

Efecto de la edad de corte sobre la biomasa, composición bromatológica y digestibilidad *in vitro* del heno de soya (*GLYCINE MAX L. MERR.*) cultivar 'CIGRAS 06'

Effect of cutting age on biomass, bromatological composition and *in vitro* digestibility of soybean hay (*Glycine max L. Merr.*) Cultivar "CIGARS 06"

Cioffi, R.¹, Tobía, C.¹, Rosendo, O.¹, Freitez, L.¹, Urdaneta, D.¹, Villalobos, E.²

¹Decanato de Ciencias Veterinarias. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto. Venezuela.

²Centro de Investigaciones en Granos y Semillas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
carlostobia@ucla.edu.ve

RESUMEN

Se estudió el efecto de cinco (5) edades de corte (55, 65, 75, 85 y 95 días) sobre la biomasa, composición bromatológica y las digestibilidades *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y la fibra neutro detergente (DIVFND) del heno de soya. El ensayo se realizó en un bosque seco premontano con 750 mm de precipitación promedio anual, suelos de textura franco arcillosa y pH 7,5, ubicado en el Municipio Crespo del Estado Lara. Las unidades experimentales (UE) estuvieron representadas por parcelas de 114 m², distribuidas en un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos (edades de corte) y 4 repeticiones, para un total de 20 UE. Para las evaluaciones de biomasa fresca y seca fueron muestreadas las plantas presentes en un metro lineal, obteniéndose de esta manera su peso fresco. Para el análisis de materia seca las plantas fueron llevadas a estufa a 60°C por 72 horas. Para determinar la biomasa fraccionada, composición bromatológica y las digestibilidades *in vitro* fue seleccionada una paca por cada unidad experimental y luego se separó la misma en tres fracciones: fracción fina, fracción gruesa y fracción vaina mas semillas. El contenido de proteína cruda disminuyó de 21,5 a 15,2 % y la concentración calculada de nutrientes digeribles totales (NDT) se incremento de 54,4 a 62,3 % entre los 55 a 95 días (P < 0,05); mientras que la DIVMS se mantuvo constante (50% aproximadamente) durante todo el ensayo. Las pacas cosechadas a los 95 días presentaron mayores rendimientos de materia seca (7.190,8 kg MS/ha) acompañados de más altas concentraciones de energía, extracto etéreo y carbohidratos solubles neutro detergente pero, más bajos contenidos tanto de proteína cruda como de los componentes de la pared celular (fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina) que las producidas a los 85 días.

Palabras clave: heno de soya, edad de corte, composición bromatológica, digestibilidad *in vitro*, biomasa fraccionada.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of five (5) cutting ages (55, 65, 75, 85 and 95 days) on soybean hay biomass, chemical composition and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD) and neutral detergent fiber (IVNDFD). The trial was conducted in a mountain dry forest with 750 mm of annual precipitation, clay loam soils and pH 7.5, at Crespo, Lara State, Venezuela. The experimental units (EU) were represented by plots of 114 m², distributed in a completely randomized design, with five treatments (cutting ages) and 4 repetitions, for a total of 20 EU. Plants present in a linear meter were sampled for obtaining fresh weight in order to estimate fresh and dry biomass. Dry matter determinations were carried out in oven at 60 °C for 72 hours. A bale for each experimental unit was selected and then split it into three fractions: fine fraction, coarse fraction and sheath plus seed fraction to determine the fractional biomass, chemical composition and *in vitro* digestibility. Crude protein content decreased from 21.5 to 15.2% and the calculated concentration of total digestible nutrients (TDN) increased from 54.4 to 62.3% between 55 to 95 days (P < 0.05); whereas the IVDMD was kept constant (approximately, 50%) throughout the experiment. The bales harvested at 95 days had higher dry matter yields (7 190.8 kg DM / ha) along with higher concentrations of energy, ether extract and neutral detergent soluble carbohydrates but, lower contents of both, crude protein and cell wall components (neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin) than those produced at 85 days.

Key words: Soybean hay, cutting age, chemical composition, *in vitro* digestibility, fractional biomass.

INTRODUCCIÓN

En la ganadería tropical, la existencia de estacionalidad en la producción del recurso forrajero limita tanto la cantidad como la calidad de biomasa (energía, proteína y minerales, entre otros) producida durante la época seca. Es por ello, que la henificación como proceso de conservación de forraje es una de las alternativas que existen en condiciones tropicales para sincronizar dicha producción con los factores agroclimáticos y de esta manera, uniformizar, durante todo el año, el uso de forrajes de alto valor nutricional dentro de los sistemas de producción con rumiantes.

La conservación de leguminosas y, en particular, su henificación resulta controversial, ya que las leguminosas pierden gran cantidad de hojas durante este proceso, pero también su ensilaje es problemático porque las leguminosas no tienen la cantidad adecuada de carbohidratos solubles para lograr una eficiente fermentación. Sin embargo, en países de clima templado estas prácticas de conservación se usan ampliamente en leguminosas como alfalfa, soya y tréboles [1].

En Venezuela, la variedad de soya (*Glycine max* L. Merr.) 'CIGRAS-06' desarrollada en Costa Rica [2] emerge como una alternativa para producir proteína y energía en condiciones tropicales [3], debido a que las características de suelo, clima y ubicación latitudinal entre Venezuela y Costa Rica son similares. Más aún, el uso de la soya 'CIGRAS-06' como forraje (planta entera) bien sea, fresco o conservado (silaje, heno ó henolaje) es cada día más difundido tanto en éste como en otros países.

En comparación con germoplasmas de alfalfa evaluados en diferentes regiones del país, la soya 'CIGRAS 06' presenta mayores potencialidades para el rendimiento de biomasa, proteína y energía [4]. Sin embargo, los factores agroclimáticos que afectan dicho rendimiento y calidad merecen mayor estudio.

