

PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE DE SOYA EN CONDICIONES TROPICALES ADVERSAS¹

Carlos Tobía², Enrique Villalobos^{3/*}

Palabras clave: Forraje de soya, producción de biomasa, composición química, costos de producción, trópico húmedo.

Keywords: Soybean forage, biomass production, nutritional composition, production cost, humid tropics.

RESUMEN

Una parcela de soya (*Glycine max* L. Merr. var. 'CIGRAS-06') de 2,4 ha, cultivada en condiciones de alta precipitación y temperatura y en un suelo ácido (pH 4,78) con baja fertilidad, en La Virgen de Sarapiquí, produjo un promedio de 4,8 t ha⁻¹ de materia seca, cuando la planta entera se cosechó para forraje en el estado de desarrollo R₆ (semillas llenas). Esta productividad es baja, en comparación con la obtenida en Guanacaste y San Carlos, donde las condiciones de clima y suelo fueron favorables para la producción de esta especie. La composición química de la planta entera fue de 20,2% de proteína, 6,7% de grasa, 5,5% de cenizas, 42,2% de fibra detergente neutro y 25,4% de carbohidratos no fibrosos. La proporción del peso seco de las hojas: vainas+semillas:tallos+pecíolos de las plantas fue de 24:39:37, respectivamente. Un análisis económico de los resultados señala que la producción de forraje y de ensilaje tal como fue ofrecido tuvo un costo de 0,02 y 0,03 US \$ kg⁻¹, respectivamente. Se pone en evidencia que aún en las condiciones adversas de clima y suelo donde tuvo lugar esta investigación, es posible aprovechar las cualidades nutricionales de la soya en la alimentación del ganado lechero, a un costo relativamente bajo y sin los inconvenientes y la alta inversión en maquinaria y equipo que representa la producción de soya para semilla en el trópico húmedo.

ABSTRACT

Production and nutritional value of soybean forage under adverse tropical conditions. A soybean (*Glycine max* L. Merr. var. 'CIGRAS-06') plot of 2.4 hectares, grown under high rain fall and temperature conditions in La Virgen, Sarapiquí, on an acid (pH 4,78) and low fertility soil, yielded an average of 4.8 t ha⁻¹ of dry matter, when plants were harvested for forage at the R₆ (full seed) stage of development. This productivity is low when compared to that obtained in Guanacaste and San Carlos, where soil and climatic conditions were favorable for soybean production. Chemical composition of whole plants was 20.2% protein, 6.7% fat, 5.5% ash, 42.2% neutro-detergent fiber and 25.4% non-fiber carbohydrates. The proportion of dry weight of leaves: pods+seeds: stem+petioles was 24:39:37, respectively. An economical analysis of these results indicates that costs of soybean silage before and after silage for one month were 0.02 and 0.03 US \$ kg⁻¹, respectively. The results of this research indicate that even under the adverse conditions where this study was conducted, is feasible to exploit the nutritional quality of soybean for dairy cattle feed at a relatively low cost and without the inconvenience and the high investment in machinery and equipment required to produce soybean seed in the wet tropics.

1/ Recibido el 16 de setiembre de 2003. Aceptado el 3 de marzo de 2004.

2/ El trabajo forma parte de la tesis doctoral del primer autor. Programa de estudios de posgrado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

3/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: enriquev@cariari.ucr.ac.cr

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

INTRODUCCIÓN

La soya fue introducida de Asia a los Estados Unidos al principio del siglo XIX para ser usada como forraje. No fue sino hasta en 1941 que el área de soya que se sembró para la producción de grano excedió la destinada a la producción de forraje (Probst y Judd 1973). En Costa Rica, la soya se cultivó comercialmente a finales de los años 70 y se dejó de producir en 1984, entre otras razones, por la baja productividad de los cultivares existentes en ese momento. No obstante, a partir de 1989, el Centro de Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica; considerando la importancia económica que tiene la soya en nuestro país (se importa más de \$5000 millones año⁻¹ de grano de soya); inició un programa de mejoramiento genético de esta leguminosa, con el objetivo de producir variedades con alto potencial productivo, cuyo uso principal, en escala semicomercial, ha sido para la producción de forraje (Villalobos y Camacho 2003).

