		
	T (0 kg ES)	A (6 kg ES)	B (12 kg ES)
Producción leche (kg día ⁻¹)	18,4 ^a ± 2,8	18,3 ^a ± 3,2	16,8 ^b ± 2,1
Producción leche (4% grasa)	18 ^a ± 3	17,9 ^a ± 2,9	16,6 ^b ± 2,5
Consumo materia seca (kg día ⁻¹)	15,5 ^a ± 0,7	15,5 ^a ± 1,0	15,1 ^b ± 1,0
Relación forraje:concentrado	31:69	40,7:59,3	50:50

^{a,b,c} Medias con diferente letra difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$)

Dieta A: El ensilaje de soya (ES) sustituyó el 13,6% del alimento balanceado (AB)

Dieta B: El ensilaje de soya (ES) sustituyó el 27,2% del alimento balanceado (AB)

como fuente de forraje el ensilaje de alfalfa que en aquellas donde se usó ensilaje de ryegrass. Estos consumos de MS mayores correlacionaron positivamente con los incrementos de producción de leche, producción de leche corregida al 3,5% y con los contenidos de grasa, proteína y lactosa. Por otra parte, Dhiman y Satter (1997) no encontraron diferencias ($P \geq 0,8$) en el consumo de MS en dietas para vacas Holstein con una relación 50:50 de forraje: concentrado, cuando todo el forraje era aportado por ensilaje de alfalfa, ni cuando se sustituyó parte de este forraje por 33,3 y 66,6% de ensilaje de maíz. Sin embargo, la mayor producción de leche y de leche corregida al 3,5% de grasa, se obtuvo cuando se sustituyó parte del ensilaje de alfalfa por un 33,3% del ensilaje de maíz.

Composición y producción de componentes lácteos

La inclusión del ES en las dietas no afectó ($P \geq 0,05$) el contenido de sólidos totales ni la grasa de la leche (Cuadro 4). Aunque se observó una ligera tendencia ascendente (que no

fue detectada estadísticamente) del contenido de grasa al incrementar la cantidad de ES en la ración. Dhiman y Satter (1997) encontraron un aumento en la concentración de la grasa láctea cuando alimentaron vacas Holstein con ensilaje de alfalfa. También, Argel *et al.* (1999) observaron un incremento en el contenido de grasa de la leche, cuando alimentaron vacas Jersey con ensilaje de cratylia (*Cratylia argentea*) en la época seca en Costa Rica.

Por otra parte, la inclusión del ES en la dieta afectó ($P \leq 0,05$) el porcentaje de proteína de la leche (Cuadro 4). Esta respuesta se puede asociar con la menor digestibilidad de la PC de las leguminosas en comparación con otras fuentes de proteína (Staples *et al.* 1997). La misma tendencia observaron Argel *et al.* (1999) cuando sustituyeron parte del alimento balanceado (concentrado) por forraje fresco y ensilaje de cratylia. Van Horn *et al.* (1985) señalaron que la fracción PC del forraje de la alfalfa fue menos efectiva que la proteína de la harina de soya en la producción de leche, posiblemente, debido al exceso de proteína soluble contenida en este forraje que escapa a la síntesis de proteína microbial (que ocurre en el

Cuadro 4. Calidad bromatológica de la leche producida por vacas Holstein suplementadas con alimento balanceado (T) y con la sustitución parcial del mismo por ensilaje de soya (A y B).

Indicadores		Dietas		
		T (0 kg ES)	A (6 kg ES)	B (12 kg ES)
Grasa	(%)	3,84 ^a ±0,65	3,88 ^a ±0,48	3,98 ^a ±0,52
	(kg)	0,71±0,12	0,71±0,09	0,67±0,09
Proteína	(%)	3,38 ^a ±0,27	3,24 ^b ±0,28	3,19 ^b ±0,21
	(kg)	0,62±0,05	0,59±0,05	0,54±0,04
Lactosa	(%)	4,78 ^a ±0,17	4,75 ^{ab} ±0,14	4,70 ^b ±0,20
	(kg)	0,88±0,03	0,87±0,03	0,67±0,09
Sólidos no grasos	(%)	8,86 ^a ±0,28	8,69 ^b ±0,29	8,59 ^c ±0,30
	(kg)	1,63±0,05	1,59±0,05	1,44±0,05
Sólidos totales	(%)	12,70 ^a ±0,78	12,57 ^a ±0,64	12,57 ^a ±0,70
	(kg)	2,34±0,14	2,30±0,12	2,11±0,12

^{a,b,c} Medias con diferente letra difieren estadísticamente, \pm = desviación estándar

Dieta A: El ensilaje de soya (ES) sustituyó el 13,6% del alimento balanceado (AB)

Dieta B: El ES sustituyó el 27,2% del AB

rumen) y por la porción de proteína ligada a la fibra detergente ácido (PIDA) en los ensilajes de leguminosas.