Por lo anteriormente expuesto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la edad de corte sobre la biomasa, composición bromatológica, digestibilidad "in vitro" y contenido energético del heno de soya (*Glycine max* L. Merr.) variedad CIGRAS 06.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo experimental se desarrolló en la Hacienda El Danubio, en el municipio Crespo, estado Lara. Geográficamente, la unidad de producción está ubicada a 10° 16' 31,74" latitud Norte, 69° 9' 19,76" latitud Oeste. En cuanto a las características climatológicas, la zona presenta una precipitación promedio de 755,6 mm/año y la temperatura oscila entre 22 y 26 °C con

una humedad relativa promedio de 75%.

MATERIAL GENETICO VARIETAL

Se utilizó la semilla de soya *Glycine max* (L). Merr. 'CIGRAS 06', desarrollada por el Centro de Investigaciones de Granos y Semillas (CIGRAS) perteneciente a la Universidad de Costa Rica. Este material promisorio por ser una variedad altamente adaptada a las condiciones del trópico [2], fue validado para ser utilizado para la producción de grano y forraje en Costa Rica y Venezuela.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos (T1, T2, T3, T4, y T5) representados por 5 edades de corte (55, 65, 75, 85 y 95 días), respectivamente y, 4 repeticiones para un total de 20 unidades experimentales (UE). Cada UE tuvo 114 m² en 6 hileras separadas a 0,76 m de distancia para una superficie total de 2280 m². En cada UE se asignaron los 4 surcos centrales para las evaluaciones de biomasa y los surcos externos fueron dejados como bordura.

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y a los promedios de cada tratamiento una prueba de rango múltiple de Tukey para la comparación de medias. Los datos experimentales fueron analizados utilizando el paquete estadístico STATISTIX (Versión 8).

MANEJO AGRONOMICO

Preparación del área experimental

El diagnóstico de suelo arrojó un pH de alcalinidad moderada (7,5), suelo de textura franco arcillosa (FA), de mediana fertilidad, con altos contenidos de calcio y otros carbonatos. La preparación del suelo se realizó por labranza convencional, con un (1) pase de subsolado y tres (3) pases de rastra.

Siembra

La siembra se realizó con una sembradora neumática marca John Deere, modelo 1750; calibrada para una separación de 76 cm entre hileras y 5 cm entre plantas (20 semillas por metro lineal). Se utilizó una densidad de siembra de 260.000 semillas de soya 'CIGRAS 06'/ha con 90% de germinación, aproximadamente. Luego de la siembra se realizó un muestreo en campo que arrojó un promedio de 10 plantas por metro lineal, con una emergencia efectiva de 136.184 plantas/ha, aproximadamente.

Cosecha

La cosecha de las plantas se realizó manualmente (5 cm del suelo, a nivel del primer nudo) en las unidades experimentales. Después de cortado el material, éste fue acondicionado y extendido en hileras (2 x 2 m) por una máquina cortadora acondicionadora marca John Deere, modelo 710, que macera o exprime parcialmente los tallos, al pasar el material por un conjunto de rodillos. Luego las plantas de soya, fueron dejadas a pleno sol en el campo, por un lapso de 3 días en promedio, con la finalidad de reducir el contenido final de humedad a un 15,0 %, aproximadamente. Posteriormente, se enfardaron en pacas rectangulares de 12 kg., aproximadamente.

Rendimiento de biomasa en base fresca y en materia seca total.

A partir de los 55 días después de la siembra se dio inicio a las evaluaciones, las cuales fueron realizadas a intervalos de 10 días hasta completar los 95 días del cultivo. Para las evaluaciones de biomasa en base fresca (MF) y materia seca (MS), en cada edad de corte se realizaron cinco muestreos destructivos al azar por cada unidad experimental, para un total de 20 muestreos por tratamiento, tomando las plantas presentes en un metro lineal, obteniendo así su peso fresco. Para el análisis de materia seca (MS, %), las plantas fueron llevadas a estufa a 60 °C por 72 horas [5].

Fraccionamiento del heno de soya: Proporción fracción fina (FF), fracción gruesa (FG) y fracción vaina+semillas (FV+S).

Una vez embalado el material, las pacas fueron identificadas y almacenadas por un periodo de 100 días. Se seleccionó al azar una paca por cada UE para un total de 4 pacas por tratamiento. Debido a la dificultad para separar los componentes de la paca en hojas, tallos y pecíolos, y vainas + semillas, se decidió a dividir la paca en tres (3) fracciones: fracción fina (FF) fracción gruesa (FG) y fracción vainas+semillas (FV+S), en aquellos tratamientos donde se evidenció la presencia de las mismas.

La FF estuvo constituida por las hojas, pecíolos y tallos menores a 2 mm de diámetro, mientras que la FG constituida por todos aquellos tallos mayores a 2 mm de diámetro, los cuales fueron medidos mediante el uso de un vernier, y la FV+S por las vainas y semillas. Luego de obtener el peso correspondiente a cada una de estas fracciones se calculo la proporción representada en relación al peso total de la paca de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} PFF &= \frac{\text{Peso FF}}{\text{Peso paca}} \times 100\% & PFG &= \frac{\text{Peso FG}}{\text{Peso paca}} \times 100\% & PFV+S &= \frac{\text{Peso FV+S}}{\text{Peso paca}} \times 100\% \end{aligned}$$

PFF= Proporción fracción fina

PFG= Proporción fracción gruesa

PFV+S= Proporción fracción vaina+semillas.