Por sus características nutricionales, su alta productividad en términos de materia seca y la facilidad que esta ofrece para la cosecha mecánica, la soya representa un excelente potencial forrajero, aún no explotado comercialmente en Costa Rica. La semilla de soya se importa al país y una vez extraído el aceite, la torta se usa como la principal fuente de proteína para la producción de alimentos balanceados para animales, pero el forraje de soya no ha sido explotado con ese propósito.

La cosecha de la soya en el estado R₆ tiene la ventaja que para ese momento la planta ha absorbido prácticamente la totalidad de los nutrientes del suelo (Hanway y Thompson 1971), y más importante aún, la planta habría realizado un aprovechamiento del nitrógeno atmosférico, que logra fijar mediante la bacteria *Bradhizobium japonicum* durante la etapa reproductiva (Harper 1974). Además, la cosecha en este estado de desarrollo reduce el tiempo de cosecha, con respecto al estado R₇, en un lapso que puede oscilar entre 9 y 30 días, dependiendo de la variedad (Fehr y Caviness 1980).

Consecuentemente, los riesgos de sufrir estrés y la invasión de plagas, malezas y enfermedades, se reducen considerablemente. Esto,

lógicamente, reduce el costo de producción y ofrece la posibilidad de ampliar el número de siembras hasta 7 cada 2 años, si no se presentan factores limitantes de clima, exceso o falta de agua, principalmente. Del mismo modo, Muñoz *et al.* (1983) han considerado el estado de desarrollo R₆ como el más apropiado para cosechar esta leguminosa, tomando en cuenta los aspectos nutricionales (alto contenido de proteína y digestibilidad de la materia seca (MS)) y la alta producción de materia seca total. En muchos casos, el amarillamiento de las hojas inferiores coincide con ese estado de desarrollo.

La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de las diferentes partes de la planta de soya disminuye con la edad, en forma concomitante con el incremento en el contenido de lignina, celulosa y otros componentes de la pared celular (Gupta *et al.* 1973). La parte de la planta que sufre la mayor reducción en la DIVMS es el tallo (Gupta *et al.* 1973, Muñoz *et al.* 1983). Sin embargo, mientras el contenido de proteína del tejido se mantenga por encima de 7%, la DIVMS y el consumo, probablemente no sufrirán efectos negativos importantes (Milfor y Minson 1965). Muñoz *et al.* (1983), informan de contenidos de proteína en los pecíolos y en los tallos de 9% y de un valor correspondiente de DIVMS de 43%, en el estado R₆. Estos mismos autores mencionan que el contenido de proteína cruda en las hojas y en las vainas (con las semillas) fue de 24 y 28%, respectivamente, y los valores de DIVMS de aproximadamente 70% para ambos componentes de la planta. Lógicamente, al mezclar todos los componentes de la planta en una ración se reduce un poco la DIVMS total, por la baja digestibilidad de los tallos y los pecíolos.

El extracto etéreo (grasa) del forraje, en el estudio de Muñoz *et al.* (1983), fue aproximadamente 10%. Estos contenidos altos de extracto etéreo, limitan su uso cuando se incorpora este forraje a las raciones de vacas productoras de leche. Esto se debe a que este componente no debería superar el 5% en una ración para vacas lecheras (Palmquist y Jenkins 1980). Según estos investigadores, porcentajes de grasa mayores a 5% podrían reducir la digestión de la fibra e incluso, reducir el consumo de MS.

La cantidad total de MS, producida por cultivos adaptados a diferentes localidades de los Estados Unidos, se estima que está entre 7 t ha⁻¹ (Hanway y Thompson 1971, Hintz *et al.* 1992, Sheaffer *et al.* 2001) hasta 15 t ha⁻¹ (Muñoz *et al.* 1983). No obstante, estos últimos autores hicieron sus cálculos con base en muestras tomadas de parcelas relativamente pequeñas, de ahí que los datos podrían sobreestimar la productividad de un área comercial. En Costa Rica, se ha obtenido valores de MS de 9-12 t ha⁻¹ con diferentes genotipos introducidos, que se sembraron en fotoperíodos crecientes (siembra en mayo), y de 5-7 t ha⁻¹ cuando los mismos genotipos se sembraron en fotoperíodos decrecientes (siembra en setiembre) (Villalobos *et al.* 1991). Sin embargo, no existen estudios al respecto, con genotipos bien adaptados a nuestras condiciones climáticas.

