

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS COMPONENTES FORRAJEROS DE CUATRO ASOCIACIONES GRAMÍNEAS/Arachis pintoi

Jorge Ml. Sánchez¹, Milton Villarreal² y Henry Soto³

ABSTRACT

The association of the herbaceous legume **Arachis pinto**i CIAT 17434 with tropical grasses has a great potential to improve cattle production in grazing systems. This study was conducted to characterize the nutritional quality of these associations and to obtain useful information to improve the feeding strategies for cattle in the humid tropics of Costa Rica. The experiment was carried out at the La Balsa farm of the Instituto Tecnológico de Costa Rica, located in an area classified as Humid Tropic. Annual average rainfall in the zone is 3062 mm and average temperature is 26,7°C. Eight treatments conformed as a factorial arrangement of four grass/**Arachis pinto**i CIAT 17434 associations and two stocking rates (3,0 and 1,5 A.U.) were evaluated. Grasses under evaluation were **Cynodon nlemfuensis**, **Brachiaria dictyoneura** CIAT 6133, **Brachiaria brizantha** CIAT 6780 and **Brachiaria brizantha** CIAT 664. Paddocks were grazed every 35 days for 5 to 7 days. Composed samples were taken at each grazing cycle and they were analysed for Crude Protein (AOAC 1984, Neutral Detergent Fiber and Lignin (Van Soest y Robertson

-
- 1 Escuela de Zootecnia y Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
 - 2 Departamento de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede Regional, San Carlos.
 - 3 Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

1984), Non-Fiber Carbohydrates (Van Soest et al. 1991). Total Digestible Nutrients were estimated by the model developed by Weiss et al. (1992) and the Digestible and Metabolizable Energy contents by standard NRC (1989) procedures. Crude Protein content was higher ($P<0.05$) for *Arachis pintoi* than for the grasses evaluated (average levels were 19.4 and 7.8% respectively). Mean Neutral Detergent Fiber levels in grasses were 73.5: meanwhile in *Arachis pintoi* were 51.9%, these values were significantly different ($P<0.05$). Lignin content was higher ($P<0.05$) in *Arachis pintoi* than in the grasses with which this legume was associated, mean values were 10.6 and 6.5% respectively. *Arachis pintoi* showed a mean value of Non-Fiber Carbohydrates of 28.9% which was significantly ($P<0.05$) higher than the level of 11.4% obtain for the grasses. Energy levels were higher ($P<0.05$) in the legume than in the grasses. Total Digestible Nutrients were 51.1 and 48.7%. Digestible Energy 2.25 and 2.15 Mcal/kg of DM. Metabolizable Energy 1.83 and 1.72 Mcal/kg of DM for *Arachis pintoi* and for the grasses with which the legume was associated, respectively, *Arachis pintoi* increases Crude Protein, Non-Fiber Carbohydrates and Energy contents of the legume-grass associations. This has important implications for cattle production based on grazing, since these are the most limiting nutrients in production systems based on tropical pastures.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de gramíneas forrajeras que conforman la base de las actuales pasturas en el trópico se caracterizan por una capacidad alta de producción primaria, aunque se ven desfavorecidas en cuanto a su capacidad de producción secundaria. Su comparación con las gramíneas dominantes en zonas templadas evidencia desventajas en relación con los contenidos de proteína cruda y digestibilidad de la materia seca (Minson 1981). En los actuales esquemas de selección de nuevos materiales

forrajeros, la prioridad ha sido la identificación de especies adaptadas a los principales factores bióticos y abióticos limitantes, lo cual se traduce en una productividad alta que garantiza la máxima persistencia de la pastura con la mínima dependencia de insumos externos. En consecuencia, es de esperar que la mayoría de gramíneas promisorias en las que actualmente se investiga (algunas de las cuales ya comienzan a ser adoptadas, tales como accesiones de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*) no difieran sustancialmente de las gramíneas "mejoradas" de uso actual en términos de su valor nutritivo, no así en relación con la calidad nutricional. Este último concepto involucra el consumo de materia seca.