Composición Bromatológica

Cada fracción (FF, FG y FV+S) fue muestreada y molida a 1mm en un molino de martillo (marca Willey) para su posterior análisis. Los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra ácido detergente (FAD) y cenizas (Cs), se analizaron según la metodología establecida por la A.O.A.C. [5]. La fibra neutro detergente (FND) se determinó usando amilasa y sulfato de sodio [6] y la lignina (Lig), se analizó mediante el método del ácido sulfúrico [5]. Los contenidos de nitrógeno insoluble en neutro detergente (NIND) y nitrógeno insoluble en ácido detergente (NIAD) se determinaron según Licitra y col. [7]. Los carbohidratos solubles en neutro detergente (CSND), se estimaron mediante la estimación referida por Hall [8], a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{CSND} = 100 \% - (\% \text{PC} + \% \text{FDNPC} + \% \text{EE} + \% \text{Cs})$$

FNDPC = Fibra neutro detergente corregida por PC

La composición bromatológica de la paca de soya se estimó a partir del aporte (kg MS * concentración de nutriente) de cada fracción (FF+FG+FV+S).

Determinación del contenido energético.

El contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) se obtuvo a partir de la sumatoria de energía aportada por la proteína cruda (EPC), los ácidos grasos contenidos en el extracto etéreo (EAG), la fibra neutro detergente (EFND) y los CSND [9], a través de la fórmula que se describe a continuación:

$$\% \text{NDT} = (\text{EPC} + \text{EAG} + \text{EFND} + \text{ECSSDN}) - \text{CMMF}$$

Donde:

$$\text{EPC} = \text{PC} * e^{-1,2 * \text{NIDA}}$$

$$\text{EAG} = 0,94 \times (\text{EE}-1) \times 2,25$$

$$\text{EFND} = 0,75[(\text{Lig}) * (\text{Lig}/\text{FNDPC})^{0,667}]$$

$$\text{ECSSDN} = 0,98 (100 - (\text{FNDPC} + \text{PC} + \text{Cs} + \text{EE}))$$

CMMF = La corrección por pérdida metabólica fecal fue fijada en 7 ya que el modelo está basado en la digestibilidad verdadera y el NDT se calcula en base a digestibilidad aparente.

NIDA= nitrógeno insoluble en detergente ácido (% del nitrógeno total).

FNDPC = Fibra neutro detergente corregida por la PC.

Lig = Lignina; Cs= Cenizas y EE= Extracto etéreo.

La energía neta de lactación (ENL) fue

estimada a partir del NDT mediante las ecuaciones sugeridas por el NRC [9].

Digestibilidad aparente "in vitro" de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad "in vitro" de la fibra neutro detergente (DIVFND)

La DIVMS se obtuvo de acuerdo a la metodología descrita por Tilley y Terry, 1963 [10] en su primera fase (48 horas), mientras que la DIVFND se determinó a través de la metodología descrita por Goering y Van Soest, 1970 [11]. El licor ruminal utilizado fue obtenido de dos vacas mestizas raza Carora x Brahman con cánula ruminal, alimentadas bajo condiciones de mantenimiento (peso vivo promedio de 600 kg) con una ración 70% forraje (pasto bermuda fresco, heno bermuda y silaje de maíz) y 30% concentrado (alimento balanceado comercial con 18% PC). Las incubaciones in vitro fueron realizadas en duplicado para cada tratamiento y en cada una de las tres corridas realizadas durante 15 días. Es decir, los promedios de digestibilidad para cada tratamiento corresponden a seis observaciones de digestibilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RENDIMIENTO DE BIOMASA EN BASE FRESCA Y MATERIA SECA TOTAL.

En la Tabla I se describen las cinco (5) edades de corte evaluadas en el presente estudio y que coinciden con los estados reproductivos usualmente descritos para la planta de soya [12]. Estos eventos reproductivos coinciden a los encontrados por Villalobos y Camacho [2] en Costa Rica a similares latitudes (10 °N), cuando las plantas no sobrellevaron estrés hídrico.

Tratamientos	Edad de Corte	Estado reproductivo
T1	55 días	R ₁
T2	65 días	R ₄
T3	75 días	R ₅
T4	85 días	R ₆
T5	95 días	R ₇

Tabla I. Estados reproductivos de la planta de soya que se relacionaron con las edades de corte evaluadas en el estudio

Los rendimientos de biomasa fresca (MF) para las cinco edades de corte presentaron diferencias ($P < 0,05$) a partir de los 75 días de edad, donde la MF se incrementó en 16523 kg durante 30 días (entre 55 y 85 días), lo que representó (155,7%) de incremento, equivalente a 551 kg de MF día/ha (Tabla II).

De manera similar, el porcentaje de la MS (60°C) se incrementó significativamente ($P < 0,05$) hasta los 95 días de edad, acumulándose entre 55 y 95 días (51,8 % de MS). Se puede inferir con estos resultados que en la medida que se incrementó la edad del cultivo, se obtuvo una mayor cantidad total de MS, debido al incremento paralelo de ambas variables, MF y MS (Tabla II). Estos resultados se encuentran dentro del rango señalado por Tobía y Villalobos [4], donde estos autores señalaron valores entre 4800 y 8800 kg MS/ha a la misma latitud y con la misma variedad y estado reproductivo (R6) en el trópico húmedo de Costa Rica.

Así mismo, Pedersen y Lauer [13] en trabajos que realizaron en otras latitudes y con otras variedades señalan valores de 7770 kg MS/ha del forraje de soya

VARIABLE	EDAD DE CORTE (DIAS) ^{1/}				
	55	65	75	85	95
Biomasa	10611,00 ^b	14751,00 ^b	24993,00 ^a	27134,00 ^a	25681,00 ^a
(kg MF/ha)	(±1053,32)	(±2402,36)	(±1413,41)	(±2352,38)	(±1595,97)
MS (%)	18,53 ^b	20,84 ^b	22,71 ^b	25,34 ^{ab}	28,13 ^a
	(±0,84)	(±1,47)	(±2,63 ^b)	(±1,67 ^{ab})	(±0,96 ^a)
kg MS/ha	1966,2 ^c	2999,6 ^c	5582,9 ^b	6789,7 ^{ab}	7190,8 ^a
	(±161,16)	(±323,08)	(±375,33)	(±389,51)	(±336,31)