En general, el peso seco total tiende a aumentar con la densidad de siembra y con el uso de cultivos más tardíos. Aun así, Hintz *et al.* (1992) y Hintz y Albrecht (1994) señalan que las prácticas de manejo comúnmente empleadas para producir grano comercial también son apropiadas para la producción de forraje y que si se usan dentro del ámbito común, tendrían un efecto muy pequeño en la partición de la MS y en el valor nutricional de los componentes de la planta de soya. Estos mismos autores han llegado a la conclusión de que la mejor variedad productora de semilla tiende a ser la mejor forrajera, puesto que en esta parte de la planta se concentra la mayor parte de la MS con mejor calidad nutricional.

El objetivo de esta investigación fue conocer el potencial forrajero, la composición nutricional y los costos de producción de la variedad de soya 'CIGRAS-06' en condiciones adversas del trópico húmedo de Costa Rica.

Precisamente, la actividad lechera en Costa Rica ha incrementado en estas regiones que ofrecen poco potencial para la producción de semilla de soya, por no poseer una época seca bien definida. No obstante, estas regiones que abarcan las llanuras de Los Chiles, Upala, San Carlos y Sarapiquí podrían ser adecuadas para producir soya como forraje, lo cual surge como una alternativa para bajar los costos de producción de leche en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

La siembra experimental se inició en febrero de 2002 en la Virgen de Sarapiquí, en la Hacienda Agroindustrial Pozo Azul S.A., ubicada a 10° 20' de latitud N y 83° 53' de longitud O, a 245 msnm. Esta zona se caracteriza por presentar una precipitación promedio anual de 4000 mm. La temperatura media es de 25°C, con una humedad relativa anual superior al 80%. Los suelos donde se sembró la soya son franco-arcillosos con pH=4,8 y baja fertilidad (Cuadro 1). Se usó la variedad de soya 'CIGRAS 06', que fue desarrollada para las condiciones agroclimáticas de Costa Rica por Villalobos y Camacho (1999, 2003).

Cuadro 1. Condiciones del suelo y del clima, Hacienda Pozo Azul, Sarapiquí, 2002.

SUELO	pH (agua)	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
		cmol (+) l ⁻¹			mg l ⁻¹				
Análisis químico*	4,78	2,83	0,87	0,45	4,5	22,3	221	180	3,4
Textura: Franco arcillosa									
CLIMA**	Febrero		Marzo	Abril	Mayo		Junio		
Precipitación (mm)	114,5		136,6	162,2	939,7		580,1		
Temperatura max. (°C)	30,6		30,5	30,7	30,7		31,7		
Temperatura min. (°C)	20,7		21,2	21,4	23,0		22,8		

*Laboratorio de análisis de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

** Instituto Meteorológico Nacional (Datos de Finca La Selva, OET).

La parcela experimental consistió de 2,4 ha con una densidad 192000 plantas. La distancia de siembra fue de 16 plantas por metro lineal con una distancia entre surcos de 80 cm. Se usó 250 kg ha⁻¹ de fertilizante comercial 10-30-10 al momento de la siembra. La semilla se inoculó inmediatamente antes de la siembra con el inoculante Probiol® (*Bradyrhizobium japonicum*), que incluye varias cepas seleccionadas de la bacteria, y que fue desarrollado por el Laboratorio de Microbiología Agrícola, del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Las muestras para analizar el peso seco de la planta entera de soya y de sus diferentes partes, fueron tomadas cuando las plantas alcanzaron el estado de desarrollo R₆ (Fehr y Caviness 1980). Con un instrumento de medición satelital (GPS), se seleccionó 12 puntos de la parcela, y de cada punto se cosecharon las plantas en un 1 m. Las plantas se secaron en un horno con flujo de aire a 60°C por 48 horas. Posteriormente, las plantas se separaron en hojas, vainas con las semillas y tallos con los pecíolos, para determinar la proporción de cada uno de los componentes mencionados de la planta.

Los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), y contenido de cenizas (CC), se analizaron según las técnicas establecidas por la A.O.A.C. (1990). La fibra detergente neutro (FDN), se determinó según la metodología descrita por Goering y Van Soest (1970) y los carbohidratos no fibrosos (CNF), se estimaron mediante la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991). Todas las muestras se analizaron por duplicado.