En el pasado, varios autores coincidieron en considerar el uso de las leguminosas como un requisito para mejorar la producción y calidad de las pasturas tropicales (Santhirasegaram 1975; Hutton 1979; Toledo 1990). Bajo condiciones tropicales, un aspecto a menudo no resuelto ha sido la falta de persistencia de las leguminosas cuando se manejan en asociación con gramíneas (Kreshmer 1988). No obstante, experiencias en diferentes ecosistemas en la región centroamericana en los últimos 15 años, han demostrado buenas características de adaptación y persistencia de la leguminosa herbácea *Arachis pintoi* (Argel 1994; Ibrahim 1994).

Trabajos más avanzados en evaluación nutricional de pasturas asociadas con *Arachis pintoi*, así como en la productividad animal derivada de tales sistemas, han demostrado un potencial alto de esta leguminosa (Lascano y Thomas 1988; Lascano 1994), hecho que ha sido corroborado a nivel local tanto en producción de ganado de carne (Ibrahim 1994) como en la producción de ganado lechero (Van Heurck 1990; González 1992).

Bajo condiciones del trópico húmedo en Costa Rica, la dinámica de las asociaciones con *Arachis pintoi* ha empezado a ser entendida (Ibrahim 1994; Villarreal 1994); sin embargo, es necesario caracterizarlas mejor desde el punto de vista nutricional, los componentes forrajeros de

dichas pasturas y las posibles interacciones con factores de manejo. La disponibilidad de biomasa, la composición botánica y la calidad nutricional de sus elementos, puede ayudar a predecir niveles de productividad animal, al igual que puede convertirse en una herramienta importante en el desarrollo de estrategias de suplementación de animales en pastoreo.

En estudios realizados por Sánchez y Soto (1993a y b, 1996) sobre la calidad nutricional de los forrajes del trópico húmedo de Costa Rica, se ha encontrado que los contenidos de algunos nutrimentos tales como los carbohidratos no fibrosos y la energía de estos limitan la capacidad de producción del ganado bovino.

Algunas fracciones nutricionales de los forrajes como la proteína cruda, los carbohidratos no fibrosos, la fibra y sus componentes, el extracto etéreo y los minerales se pueden determinar directamente por métodos químicos (AOAC 1984; Van Soest y Robertson 1985), no siendo así para el contenido de energía que se determina por ensayos de digestibilidad, los cuales son muy laboriosos y costosos. Un método alternativo para conocer el contenido energético de los forrajes es el uso de la combinación de técnicas químicas y matemáticas (Minson 1982a). Conrad et al. 1984 y Weiss et al. 1992, han utilizado leyes usadas en física y geometría para unir dos metodologías empleadas en el análisis de los alimentos y forrajes: el análisis de la fibra mediante el uso de detergentes y la determinación de la energía en términos de Energía Neta para Lactación. Esto permitió desarrollar por primera vez una única ecuación sumativa que es capaz de estimar el contenido de energía tanto de las gramineas como de las leguminosas forrajeras. Este modelo se desarrolló usando una variedad muy amplia de alimentos y forrajes, que incluían pastos tropicales y subtropicales tales como *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon* y *Sorghum bicolor* sudanense. Según Weiss et al. 1992, este modelo tiene un error promedio para estimar el contenido Total de Nutrimentos Digestibles similar al error que se obtiene en los ensayos de digestibilidad "in vivo".

El presente trabajo estuvo orientado a la determinación de la calidad nutricional de cuatro gramíneas y la leguminosa *Arachis pintoi*, mediante la estimación del contenido energético, así como la descripción de algunas fracciones del contenido celular y de la pared celular.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la finca La Balsa, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica (10°20' Latitud Norte y 84° 32' Longitud Oeste; 172 msnm). La zona es clasificada como Bosque Tropical Húmedo transición a muy húmedo, la precipitación promedio anual es de 3062 mm con cuatro meses de época semiseca (enero a abril), la temperatura media es de 26,7°C y la humedad relativa de 85%. Los suelos son Entisoles, de textura arcillosa (40% de arcilla, 33% de limo y 27% de arena) y fertilidad media (pH = 5,6; CICE = 27,84; P = 1,0 mg/litro; acidez = 0,5 cmol/litro; 19,9; 7,1 y 0,29 cmol/litro de Ca, Mg y K, respectivamente; 10,8; 200; 99; 3,4 y 46 mg/litro de Cu, Fe, Mn, Zn y S, respectivamente. En este análisis destaca el bajo contenido de fósforo.