Tabla II. Efecto de la edad de corte sobre la biomasa, el porcentaje de materia seca (60°C) y la producción de materia seca total (kg MS/ha) en la planta entera de soya. 1/: Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre edades ($P < 0,05$), según la prueba de Tukey ($P < 0,05$), valores entre paréntesis equivalen a \pm error estándar (EE). MF=Materia fresca, MS=Materia seca a 60°C.

cosechado en estado R6, los cuales son similares a los encontrados en esta investigación. Por su parte, Muñoz et al. [1], quienes trabajaron en clima templado y con otros germoplasmas, obtuvieron valores para el forraje de soya de 10100 kg MS/ha a los 98 días de edad, los cuales presentaron un rendimiento mayor a los obtenidos en este estudio.

Fraccionamiento del heno de soya: Proporción fracción fina (FF), fracción gruesa (FG) y fracción vaina+semillas (FV+S).

La partición de la MS total en la FF, FG y FV+S variaron según la edad de la planta. La proporción de estas partes fue de 43; 53 y 0 para los 55 (R1) y de 22; 43; 34 para los 95 (R7) días, respectivamente. La FF alcanzó valores de 47,3 y 22,3 %, para las edades de 55 y 95 días, respectivamente (Tabla III). La FF a medida que avanzó la edad del cultivo, fue mermando (25 unidades porcentuales) y ésta se acentuó al acercarse la senescencia de la planta (a partir de R6), lo que ocasionó el amarillamiento de las hojas más bajas y su posterior abscisión. Otra causa de la respuesta descendente de la FF, fueron las pérdidas de MS por desprendimiento de hojas y pecíolos resultantes del corte, acondicionamiento y manipulación mecánica a bajos contenidos de humedad [14].

En cuanto a la FG, los rangos alcanzados fueron de 52,7 a 43,3 % entre 55 y 95 días, aproximadamente. Sin embargo, los cambios ocurridos con el avance de la edad para esta fracción presentaron un rango menor (9,4 unidades porcentuales) a los encontrados en la FF. Este comportamiento posiblemente se debió a que la FG es menos sensible a las pérdidas que la FF [14]. La FV+S, se incrementó ($P < 0,05$) a partir de los 75 días, donde el mayor valor alcanzado fue de 34,4% a los 95 días, lo cual significó un incremento de 21,4 unidades porcentuales (Tabla III). Esta respuesta se puede atribuir al aumento en el peso de las vainas por el desarrollo de las semillas. Sheaffer et al. [15] encontraron una tendencia similar en cuanto a los cambios de las partes estructurales en la medida que avanza la edad de la planta de soya.

Otros investigadores corroboran este comportamiento, al señalar que cuando la soya madura desde el estado R1 (inicio de floración) a R7, la proporción de hojas disminuye [12], mientras que cambios en la fracción del tallo son menos consistentes a medida que avanza la madurez de la planta [15]. Sobre este particular, Hintz y Albrecht [16] señalan que la proporción del tallo aumenta de R1 a R5 y después disminuye entre R5 y R7 cuando la fracción vaina y semillas se incrementa.

COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL HENO DE SOYA

Proteína cruda (PC):

En la Tabla III se presentan los valores de PC, EE y Cs de las diferentes fracciones y de la paca entera de soya para las cinco edades de corte. Los valores de PC para la FF estuvieron comprendidos en un rango entre 31,3 y 20,2% para las edades de 55 a 95 días, respectivamente, donde se evidenció un descenso significativo ($P < 0,05$) de 64,6%, conforme avanza la edad de la planta. Este comportamiento posiblemente se debió a la translocación de nitrógeno desde las hojas hacia las vainas durante la formación del grano [17]. Estos resultados se asemejan a los alcanzados por Hintz y Albrecht [16], quienes señalan que la concentración de PC de la hoja disminuye entre R1 y R3, mientras permanece constante entre R3 y R5, para descender nuevamente entre R5 y R7.

En relación a la FG, la mayor concentración de PC se presentó a los 55 días (12,6 %), observándose una tendencia similar a la FF, donde la PC disminuyó 50,4% ($P < 0,05$) a la edad de 95 días (R7). Este comportamiento fue similar a los encontrados por Muñoz et al. [1], quienes obtuvieron valores promedios de 10 % de PC en la fracción tallos y pecíolos.

En la FV+S la mayor concentración de proteína se presentó a los 95 días (23,1%), ($P < 0,05$). Este mayor contenido de PC a los 95 días se puede atribuir al incremento en la proporción de vainas con semillas completamente desarrolladas en relación a las FF y FG [16].

En relación a las pacas de soya, los valores de PC variaron de 21,5 a 15,2%, para las edades de 55 y 95 días respectivamente, con una disminución de 27,4% ($P < 0,05$) a medida que avanzó la edad de la planta. Esta disminución en el contenido de PC se puede atribuir a las pérdidas de MS durante el proceso de henificación a través del desprendimiento de hojas (fracción de la planta que aporta el mayor porcentaje de proteína cruda) y pecíolos resultantes del corte, acondicionamiento y manipulación mecánica de la pacas.

Estos resultados contrastan a los obtenidos por Hintz y Albrecht [16]; Muñoz et al. [1] y Seiter et al. [18], quienes encontraron un incremento en el porcentaje de PC del forraje de soya cuando avanzó la edad de la planta.