Los resultados obtenidos en Sarapiquí se compararon con datos de MS en diferentes partes de la planta, obtenidos en 2 localidades de Guanacaste y en La Fortuna de San Carlos, donde las condiciones de clima y suelo fueron favorables para el cultivo de la soya (Villalobos y Camacho 1999). Las parcelas en Guanacaste y La Fortuna se sembraron con otro propósito; no obstante, sirvieron para obtener los datos de MS en las diferentes partes de la planta que aquí se mencionan. Las parcelas de Guanacaste y La Fortuna se cultivaron siguiendo el mismo procedimiento que se usó en

Sarapiquí, excepto en la densidad de población. En las localidades mencionadas anteriormente se usó una distancia entre plantas de 50 cm y una densidad de aproximadamente 240000 plantas ha⁻¹.

Costos de Producción

El costo de producción por área disminuye con el tamaño de la parcela, sin embargo, la estimación que aquí se hace constituye un dato valioso para analizar la factibilidad de producir soya como forraje suplementario para la alimentación de ganado lechero. Los datos sobre las prácticas culturales están basados en el costo real, que operarios independientes, que se dedican a esa actividad, cobran en esa región por hectárea de terreno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biomasa total obtenida en Sarapiquí fue de 4,8 t ha⁻¹. Estos valores resultan relativamente bajos, si se comparan con los obtenidos en las otras localidades (Cuadro 2), donde las condiciones de suelo y clima han sido favorables para el desarrollo y la producción de la soya, y con los valores promedio encontrados en las diferentes regiones de los Estados Unidos (Hanway y Thompson 1971, Hintz *et al.* 1992). Esta relativa baja productividad no es sorprendente si se observan las condiciones del suelo y del clima prevalecientes en esta localidad (Cuadro 1). Como factores negativos relevantes de la zona, cabe destacar el valor del pH 4,8 que resulta detrimental para la planta y para el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico por *Bradyrhizobium japonicum* (de Mooy *et al.* 1973); ya que, la acidez del suelo acompañada de una baja fertilidad, como ocurrió en esta ocasión donde la suma de Ca, Mg y K llega solamente a 4,15, cuando en condiciones de fertilidad adecuada, este valor puede superar los 10 cmol(+)l⁻¹, no solo reduce la multiplicación de *Bradyrhizobium* en el suelo, sino que afecta también el proceso de nodulación en diferentes etapas (Zhang y Smith 2002).

Cuadro 2. Producción de materia seca ($t\ ha^{-1}$) y su distribución en las diferentes partes de la planta en la variedad de soya 'CIGRAS 06', cosechada en estado R_6 , en diferentes épocas del año y en distintas localidades de Costa Rica.

Localidades	Época de siembra	Área (m^2)	Total	Hojas	Tallos y pecíolos	Vainas y semillas
La Virgen, Sarapiquí *	Feb. - May. 02	24000	4,8	1,0 (24,4)	1,6 (39,0)	1,5 (36,6)
Carrillo, Guanacaste **	Sep. - Ene. 97	50	7,5	1,2 (16,0)	3,2 (42,0)	3,2 (42,0)
Carrillo, Guanacaste **	Feb. - Jun. 97	50	8,8	1,6 (18,3)	2,9 (33,0)	4,3 (48,7)
La Fortuna, San Carlos **	Ene. - Abr. 97	50	7,3	1,5 (20,5)	2,4 (32,9)	3,4 (46,6)

* Densidad de siembra 192000 plantas ha^{-1} (distancia entre surcos 0,8 m)

** Densidad de siembra 240000 plantas ha^{-1} (distancia entre surcos 0,5 m)

Los datos en paréntesis corresponden al porcentaje del total para cada componente

La baja radiación solar, indujo un crecimiento vegetativo vertical y una producción de vainas y semillas pobre, contrastante con las otras localidades del país (Cuadro 2). Esta escasa radiación solar redujo el índice de cosecha de la siembra de Sarapiquí a 0,31, comparando con un valor promedio de 0,43, en las otras 3 localidades (Cuadro 2). La reducción en el índice de cosecha también significa una reducción en el valor nutricional del forraje de soya, pues en las vainas y las semillas se concentran los nutrimentos que le confieren el mayor aporte de proteína y energía a la planta de soya.