Las pasturas asociadas fueron establecidas entre 1991 y 1992; en marzo de 1993 dio inicio la fase experimental, la que finalizó en julio de 1994, abarcando 13 ciclos de pastoreo.

El diseño de campo consistió en ocho tratamientos, conformados por el arreglo factorial de cuatro asociaciones gramínea/*Arachis pintoi* y dos cargas animales. Las gramíneas consideradas fueron *Cynodon nlemfuensis* (Estrella africana), *B. dictyoneura* CIAT 6133, *B. Brizantha* CIAT 6780 y *B. Brizantha* CIAT 664. Cada una de ellas fue asociada con la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434. Cada asociación se manejó según dos cargas animal, 3,0 y 1,5 U.A./ha. Para lograr la carga alta se utilizaron apartos de 834 m², mientras que para la carga baja se usaron apartos de 1668 m². Cada tratamiento fue replicado dos veces, sin embargo

para efectos del presente artículo una sola muestra proveniente simultáneamente de ambas repeticiones fue analizada.

Todas las parcelas experimentales fueron pastoreadas simultáneamente. Las cargas animales asignadas se lograron utilizando en cada unidad experimental tres animales (180 a 300 kg de peso vivo) y un período de ocupación entre 5 y 7 días (según los animales fueran ganando peso). Durante el período de ocupación, los animales tuvieron acceso a agua y un suplemento mineral. Una vez completado el pastoreo en las parcelas experimentales, los animales fueron retirados a áreas aledañas para permitir un período de descanso de 35 días.

Se tomaron muestras compuestas de los forrajes durante las épocas lluviosa (agosto 1993 = 477,1 mm) y semiseca (febrero 1994 = 1,3 mm). En estas fueron analizadas sus contenidos de Proteína Cruda (PC) (AOAC 1984), Fibra Detergente Neutro (FDN), Lignina (Van Soest y Robertson 1985). Los Carbohidratos No Fibrosos (CNF) fueron estimados utilizando el modelo propuesto por Van Soest et al. (1991). El Total de Nutrientos Digestibles (TND) fue estimado usando el modelo desarrollado por Weiss et al. (1992) y los contenidos de Energía Digestible (ED) y Energía Metabolizable (EM) fueron calculados utilizando procedimientos estándares del NRC (1989).

Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza para determinar la significancia de los efectos de carga, tipo de pastura, mes y la interacción tipo de pastura por mes.

Como el efecto de carga resultó ser no significativo ($P > 0,05$), esta variable fue excluida del modelo definitivo. El efecto de carga fue entonces conceptualizado como un efecto de repetición del experimento, constituyendo el tipo de pastura la parcela principal y el efecto del mes, la subparcela. Las medias de tratamientos fueron comparadas a través de una prueba de Scheffé ($P < 0,05$) (Snedecor y Cochran 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del contenido de PC en *Arachis pintoi* y en las cuatro gramíneas forrajeras con las que se asoció esta leguminosa se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1.

**Contenido de proteína cruda (% en Base Seca)
del *Arachis pintoi* y de cuatro gramíneas sembradas
en asociación en el cantón de San Carlos**

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea		
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x
C. nlemfuensis	22	17.7	19.9	7.4	6.9	7.2
B. brizantha 6780	22.1	18.8	20.5a	7.5	8	7.8
B. brizantha 664	21.2d	16.6c	18.9	8.6d	6.7c	7.7
B. dictyoneura	20.3d	16.1c	18.2b	7.3c	9.8d	8.6
X	21.4d	17.3c	19.4	7.7	7.9	7.8

a,b Promedios en columnas con letra diferente difieren ($P<0,05$)

c,d Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P<0,05$)

El nivel de este nutriente difirió ($P<0,05$) entre *Arachis pintoi* y las gramíneas evaluadas. Además, el tipo de asociación afectó el contenido de PC en *Arachis pintoi*, encontrándose diferencias ($P<0,05$) entre la asociación de esta leguminosa con *B. brizantha* 6780 y *B. dictyoneura*. No hubo ni diferencias significativas dentro de las especies o accesiones de las gramíneas estudiadas. El contenido promedio para *Arachis pintoi* fue 19,4%, el cual se encuentra dentro del rango de 13 a 22% informado por Lascano (1994) para las hojas de la accesión CIAT 17434.