Extracto etéreo (EE):

En la Tabla III se presentan los valores de EE de las diferentes fracciones y la paca de heno de soya para las cinco edades de corte. La FG presentó las concentraciones más bajas de EE al compararlas con las otras fracciones. El contenido de EE en la FV+S, tuvo un incremento significativo ($P < 0,05$) de 81,2% entre 75 y 95 días (R7). Este incremento en el contenido de grasas se debió al mayor desarrollo de las semillas,

EDAD(DIAS)	FRACCIÓN	*P (%)	PC (%)	EE (%)	Cs (%)
55	FF	47,30±2,92 ^a	31,33±0,25 ^a	2,00±0,05 ^b	12,30±0,08 ^b
	FG	52,70±2,92 ^a	12,60±0,39 ^a	0,33±0,01 ^d	10,32±0,38 ^a
	FV+S	-	-	-	-
	PACA	100±0,00	21,49±0,45 ^a	1,12±0,03 ^d	11,27±0,19 ^a
65	FF	44,58±0,82 ^a	28,18±0,78 ^b	2,13±0,07 ^b	12,27±0,13 ^b
	FG	55,42±0,82 ^a	11,22±0,44 ^b	0,93±0,03 ^a	8,65±0,14 ^b
	FV+S	-	-	-	-
	PACA	100±0,00	18,79±0,51 ^b	1,46±0,03 ^c	10,27±0,08 ^b
75	FF	35,05±0,74 ^b	26,42±0,58 ^b	0,58±0,02 ^d	12,23±0,21 ^b
	FG	52,00±1,11 ^a	11,12±0,25 ^b	0,38±0,01 ^c	7,43±0,17 ^c
	FV+S	12,95±1,28 ^c	21,13±0,30 ^b	2,03±0,08 ^c	8,12±0,05 ^a
	PACA	100±0,00	17,79±0,38 ^{bc}	0,67±0,02 ^c	9,19±0,16 ^c
85	FF	25,44±1,50 ^c	27,12±0,39 ^b	1,65±0,04 ^c	12,86±0,15 ^b
	FG	45,46±0,63 ^b	8,32±0,18 ^c	0,52±0,01 ^b	7,19±0,26 ^b
	FV+S	29,10±1,04 ^b	20,92±0,39 ^b	6,45±0,20 ^b	7,37±0,11 ^b
	PACA	100±0,00	16,77±0,10 ^c	2,53±0,08 ^b	8,69±0,24 ^c
95	FF	22,32±1,37 ^c	20,23±0,79 ^c	2,59±0,04 ^a	16,81±0,51 ^a
	FG	43,32±0,84 ^b	6,25±0,14 ^d	0,36±0,01 ^{cd}	6,82±0,19 ^c
	FV+S	34,37±1,29 ^a	23,13±0,34 ^a	10,80±0,28 ^a	7,37±0,21 ^b
	PACA	100±0,00	15,16±0,15 ^d	4,45±0,18 ^a	9,23±0,32 ^c

Tabla III. Efecto de la edad de corte sobre las proporciones de fracciones y las concentraciones de proteína cruda, extracto etéreo y cenizas del heno de soya.1/: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias entre edades ($P < 0,05$), según la prueba de Tukey, valores entre paréntesis equivalen a \pm error estándar (EE). *P= Proporción FF= Fracción fina, FG= Fracción gruesa, FV+S= Fracción vaina

las cuales presentan las más altas concentraciones de EE. Por su parte, Tobía y Villalobos [4] bajo condiciones adversas en Costa Rica, en plantas de soya cosechadas en estado R6 señalaron valores de 13,6% en la FV+S los cuales fueron 20,6 % superiores a los encontrados en esta investigación. Estos mismos autores indican que el 73,8% del EE de la planta entera de soya provienen de la FV+S.

Estos altos valores de EE y PC de la FV+S encontrados a los 95 días, son los responsables de la

mayor concentración de energía que esta parte de la planta le aporta al forraje de soya (Tablas III y V).

En relación con la paca de soya, el EE se incrementó 75,0 % entre 75 y 95 días (Tabla III). Este aumento registrado en 20 días ratifica que la aparición y rápido desarrollo de la FV+S genera un acelerado incremento en el porcentaje de EE en la paca de soya. Tobía y Villalobos [4] señalan incrementos mayores en la concentración del EE (6,7%) en la planta completa de soya variedad CIGRAS 06 en estado R6. Por su parte,

Romero et al. [19] encontraron un incremento en las concentraciones de EE de 2,6 (R3) a 6,3% (R5) en el silaje de soya.

Cenizas (Cs):

La variable Cs disminuyó significativamente ($P < 0,05$) a medida que avanzó la edad de la planta en las pacas de soya (Tabla III). Este comportamiento se puede atribuir a lo señalado por Conrad et al. [20], quienes indican que los minerales como fósforo, hierro y potasio disminuyen con la edad de la planta, ya que son minerales móviles en el floema y generalmente se presentan en altas concentraciones en órganos jóvenes activos de crecimiento, como tejidos meristemáticos y activadores en el metabolismo de proteínas y carbohidratos.

En la FF las cenizas se mantuvieron relativamente constante durante todo el ensayo (12 %) a excepción de la edad de 95 días donde alcanzó un valor 16,8% (Tabla III), Este alto porcentaje de Cs, se puede atribuir posiblemente a una contaminación con partículas de tierra durante el procedimiento de corte, secado y empacado de la paca de heno.

En la FG, los valores de Cs estuvieron entre 10,3 y 6,8% para las edades de 55 y 95 días, respectivamente. Para la FV+S, las concentraciones de Cs se mantuvieron entre 8,1 y 7,4% a las edades de 75 y 95 días, respectivamente.