Se encontró diferencias ($P \leq 0,05$) en los sólidos no grasos de la leche, los cuales tienden a disminuir cuando se aumenta la cantidad de ES en la dieta (Cuadro 4). Esta respuesta posiblemente se deba a la disminución del contenido de proteína en la dieta total producto de la incorporación de la leguminosa a la dieta.

Aunque los contenidos de lactosa fueron muy similares entre tratamientos, el análisis estadístico detectó diferencias ($P \leq 0,05$) de 1,7% entre el tratamiento testigo (T) y el tratamiento B que incluyó 12 kg de ES en la ración. En el cuadro 4 se puede observar que a medida que se incrementa la sustitución del alimento balanceado por ES, disminuye el porcentaje de lactosa en la leche (la disminución de lactosa se correlaciona con un menor consumo de energía, Tratamiento B).

Es importante mencionar que la composición de la leche de vacas que consumen ensilaje de leguminosas generalmente contiene una concentración de ácidos grasos poliinsaturados alta. Estos ácidos son considerados por los nutricionistas como beneficiosos para la salud humana (Dewhurst *et al.* 2003), asunto que debe recibir más atención en el futuro.

Análisis económico

En esta investigación únicamente se consideraron los costos relacionados con el componente alimentación. En el cuadro 5 se observa que al incrementar la cantidad de ES en la dieta, los costos de alimentación por día disminuyen y que solamente la dieta A (6 kg ES) reflejó un margen bruto de utilidad por encima del 50%. Esta respuesta es consecuencia del costo menor que tuvo la dieta A (7% menos) en comparación con la dieta T, con el mantenimiento de volúmenes aceptables de producción de leche (Cuadro 5).

La dieta A (donde se sustituye 13,6% del AB por ES) presentó un margen de utilidad de 3,3% en comparación con la dieta T. Este margen de utilidad en un hato de 100 vacas en producción, puede cubrir los salarios y las cargas sociales de 2 obreros al año en Costa Rica.

Finalmente, la sustitución parcial del alimento balanceado por un forraje de excelente calidad nutricional como el ensilaje de soya, contribuyó a disminuir los costos de alimentación altos que caracterizan a los sistemas de producción intensiva de leche, aunque no tuvo efecto positivo en el incremento de la producción de leche. En la misma finca, se sustituyó el 50% del ensilaje de maíz (EM) por ensilaje de soya-maíz (ES-M)

Cuadro 5. Análisis económico de la producción de leche en vacas Holstein suplementadas con alimento balanceado (T) y con la sustitución parcial del mismo por ensilaje de soya (A y B).

Indicadores	Dietas		
	T (0 kg ES)	A (6 kg ES)	B (12 kg ES)
Costo alimentación (\$ día ⁻¹)	3,01	2,8	2,74
Producción leche (kg día ⁻¹)	18,4 a	18,3 a	16,8 b
Venta del producto (0,314\$ kg leche ⁻¹)	5,78	5,75	5,28
Alimentación/Venta (%)	52,1	48,7	51,9
Utilidad bruta (%)	47,9	51,3	48,1

Dieta A: El ensilaje de soya (ES) sustituyó el 13,6% del alimento balanceado (AB)

Dieta B: El ES sustituyó el 27,2% del AB

La ración A presentó un costo menor de 0,21 \$ día⁻¹ (7% menos) que la ración T

^{a,b} medias en la misma fila con letra diferente difieren ($P \leq 0,05$)

Nota: \$1=¢350 cuando se realizó el estudio.