Este valor es superior al promedio obtenido por Minson (1982b) (16,7% de la MS) para las leguminosas tropicales, en una revisión de literatura realizada a nivel mundial. En relación con el contenido de PC en las gramíneas, este es inferior al informado frecuentemente en los estudios realizados en el trópico húmedo de Costa Rica (Sánchez y Soto 1996; Villarreal et al. 1994); lo cual puede deberse a la altura más baja a la que fueron tomadas las muestras que dieron origen a esta investigación. En promedio *Arachis pintoi* presentó valores de PC 2.5 veces mayores que las gramíneas forrajeras, lo cual contribuye a enriquecer el valor proteico de las asociaciones leguminosa-gramínea en las regiones tropicales. Lascano y Estrada (1989), Lascano et al. (1991), Van Heurck (1990), González (1992) e Ibrahim (1994) han encontrado que al mejorar la calidad nutricional de las pasturas tropicales por medio de la asociación gramínea-leguminosa se incrementa significativamente la producción del ganado lechero y de carne.

El contenido de PC en *Arachis pintoi* varió ($P < 0,05$) entre épocas climáticas, obteniéndose los mayores valores durante la época de máxima precipitación (21,4%). En relación con las gramíneas, únicamente *Brachiaria brizantha* 664 y *Brachiaria dictyoneura* difirieron ($P < 0,05$) entre épocas climáticas. *Brachiaria brizantha* 664 mostró los valores mayores durante la época de máxima precipitación (8,6% de la MS), mientras que durante esa misma época *Brachiaria dictyoneura* presentó los valores más bajos (7,3% de la MS), lo cual podría deberse a que según la literatura este forraje no es muy tolerante a la humedad excesiva (ICA 1987).

En el Cuadro 2, se indica el contenido de FDN en las asociaciones evaluadas. El contenido de pared celular fue significativamente ($P < 0,05$) mayor en las gramíneas forrajeras que en *Arachis pintoi*. El nivel promedio de las gramíneas fue 73,5 mientras que para la leguminosa fue 51,9%. Estos valores coinciden con los obtenidos por Sánchez y Soto (1993) para gramíneas forrajeras del trópico húmedo de Costa Rica y los

observados por Lascano (1994) para la accesión *Arachis pintoi* CIAT 17434 en los Llanos de Colombia.

Cuadro 2.
Contenido de Fibra Neutro Detergente (% en Base Seca)
del *Arachis pintoi* y de cuatro gramíneas
sembradas en asociación en el cantón de San Carlos

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea		
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x
C. nlemfuensis	59.0f	45.7e	52.4	83f	75.8e	79.4
B. brizantha 6780	55.8f	48.2e	52	74.2	69.8	72
B. brizantha 664	59.9f	48e	54b	77.3f	69e	73.2
B. dictyoneura	53.3f	45.1e	49.2a	73.4f	65.1e	69.3
X	57.0f	46.8e	51.9	77f	69.9e	73.5

a, b, c, d Promedios en columnas con letra diferente difieren ($P < 0,05$)

e, f Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P < 0,05$)

El pasto *Cynodon nlemfuensis* mostró valores muy altos de FDN (79,4%), lo cual podría deberse a la altura baja a que se tomaron las muestras que llevó a cosechar una proporción importante de estolones. Además, un período de descanso de 35 días es muy prolongado para una gramínea con una tasa de crecimiento rápido como el pasto Estrella. Cuando *Arachis pintoi* se asoció con *Brachiaria dictyoneura* mostró valores significativamente ($P < 0,05$) menores que cuando se asoció con *B. brizantha 664*. *Arachis pintoi* cuando se asoció con *Brachiaria dictyoneura* mostró valores significativamente ($P < 0,05$) menores que cuando se asoció con las otras gramíneas.