Componentes de la pared celular y carbohidratos solubles neutro detergente (CSND)

En la Tabla IV se pueden observar los valores de los componentes fibrosos (FND, FAD y Lig.) tanto de la paca de soya completa como de sus respectivas fracciones. Los valores de FND en la paca de soya mostraron diferencias ($P < 0,05$) para las diferentes edades de corte. En la paca de soya la concentración de FND permaneció constante entre los 55 y 65 días (R1 y R4), luego tuvo un ligero incremento hasta los 85 días (R5) y por último disminuyó 7,6% entre los 85 y 95 días. Este descenso en la concentración de FND a los 95 días (estado R6), pudo ser originado por un mayor desarrollo de las semillas (componente estructural con menor contenido de FND en el forraje de soya). En el trópico, la mayoría de las gramíneas presentan altos contenidos de FND (>70,0%). Por esta razón, forrajes tropicales con valores menores a 50,0 % de FND, serían una alternativa para incrementar el consumo de materia seca en las raciones para rumiantes.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Hintz et al. [21] y Johnson et al. [22] quienes señalaron que la concentración de FND de la planta completa de soya se incrementaron de R1 a R5 y disminuyeron de R5 a R7.

Por otra parte, la FG es la que presenta la mayor concentración de FND, la cual se incrementa ($P < 0,05$) a partir de los 85 días, alcanzando valores cercanos al 65,0 %. Esta respuesta concuerda con lo señalado en la literatura, donde se indica que en los tallos se encuentran principalmente tejidos de sostén altamente lignificados, tales como, el esclerénquima y el xilema [23; 24].

Estas altas concentraciones de FND encontradas en la FG (Tabla IV), son similares a las señaladas por Hintz y Albrecht [21], quienes mencionan un contenido de FND de 65,2% en los tallos de tres cultivares de soya evaluados. Por su parte, Gupta et al. [25] indicaron un aumento desde 64,3% en la etapa de floración hasta 74,9 % de FND en la etapa de maduración de la planta de soya. Mientras que Tobía et al. [26] señalaron concentraciones menores (60,0 % de la FND) en los tallos de la planta de soya (R6).

La FAD mantuvo valores relativamente constante en todas las edades de corte, tanto en sus diferentes fracciones como en la paca de soya (Tabla IV). En las pacas se alcanzaron valores promedios de 36,0% de FAD. Estas concentraciones coinciden con los trabajos realizados por Seiter et al. [18] y Tobía et al. [26] quienes señalaron valores de 36,2 y 37,0% de FAD en plantas enteras de soya, respectivamente. Es importante resaltar que ambas fracciones (FND y FAD) disminuyeron sus concentraciones de 85 a 95 días. Esta respuesta pudo estar asociada al mayor desarrollo de las semillas en la planta entera de soya (estado R6), ya que las semillas representan los componentes de la planta con menores contenidos de pared celular.

En cuanto a los contenidos de Lig en la paca de soya, se observó que los mayores valores de esta sustancia incrustante presentó aumentos significativos ($P < 0,05$) a partir de los 75 días de edad (Tabla IV), donde se incrementó la concentración de lignina en 21% desde los 55 hasta los 85 días. Esta mayor concentración de lignina a los 85 días coincide con el más alto porcentaje de Lig encontrado en la FG (14,4 %) a la misma edad.

Gupta et al. [25], encontraron valores de Lig en la fracción tallo de 10,5 a 21, 5 %, en las etapa de floración y maduración, respectivamente. Estos valores al compararlos con la FG de esta investigación presentan el mismo comportamiento, debido a que son menores en la etapa de floración (55 días) y mayores en la etapa de maduración (95 días).

En relación con los carbohidratos solubles en neutro detergente (CSND) no se observaron diferencias ($P < 0,05$) en las pacas y en sus diferentes fracciones (Tabla IV) en las diferentes edades de corte. Las concentraciones de CSND en las pacas de soya se ubicaron en un rango entre 24,5 y 27,2 % para las

EDAD(DIAS)	FRACCIÓN	FND (%) ^{1/}	FAD (%)	Lig (%)	CSND (%)
55	FF	29,97±0,09 ^d	21,14±0,58 ^b	4,63±0,12 ^d	35,36±0,30 ^a
	FG	59,75±1,63 ^b	49,38±1,06 ^a	11,32±0,24 ^d	19,24±1,41 ^a
	FV+S	-	-	-	-
	PACA	45,73±0,0,71 ^c	35,93±0,47 ^{ab}	8,18±0,27 ^c	26,92±0,71 ^a
65	FF	30,89±1,02 ^c	20,92±0,63 ^b	5,19±0,11 ^c	33,23±0,94 ^a
	FG	59,86±0,84 ^b	47,58±0,49 ^b	12,02±0,34 ^{cd}	21,63±0,37 ^a
	FV+S	-	-	-	-
	PACA	45,45±0,93 ^c	35,68±0,37 ^{ab}	9,00±0,17 ^b	27,24±0,52 ^a
75	FF	32,66±0,21 ^b	21,74±0,31 ^b	7,24±0,18 ^b	35,28±0,47 ^a
	FG	62,75±1,48 ^{ab}	49,98±0,63 ^{ab}	12,99±0,32 ^{bc}	20,18±1,72 ^a
	FV+S	47,81±1,02 ^a	30,73±0,94 ^a	3,43±0,08 ^b	24,01±0,91 ^a
	PACA	50,24±0,59 ^a	37,56±0,50 ^{ab}	9,74±0,32 ^a	25,99±0,96 ^a
85	FF	35,70±0,27 ^a	23,55±0,69 ^a	7,25±0,13 ^b	32,65±0,45 ^a
	FG	65,80±1,37 ^a	52,43±1,22 ^a	14,40±0,35 ^a	20,53±1,19 ^a
	FV+S	42,23±0,79 ^b	24,81±0,39 ^b	5,26±0,17 ^a	23,69±1,00 ^a
	PACA	51,87±0,84 ^a	37,06±0,62 ^a	9,91±0,17 ^a	24,52±0,86 ^a
95	FF	33,98±0,98 ^{ab}	22,24±0,53 ^{ab}	7,71±0,17 ^a	32,06±1,29 ^a
	FG	64,98±1,33 ^a	48,94±1,65 ^{ab}	13,93±0,43 ^{ab}	23,55±1,50 ^a
	FV+S	35,58±0,72 ^c	23,68±0,62 ^c	5,35±0,17 ^a	25,57±0,12 ^a
	PACA	47,93±1,03 ^{bc}	33,94±1,01 ^b	9,59±0,20 ^{ab}	26,17±0,96 ^a