A pesar de la relativa baja productividad de la soya en Sarapiquí, en relación con los valores obtenidos en otras localidades del país, los resultados no refutan totalmente la idea de que esta leguminosa puede ser una alternativa viable para reducir los costos de alimentación del ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica. Más aún, la problemática inherente a los suelos de la zona es susceptible de mejoramiento mediante prácticas culturales como el encalado, el distanciamiento entre surcos y el fertilizante adecuado en sitios específicos.

La partición de la MS total en hojas, tallos+pecíolos y vainas+semillas varía según el cultivar, la edad de la planta y el sistema de siembra empleado. La proporción de estas partes en la siembra en Sarapiquí fue de 24:39:37.

Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Muñoz *et al.* (1983) 28:36:36; en una siembra realizada con una distancia entre surcos de 0,68 m. Por otra parte, Hintz y Albrecht (1994) encontraron en 3 cultivares de soya cosechadas en el estado R_7 una proporción del peso seco de las hojas, los tallos y pecíolos y de las vainas y semillas (17:28:55) muy diferente a la encontrada cuando el forraje de soya se cosechó en estado R_6 . En realidad, lo que se pone en evidencia con estas proporciones, es la rapidez con que las hojas, los tallos y pecíolos translocan sus reservas a las semillas, que son el sumidero principal de la planta en el estado reproductivo avanzado (R_7). Obviamente, este aspecto no es tan importante, si se utiliza toda la materia seca de la planta en una mezcla para ser consumida por el animal.

Los valores de proteína de las hojas, las vainas y sus semillas que se obtuvieron en esta ocasión, son similares a aquellos valores encontrados por Muñoz *et al.* (1983). En el cuadro 3 se muestra la distribución de los componentes nutricionales de la planta de soya y de sus partes. Nótese que el 52,2 y 73,8% de la proteína y del extracto etéreo, respectivamente, provienen de las vainas y de las semillas. Es importante recalcar que la variedad de soya mejor productora de semilla resulta ser la mejor productora de forraje, como ha sido demostrado por otros investigadores (Hintz y Albrecht 1994).

Cuadro 3. Distribución y composición de la materia seca (kg ha⁻¹) en las diferentes partes de la planta de soya cosechada en estado R₆, Hacienda Pozo Azul, Sarapiquí.

Parte de la planta	MS	PC	EE	CC	% FDN	CNF
Hojas	1171,2 (24,4±1,5)	294 (25,1±3,3)	62,1 (5,3±0,5)	87,8 (7,5±0,3)	310,4 (26,5±2,4)	416,9 (35,6±2,5)
Tallos y pecíolos	1876,8 (39,1±2,9)	148,4 (9,2±1,4)	22,5 (1,2±0,3)	80,7 (4,3±0,9)	1032 (64,0±1,6)	341,9 (21,2±3,6)
Vainas y semillas	1752 (36,5±3,9)	438 (29,1±1,1)	204,7 (13,6±2)	79,8 (5,3±0,4)	439,5 (29,2±2,2)	341,8 (22,7±1,1)
Planta entera	4800 (26,7±2,2)	880,4 (20,2±2,2)	289,3 (6,7±1,4)	248,3 (5,5±0,6)	1781,9 (42,2±1,8)	1100,6 (25,4±2,3)

Densidad de siembra 192000 platas ha⁻¹ (distancia entre surcos 0,80 m)

Valores entre paréntesis significa=valor promedio±IC 95 (Intervalo de confianza 95%)

MS= materia seca; PC= proteína cruda; EE= extracto etereo; CC= cenizas

FDN= fibra detergente neutro corregida por cenizas y por proteína cruda

CNF= carbohidratos no fibrosos

En los tallos se concentra el 60% de la fibra detergente neutro (FDN). Hintz y Albrecht (1994), mencionan un contenido de FDN del 65,2% en los tallos de 3 cultivares de soya que fueron sembrados a una distancia entre surcos de 0,76 m. También, se observa que en las hojas se concentra el mayor contenido de los carbohidratos no fibrosos, así como de las cenizas (Cuadro 3).

Aunque los tallos y pecíolos presentan un contenido de proteína relativamente bajo, si se compara con las otras partes de la planta, estos aún conservan un porcentaje de proteína superior al 7%, lo que ayudó a que su digestibilidad y probablemente a que su aceptación por el ganado (si se consumiera en forma separada) no fuera un factor negativo en este caso.