El análisis por épocas indicó que tanto *Arachis pintoi* en las diferentes asociaciones como las gramíneas presentaron los mayores ($P < 0,01$)

valores durante la época de máxima precipitación que durante la de mínima. Observaciones similares han sido hechas por Sánchez y Soto (1993) al evaluar la calidad nutricional del recurso forrajero del trópico húmedo de Costa Rica. Los altos niveles de FDN observados en las gramíneas en general, son propios de las gramíneas forrajeras tropicales (Minson 1990; Van Soest 1994; Van Soest, Giner-Chaves 1994).

En relación con los componentes de la pared celular, se encontró que los contenidos de celulosa y hemicelulosa difirieron ($P < 0,05$) entre asociaciones y entre épocas climáticas. Los valores promedio durante la época semiseca de celulosa y hemicelulosa en *Arachis pintoi* fueron 29,2 y 8,6%; mientras que en las gramíneas fueron 33,7 y 24,5%, respectivamente. Durante la época lluviosa los valores promedio de celulosa y hemicelulosa en *Arachis pintoi* fueron 31,8 y 11,1, mientras que en las gramíneas fueron 38,1 y 30,0, respectivamente. Ambos polisacáridos son la principal fuente de energía para los rumiantes y su degradabilidad es mayor en las gramíneas que en las leguminosas, debido al menor contenido de lignina de las gramíneas forrajeras (Weiss et al. 1992).

En el Cuadro 3, se presenta el contenido de lignina de las diferentes asociaciones. El nivel de este compuesto polifenólico fue mayor ($P < 0,05$) en *Arachis pintoi* que en las gramíneas con las cuales se asoció, obteniéndose un valor promedio para esta leguminosa de 10,6% y para las cuatro gramíneas de 6,5%. Estos valores altos de lignina son propios de las leguminosas (Van Soest y Giner-Chaves 1994) y reducen la utilización que puede hacer un rumiante de la pared celular (Weiss et al. 1992). Los mayores ($P < 0,05$) contenidos de lignina fueron presentados por *Arachis pintoi* cuando se asoció con *Brachiaria brizantha* CIAT 664. El análisis por épocas indica que el *Arachis pintoi* tiene una mayor ($P < 0,05$) cantidad de lignina durante la época lluviosa que durante la semiseca, no siendo así para las gramíneas que presentaron valores similares durante el año. Esto sugiere que la digestibilidad de la pared celular es más variable a lo largo del año en la leguminosa que en las gramíneas evaluadas en esta investigación.

Cuadro 3.

**Niveles de lignina (% en Base Seca) del Arachis pintoi
y de cuatro gramíneas sembradas en asociación
en el cantón de San Carlos**

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea		
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x
C. niemfuensis	11.6f	7.9e	9.8	7.8	8.5	8.2b
B. brizantha 6780	12.1f	7.4e	9.8b	6.2	5.3	5.8a
B. brizantha 664	17.4f	8.1e	12.8a	6.2	6.3	6.3a
B. dictyoneura	10.8g	9.7	10.3c	5.7	6	5.9a
X	12f	8.3e	10.6	6.5	6.5	6,5

a, b, c, d Promedios en columnas con letra diferente difieren (P<0,05)

e, f Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren (P<0,05)

Los contenidos estimados de CNF difirieron ($P<0,01$) entre el Arachis pintoi y las gramíneas, épocas climáticas y carga animal. Esta variable fue mayor ($P<0,01$) en Arachis pintoi que en las diferentes gramíneas forrajeras, siendo los valores promedio 28,9% y 11,4%, respectivamente (Cuadro 4). Al estar constituidos los CNF por pectinas, almidones y azúcares que se caracterizan por ser de rápida degradación (20%/h a 10%/min) y constituir una fuente de energía fácilmente disponible (Mertens 1992), el Arachis pintoi contribuye a mejorar los procesos de fermentación ruminal y a incrementar el aprovechamiento global de los nutrimentos (Nocek y Taminga 1991).

Tanto las gramíneas como el Arachis pintoi mostraron cantidades mayores ($P<0,05$) de CNF durante la época semiseca que durante la lluviosa, lo cual coincide con observaciones realizadas por Sánchez y Soto (1996).