Tabla IV. Efecto de la edad de corte sobre las proporciones de fracciones y las concentraciones de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina y carbohidratos solubles neutro detergente del heno de soya. 1/:Letras diferentes en la misma columna indican diferencias entre edades (P<0,05), según la prueba de Tukey, valor promedio ± error estándar (EE). *P= Proporción, FF= Fracción fina, FG= Fracción gruesa, FV+S= Fracción vaina más semillas, FND= Fibra neutro detergente, FAD= Fibra ácido detergente, Lig=Lignina, CSND=Carbohidratos solubles neutro detergente.

edades de 55 y 95 días, respectivamente. La FF es la que presentó la mayor concentración de los mismos (35,36 % a los 55 días). Por el contrario, la FG muestra los menores valores de CSND, alcanzando rangos que van desde 19,2 a 23,5 % para las edades de 55 y 95 días, respectivamente.

Tobía et al. [26], encontraron concentraciones similares de CSND (25,4%) en la planta entera de soya cosechada en estado R6 en Costa Rica cuando se

compara con las pacas de soya a diferentes edades de corte de esta investigación. Estos mismos autores, indican concentraciones de CSND para las fracciones hojas, tallos+pecíolos y vainas+semillas de 35,6; 21,2 y 22,7%, respectivamente, las cuales se asemejan a los valores encontrados en las FF, FG y FV+S de este trabajo experimental.

Contenido energético, digestibilidad aparente *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad

"in vitro" de la fibra neutro detergente (DIVFND)

En la Tabla V se presentan los valores de los nutrientes digestibles totales (NDT) y energía neta de lactancia (ENL) para la paca de soya a diferentes edades de corte. Los contenidos de NDT se incrementaron ($P < 0,05$) en 14,6 % con el avance de la edad de la planta. La mayor concentración de NDT se alcanzó a los 95 días (62,2%) cuando la plantas de soya se cosecharon es estado R6. Este incremento se puede atribuir al aumento en la proporción de la FV+S a los 95 días, la cual coincide con la mayor concentración de EE y de PC en esta fracción (Tabla III) y las menores concentraciones de FAD y Lig de las pacas de soya analizadas a la misma edad de corte (Tabla IV). Hintz y Albrecht [16] indicaron que las altas concentraciones de EE encontradas en la planta entera de soya cosechada en estado R6, tiene una correlación positiva con la concentración energética estimada del forraje de soya en esta etapa fenológica.

En cuanto a las estimaciones energéticas en el silaje de soya cosechado en estado R6, Tobía et al. [26] encontraron valores similares de NDT (65,0%). Mientras que Poore et al. [27], señalan que el heno de soya contiene concentraciones de 55 a 60% de NDT, las cuales resultan similares a las encontradas en la presente investigación.

En la Tabla V se presentan los valores de DIVMS y DIVFND para la pacas de soya a diferentes edades de corte, las cuales no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) y mantuvieron valores

relativamente constantes durante el experimento. Esta respuesta coincide a lo señalado por Muñoz et al. [1] quienes no encontraron efecto significativo ($P > 0,05\%$) en la edad de corte sobre la DIVMS del heno de soya. Sin embargo, en esta investigación el valor más alto de DIVMS fue de 51,7 % a los 95 días, en donde este incremento se pudo atribuir a la alta proporción de la FV+S a esa edad, coincidiendo con lo reportado por Muñoz et al. [1] y Coffey et al. [28].

En trabajos experimentales realizados en otras latitudes, la DIVMS del forraje de soya se encontró alrededor del 60% [1; 22; 28; 29]. Este valor de DIVMS señalado por estos autores es aproximadamente 10% mayor al encontrado en las pacas de soya de la presente investigación. Sin embargo, los valores de DIVMS del heno de soya resultaron similares a los de otras especies de leguminosas como alfalfa (*Medicago sativa*) [30] y maní forrajero (*Arachis pintoi*) [31].

CONCLUSIONES

Existe la factibilidad de henificar la soya con una alta productividad de biomasa y altos contenidos de proteína y energía. La edad de 95 días (R6) representó la mejor relación en cuanto al rendimiento de MS/ha y valor nutricional del heno de soya al ser comparado con el resto de las edades evaluadas. Los valores más bajos de proteína que se presentaron en este tratamiento en comparación a las otras edades de corte, posiblemente se debieron a un incremento en

VARIABLE	EDAD DE CORTE (DIAS) ^{1/}				
	55	65	75	85	95
NDT (%)	54,43±0,62 ^d	57,88±0,32 ^{bc}	56,89±0,36 ^c	59,13±0,41 ^b	62,25±0,63 ^a
EN _L (Mcal/kg)	1,45±0,02	1,49±0,01	1,43±0,01	1,50±0,01	1,49±0,01
DIVMS (%)	47,83±0,52 ^a	50,79±0,52 ^a	51,81±0,52 ^a	50,04±0,52 ^a	51,67±0,52 ^a
DIVFND (%)	42,26±1,73 ^a	41,51±1,70 ^a	43,25±1,87 ^a	42,32±2,08 ^a	44,10±1,24 ^a

Tabla V. Efecto de la edad de corte sobre la concentraciones de energía y las digestibilidades in vitro de la materia seca (DIVMS) y de la fibra neutro detergente (DIVFND) en el heno de soya. 1/: Letras diferentes en la misma fila indican diferencias entre edades ($P < 0,05$), según la prueba de Tukey, promedio \pm error estándar (EE). NDT= Nutrientes digestibles totales, ENL= Energía neta de lactancia, DIVMS= Digestibilidad aparente in vitro de materia seca, DIVFND= Digestibilidad in vitro fibra neutro detergente.

la pérdida de materia seca, específicamente de las hojas (FF), lo cual trajo como consecuencia una disminución en las concentraciones proteicas del heno de soya a esta edad de corte, ya que esta fracción aporta los mayores contenidos de proteína en la planta de soya.