Factibilidad económica

En el cuadro 4 se presenta un resumen de los costos de producción del forraje y el ensilaje de soya, según el sistema de manejo empleado. Obviamente, estos costos podrían cambiar de una localidad a otra; sin embargo, ofrecen una informa-

ción básica importante. No hay duda de que la forma más simple y económica de aprovechar el forraje de soya, sería ofreciéndoselo al animal inmediatamente después de picado. No obstante, este sistema de aprovechamiento, tendría poca flexibilidad, ya que se perdería una gran cantidad de biomasa por descomposición del material que no se consume completamente en un período corto.

En el trópico húmedo, el ensilaje es el método de conservación de forraje que mejor se adapta a las necesidades de los ganaderos, por su versatilidad y bajo costo. En la presente investigación el costo del ensilaje fue de 0,03 US \$ kg⁻¹. Es importante señalar que la adición de melaza de caña, necesaria para que el material se fermente adecuadamente, representó el 20% del total de los costos de producción. Este rubro podría reducirse si se usan otras gramíneas como el maíz, que aporten carbohidratos solubles a la mezcla.

Otra forma de aprovechar el forraje de soya picado, sería secarlo y molerlo para mezclar luego con materiales disponibles como el maíz en grano, el sorgo, la pulpa de cítricos o el banano para producir un concentrado con un contenido

Cuadro 4. Costo de producción de 1 ha de soya para ensilar en el estado R₆, en la Hacienda Pozo Azul, La Virgen, Sarapiquí.

Actividades	Precio unitario (\$ US)	\$ ha ⁻¹
Materiales		
Semilla (kg)	1,57	72,22
Inoculante (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>) (kg)	9,15	9,15
Fertilizante a la siembra (10-30-10) (50 kg)	12,29	36,87
Herbicida post emergente (fusilade) (kg)	28,57	28,57
	Sub-total	146,81
Labores de campo		
Preparación del terreno (arado y rastra) (h)	20	60,00
Siembra y fertilización (h)	20	40,00
Aplicación de herbicidas (jornal)	8	24,00
Limpieza manual (jornal)	8	40,00
Cosecha y picado con "chopper" (h)	20	80,00
	Sub-total	184,00
Preparación del ensilaje		
Inóculo de ensilaje (l)	17,86	17,86
Melaza de caña (kg)	0,09	138,60
Silo bolsa (compactación y sellado) (kg forraje fresco)	0,0057	118,80
	Sub-total	275,26
Otros rubros		
Alquiler de tierra por 4 meses (año)	85,71	28,57
	Sub-total	28,57
	Total	634,64
Forraje de soya picado (kg)	0,02	
Ensilaje de soya (kg)	0,03	

Nota: Información obtenida al tipo de cambio de \$1=350 colones
 Producción de forraje de soya por hectárea, 19250 kg de peso fresco
 Cantidad de melaza utilizada (1540 kg)

muy bajo de agua pero rico en proteína, energía, fibra y minerales. Este procedimiento, aunque más sofisticado, laborioso y costoso que el ensilaje, podría ser una excelente opción para aquellos productores de leche que han decidido producir sus propios concentrados, aprovechando la materia disponible en su región, con la finalidad de reducir los costos altos de alimentación de sus operaciones.

Si bien no se cuenta aún con toda la información necesaria para hacer un análisis económico detallado de este sistema de explotación del forraje de soya, cabe señalar que si se toman algunos aspectos en consideración: a) el precio más bajo de 1 saco de concentrado para la producción de leche en Costa Rica, con un contenido de proteína de 14% es de 7,14 \$ US por saco de 45 kg; b) si se extrapolan los resultados obtenidos en las 2,4 hectáreas que se sembró en Sarapiquí y que produjeron más de 4,8 t ha⁻¹ de MS,

se deduce que es factible producir el equivalente a 120 sacos de 45 kg de un concentrado que posee aproximadamente 20% de proteína. Con base en esta información se puede concluir que el forraje de soya cosechado en el estado de madurez R₆, es una excelente alternativa para reducir los gastos de alimentación suplementaria en un sistema de pastoreo para la producción de leche, con un forraje mucho más nutritivo. Más aún, el forraje de soya, para usar en mezcla con otros productos energéticos, constituye una gran alternativa de uso en la alimentación del ganado lechero o de otros animales domésticos.