(elaborado en una relación 50:50 de cada forraje) en las raciones para el lote de vacas de alta producción, y se observó un incremento en la producción de 1 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹ en el grupo de animales que consumió el ES-M sobre el grupo que consumió solamente EM, usando la misma cantidad de alimento balanceado en ambos grupos. Esta respuesta en la producción de leche en los animales demuestra el potencial que tiene el forraje de soya cuando se introduce en un sistema de producción de leche en el trópico.

AGRADECIMIENTOS

A la Hacienda Agroindustrial Pozo Azul S.A., por su apoyo. También el financiamiento parcial del CONICIT. Al Centro de Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS). Finalmente, agradecemos a Jesús Calvo, Guillermo Solano y Guido Pérez del CIGRAS y al pasante colombiano Juan Felipe Fernández, por su gran apoyo al proyecto. Al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) y a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O. A.C.). 1990. Official methods of analysis. Arlington, Virginia. 1298 p.
- ABARCA R., MADRIZ A. 1999. Determinar la competitividad económica de la explotación lechera especializada de las zonas altas del valle central (Cartago y Coronado) y San Carlos ante el convenio marco del GATT. Investigación Dirigida. Economía Agrícola, Universidad de Costa Rica. 162 p.
- ALLEN M. 1996. Relationship between forage quality and dairy cattle production. *Animal Feed Science and Technology* 59:51-60.
- ARGEL P., LOBO M., ROMERO F., GONZÁLEZ J., LASCANO E., KERRIDGE P., HOLMANN F. 1999. Silage of *Cratylia argentea* as a dry season feeding alternative in Costa Rica. In: FAO Electronic conference on tropical silage. <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/contents.html>. Poster 5.
- BRODERICK G., KOEGEL R., WALGENBACH R., KRAUS T. 2002. Ryegrass or alfalfa silage as the dietary forage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85:1894-1901.
- CHALUPA W., GALLIGAN D., FERGUNSON J. 1996. Animal nutrition in the XXI century. *Animal Feed Science and Technology* 58:1-18.
- DEWHURST R., FISHER W., TWEED J., WILKINS R. 2003. Comparison of grass and legume silage for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science* 86:2598-2611.
- DHIMAN T., SATTER L. 1997. Yield response of dairy cows fed with different proportions of alfalfa silage and corn silage. *Journal of Dairy Science* 80:2069-2082.
- FEHR W., CAVINESS C. 1980. Stages of soybean development. Iowa Cooperation Service Special Rep. 80.12 p.
- FICK K., McDOWELL L., MILES P., WILKINSON N., FUNK J., CONRAD J. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Gainesville, FL. Animal Science Department. University of Florida. p. 601-603, 701-703.
- GOERING H., VAN SOEST P. 1970. Forage fiber analyses. Agriculture Research Service. Washington, USA Handbook 379. 20 p.
- HALL M. 1998. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. 9th Annual Florida Ruminant Nutritional Symposium. Gainesville, Florida. p. 108-121.
- HINTZ R., ALBRECHT K. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agronomy Journal* 86:59-62.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. National Academy. 381 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1989. Nutrient requirement of dairy cattle. National Academy. 157 p.
- STAPLES C., EMANUELE S., PRINE G. 1997. Intake and nutritive value of florigraze rhizoma peanut silage for lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 80:541-549.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (S.A.S.). 1985. Guide for personal computer. 5th Ed. SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA. 378 p.
- TOBIA C., ROJAS A., VILLALOBOS E., SOTO H., URIBE L. 2004. Proceso fermentativo y valor nutricional del ensilaje de soya (*Glycine max* L. Merr.) con

- Lactobacillus brevis* 3 y melaza de caña. *Agronomía Costarricense*. 28 (1):17-25.
- VAN HORN H., BLANCO O., HARRIS B., BEEDE D. 1985. Interaction of protein percent with caloric density and protein source for lactating cows. *Journal of Dairy Science* 68:1682.
- VILLALOBOS E., CAMACHO F. 2003. Registration of "CIGRAS-06" soybean. *Crop Science* 43:1122.
- WEISS W. 1999. Energy prediction equation for ruminant feeds. *In: Proceedings Cornell Nutrition Conference*. Ronchesteer, N. Y. p. 176-185.
- WEISS W., SHOCKEY W. 1991. Value of orchardgrass and alfalfa silage fed with varying amounts of concentrates to dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74:1933-1943.