Las edades comprendidas entre 55 y 65 días muestran las mejores características bromatológicas, sin embargo, sus rendimientos de biomasa/ha son los más bajos. Por esta razón, los costos relativos por kilogramo de proteína y energía son los más elevados, en comparación con las otras edades evaluadas, lo que descarta la posibilidad de recomendar el corte a estas edades.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Muñoz A, Holt E, Weaver R. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. *Agronomy J.* 1983; 75:147-149.
- [2] Villalobos E, Camacho F. Avances en el mejoramiento genético de la soya en Costa Rica. II. CIGRAS-06 Y CIGRAS-10, dos nuevas variedades tropicales. *Agronomía Costarricense* 1999; 23(I):61-67.
- [3] Tobía C, Villalobos E, Rico E. Uso del forraje de soya (*Glycine max* L. Merr.) variedad CIGRAS 06 en la nutrición de los rumiantes. *Memorias X Seminario de Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes*, Maracaibo, Venezuela; 2006; p 77-86.
- [4] Tobía C, Villalobos E. Producción y valor nutritivo del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense* 2004; 28 (1): 17-25.
- [5] A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. Arlington, Virginia, USA, 1990; 1298 p.
- [6] Mertens D. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles. Collaborative study. *J AOAC Int* 2002; 85:1217-1240.
- [7] Licitra G.; Hernandez, T.; Van Soest, P. Standardization procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol* 1996; 57:347-358.
- [8] Hall, M. Interpreting, Feed Analyses: Uses, Abuses, and Artifacts. 8th nn. Florida Ruminant Nutritional Symposium 1997; p 71-79. Disponible en: URL: <http://www.animal.ufl.edu/hall>. Consulta 15/06/2009.
- [9] National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. National Academy Press. Washington, D. C., USA, 2001; p 157 .
- [10] Tilley , J. and R. Terry. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 1963; 18:104-111.
- [11] Goering H, Van Soest P. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook Number 397*. Agricultural Research Service, USDA. Washington, D.C., USA, 1970; p 1-20.
- [12] Fehr W, Caviness C, Burmood D, Pennington J. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 1971; 11:929-931.
- [13] Pedersen P, Lauer J. Soybean growth and development in various management systems and planting dates. *Crop Science* 2004; 44:508-515.
- [14] Shinnors K, Barrington G, Straub R, Koegel R. Forming mats from macerated alfalfa to increase drying rates. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)* 1985; 28:374-377, 381.
- [15] Sheaffer C, Orf J, Devine T, Jewett J. Yield and Quality of Forage Soybean. *Agronomy Journal* 2001; 93:99-106.
- [16] Hintz R, Albrecht K. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agronomy J* 1994; 86:59-62.
- [17] Hanway J, Weber C. N, P y K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. *Agronomy J* 1971; 63:286-290.
- [18] Seiter S, Altemose C, Davis M.. Forage soybean yield and quality responses to plant density y row distance. *Agronomy J* 2004; 96:966-970.
- [19] Romero L, Mattera J, Cuatrin A, Gaggiotti M. Soja para silaje: efectos del cultivar y el momento de corte. *Rev Argentina Producc Ani* 2007; 27(1):210-211.
- [20] Conrad J., Sousa J, Mendes M, Blue W,D L. McDowell L.. Iron, manganese, sodium and zinc interrelationships in a tropical soil, plant and animal system. *Proc. IV World Conference on Animal Production*. Buenos Aires, Argentina; 1980: p 38-53.
- [21] Hintz R, Albrecht K, Oplinger S. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agronomy Journal* 1992; 84: 795-798.
- [22] Johnson J, Monson W, Marchant W. Forage dry matter accumulation, nutrient composition and in vitro dry mater digestibility of soybean plants. *Nutrition Reports International*; 1985; 32:231-238.
- [23] Akin D. Histological and physical factors affecting digestibility of forage. *Agronomy Journal* 1989; 81: 17-25.
- [24] Jung H, Engels F. Alfalfa Stem Tissues Cell Wall Deposition, Composition, and Degradability. *Crop Science* 2002; 42:524-534.

[25] Gupta B, Johnson D, Hinds F, Minor H. Forage potential of soybean straw. *Agronomy Journal* 1973; 65: 538-541.

[26] Tobía C, Rojas A, Villalobos E, Soto H, Uribe L. 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. *Agronomía Costarricense* 2004; 28 (2): 27-35.

[27] Poore M, York A, Green J. Harvesting Soybeans for Hay? Consider Prior Use of Chemicals. NC Cooperative Extension Service, NC State University. Disponible en: URL: http://www.ces.ncsu.edu/disaster/drought/Soybean_Hay.pdf. Consulta: 18/05/09.

[28] Coffey K, Granade G, Moyer J. In vitro digestibility and preference by sheep for silages made from whole-plant soybeans. *The Professional Animal Scientist* 1995; 11:81.

[29] Ocumpaugh W, A. Matches A, Ludders V. Sod-seeded soybeans for forage. *Agronomy Journal* 1981; 73:571-574.

[30] Jahn E, Vidal A, Baez F, Soto P, Arredondo S. Utilización de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en tres estados de madurez y dos residuos con vacas en lactancia a pastoreo. *Agricultura Técnica (Chile)* 2002; 62(1) 99 -109

[31] Conejo, E. Producción de biomasa y valor nutritivo de la línea de maní forrajero CIAT 18744A en la zona tropical húmeda de Costa Rica. Tesis Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica 2002; 69 p.