Cuadro 4.

**Contenido estimado de Carbohidratos No Fibrosos
(% en Base Seca) del Arachis pintoi
y de cuatro gramíneas sembradas en asociación
en el cantón de San Carlos**

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea		
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x
C. niemfuensis	22.8a	34.7b	28.7	7.0a	11.3b	9.2
B. brizantha 6780	22.9	30.8	26.8	12.2	10.9	11.6
B. brizantha 664	22.3a	33.1b	27.7	9.1a	15.2b	12.1
B. dictyoneura	28.4a	35.9b	32.2	9.3a	16.5a	12.9
X	24.1	33.6b	28.9	9.4a	13.5b	11.4

a,b Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P<0,05$)

Al evaluar el efecto de la carga animal, se encontraron mayores valores ($P<0,05$) de CNF en la carga de 1.5 que en la de 3 U.A. tanto para la leguminosa como para las cuatro gramíneas evaluadas.

El contenido de Total de Nutrientos Digestibles difirió ($P<0,01$) entre las asociaciones forrajeras (Cuadro 5). El valor promedio en Arachis pintoi fue 51,1% y en las gramíneas 48,7%. El contenido energético obtenido para Arachis pintoi es inferior al informado para esta leguminosa por Van Soest y Giner-Chaves (1994). Los valores encontrados en las gramíneas son inferiores a los obtenidos por Sánchez y Soto (1993) en el cantón de San Carlos, lo cual podría deberse a la altura tan baja a la que fueron tomadas las muestras que originaron esta investigación. El mayor aporte de energía de Arachis pintoi a la asociación contribuye a

mejorar la dieta que el animal está consumiendo, ya que según Sánchez y Soto (1993; 1997) la energía es el nutrimento más limitante para la producción de ganado bovino en pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. En términos de nutrición energética, el pasto *Cynodon nlemfuensis* es el que más se beneficia con la asociación con la leguminosa, ya que esta gramínea fue la que mostró los menores ($P<0,05$) valores de energía. La nutrición energética de los animales rumiantes de la zona, especialmente aquellos con mayor potencial para la producción, puede ser mejorada mediante la suplementación con fuentes de energía tales como la melaza de caña de azúcar, la cual es un subproducto de la agroindustria local.

Cuadro 5.
Contenido estimado de total de nutrimentos
(% en Base Seca) del *Arachis pintoi*
y de cuatro gramíneas sembradas
en asociación en el cantón de San Carlos

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea			
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	
C. nlemfuensis	48.4c	57.2d	52.8b	47.8	45.8	46.8	
B. brizantha 6780	46.8	55.8	51.3b	50	48.8	49.4	
B. brizantha 664	39.9c	55.7d	47.8a	49.2	50.1	49.7	
B. dictyoneura	50.2c	55.1d	52.7b	46.7	51.5	49.1	
X	46.3c	56.0d	51.1	48.4	49.1	48.7	

a,b Promedios en columnas con letra diferente difieren ($P<0,05$)

c,d Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P<0,05$)

El análisis por épocas indica que los forrajes contienen una mayor ($P<0,05$) cantidad de energía durante la época semiseca, siendo la diferencia más acentuada en *Arachis pintoi*. Sánchez y Soto (1997) también han encontrado mayores contenidos de energía en los forrajes durante la época semiseca en la zona donde se realizó este estudio.

En los Cuadros 6 y 7, se presentan los contenidos de Energía Digestible y Energía Metabolizable estimadas de los forrajes evaluados. Por ser estos calculados a partir de los valores de Total de Nutrientos Digestibles, siguen la misma tendencia. García-Trujillo y Pedroso (1989) en Cuba obtuvieron contenidos de Energía Metabolizable en *Cynodon nlemfuensis* que oscilaron entre 1,95 y 2,16 Mcal/kg de MS, los cuales son superiores a los obtenidos para este mismo forraje en esta investigación.

Cuadro 6.