Comúnmente, en nuestro país y en otros países tropicales, por ignorancia, se añora el poder obtener variedades de alfalfa bien adaptadas a nuestras condiciones. Los datos presentados en esta publicación con la variedad de soya 'Cigras 06' y los obtenidos por otros autores en los Estados

Unidos (Hintz *et al.* 1992, Hintz y Albrecht 1994) indican que la soya, que es una especie originaria del trópico y que no presenta problemas serios de plagas o enfermedades, ofrece bondades similares a la alfalfa en términos nutricionales.

En el trópico húmedo, el forraje y ensilaje de soya se presentan como una alternativa viable para reducir los costos de alimentación en ganado de leche y carne, ya que al incorporarlo a las raciones alimenticias, provee concentraciones altas de proteína y energía, a un costo relativo más bajo que los alimentos concentrados. Por otra parte, para producir forraje y ensilaje de soya se puede utilizar la misma maquinaria empleada para la producción de forrajes de otros cultivos como el maíz y el sorgo. Es importante señalar que es poco factible producir semilla de soya de buena calidad en el trópico húmedo, debido a la ausencia de un período seco bien definido. Un modelo de producción de soya a escala nacional deberá entonces contemplar la posibilidad de producir la semilla en el Valle Central o en el Pacífico Seco, para suplirla a los productores de leche que la usarían para forraje en el trópico húmedo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Alberto Quintana K., Alberto Quintana M. y a todo el personal de la Hacienda Agroindustrial Pozo Azul S.A. Agradecemos también el financiamiento parcial del proyecto mediante el Programa de Fondos Concursables. Finalmente, agradecemos a Jesús Calvo, Guillermo Solano y Guido Pérez por su gran apoyo al proyecto.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. Arlington, Virginia. p.1298.
- deMOOY C.J., PESEK J., SPALDON E. 1973. Mineral nutrition. *In: Soybeans: improvement, production and uses.* B. Caldwell (ed.). Agronomy N°. 16. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. p. 267-352.
- FEHR W, CAVINESS C. 1980. Stages of soybean development. Special Report 80. Cooperative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa 50011. p. 11.
- GOERING H., VAN SOEST P. 1970. Forage fiber analyses. Agriculture Research Service. Washington, EE.UU. Handbook 379. p. 20.
- GUPTA B., JOHNSON D., HINDS F., MINOR H. 1973. Forage potential of soybean straw. *Agronomy Journal* 65:538-541.
- HANWAY J., THOMPSON H. 1971. How a soybean plant develops. Special report 53. Cooperative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa, 50011. p. 17.
- HARPER J. E. 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. *Crop Science* 14:255-260.
- HINTZ R., ALBRETCHT K. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agronomy Journal* 86:59-62.
- HINTZ R., ALBRETCHT K., OPLINGER E. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agronomy Journal* 84:795-798.
- MILFOR R., MINSON D. 1965. Intake of tropical pasture species. *In: Proceedings of IX International Grassland Congress, Sao Paulo, Brazil.* p. 815-822.
- MUÑOZ A., HOLT E., WEAVER R. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. *Agronomy Journal* 75: 147- 149.
- PALMQUIST D., JENKINS T. 1980. Fat in lactation rations: Review. *Journal of Dairy Science* 63:1-14.
- PROBST A., JUDD R. 1973. Origin, U.S. history and development, and world distribution. *In: Soybeans: improvement, production and uses.* B. Caldwell (ed.). Agronomy N°. 16. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. p. 1-12.
- SHEAFFER C., ORF J., DEVINE T., GRIMSBO J. 2001. Yield and quality of forage soybean. *Agronomy Journal* 93:99-106.
- VAN SOEST P., ROBERTSON J., LEWIS B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3591.
- VILLALOBOS E., CAMACHO F. 2003. Registration of "CIGRAS-06" soybean. *Crop Science* 43:1122.

VILLALOBOS E., CAMACHO F. 1999. Avances en el mejoramiento genético de la soya en Costa Rica. II. CIGRAS-06 y CIGRAS-10, dos nuevas variedades tropicales. *Agronomía Costarricense* 23 (1) 228-233.

VILLALOBOS E., AVILA G., ECHANDI C. 1991. Crecimiento determinado e indeterminado de la soya en dos épocas de siembra en Costa Rica. *Turrialba* 41: 412- 422.