**Energía Digestible Estimada (Mcal/kg de MS)
del *Arachis pintoi* y de cuatro gramíneas sembradas
en asociación en el cantón de San Carlos**

Pastura	Arachis pintoi			Gramínea		
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x
C. nlemfuensis	2.13c	2.52d	2.33b	2.1	2.02	2.06
B. brizantha 6780	2.06	2.46	2.26	2.2	2.15	2.18
B. brizantha 664	1.76c	2.45d	2.11a	2.17	2.21	2.19
B. dictyoneura	2.21c	2.43d	2.32b	2.06	2.27	2.17
X	2.04c	2.47d	2.25	2.13	2.16	2.15

a,b Promedios en columnas con letra diferente difieren ($P<0,05$)

c,d Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P<0,05$)

Cuadro 7.

**Energía Metabolizable Estimada (Mcal/kg de MS)
del Arachis pintoí y de cuatro gramíneas sembradas
en asociación en el cantón de San Carlos**

Pastura	Arachis pintoí			Gramínea			
	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	Máx. Prec.	Mín. Prec.	x	
C. nlemfuensis	1.70c	2.10d	1.90b	1.68	1.59	1.64	
B. brizantha 6780	1.63	2.03	1.83	1.77	1.72	1.75	
B. brizantha 664	1.32c	2.03d	1.68a	1.74	1.78	1.76	
B. dictyoneura	1.78c	2.00d	1.89b	1.63	1.84	1.74	
X	1.61c	2.04d	1.83	1.71	1.73	1.72	

a,b Promedios en columnas con letra diferente difieren ($P < 0,05$)

c,d Promedios en la misma hilera con letra diferente difieren ($P < 0,05$)

IMPLICACIONES

La leguminosa *Arachis pintoí* contribuye a incrementar los contenidos de PC y de CNF de la asociación forrajera, mejorando la calidad de la dieta que consume el animal. Estos niveles mayores de PC y CNF contribuyen a mejorar los procesos de fermentación ruminal y por lo tanto la utilización global de nutrimentos en el ganado bovino. Asimismo, el mayor aporte de energía del *Arachis pintoí* tiene importantes implicaciones en la nutrición de los rumiantes a base de pasturas tropicales, por ser este el nutrimento más limitante en estos sistemas de alimentación.

RESUMEN

La asociación de la leguminosa herbácea *Arachis pintoi* CIAT 17434 con las gramíneas tropicales tiene gran potencial para incrementar la producción del ganado bovino en pastoreo. La presente investigación se realizó con el objeto de caracterizar la calidad nutricional de estas asociaciones y generar información que contribuya a mejorar las estrategias de alimentación del ganado bovino en el trópico húmedo de Costa Rica. El trabajo de campo fue realizado en la finca La Balsa del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La zona en la que se ubica la finca se clasifica como Bosque Tropical Húmedo transición a Muy Húmedo. La precipitación promedio anual en la zona es de 3062 mm y la temperatura media es de 26,7°C. Se evaluaron ocho tratamientos conformados por el arreglo factorial de cuatro asociaciones gramínea/*Arachis pintoi* CIAT 17434 y dos cargas animal (3,0 y 1,5 U.A.). Las gramíneas evaluadas fueron *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133, *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 y *Brachiaria brizantha* CIAT 664. El período de descanso entre ciclos de pastoreo fue de 35 días. Antes de cada ciclo de pastoreo se tomaron muestras compuestas en las cuales se analizaron los contenidos de Proteína Cruda (AOAC 1984), Fibra Detergente Neutro y Lignina (Van Soest y Robertson 1984), Carbohidratos No Fibrosos (Van Soest et al. 1991). El Total de Nutrientos Digestibles fue estimado según el modelo de Weiss et al. (1992) y los contenidos de Energía Digestible y Energía Metabolizable según procedimientos estándares del NRC (1989). El contenido de Proteína Cruda difirió ($P<0,05$) entre *Arachis pintoi* y las gramíneas evaluadas, siendo los niveles promedio 19,4 y 7,8%, respectivamente. El valor medio de Fibra Detergente Neutro en las gramíneas fue 73,5, mientras que en *Arachis pintoi* fue 51,9%, ambos valores difirieron significativamente ($P<0,05$).

El contenido de lignina fue mayor ($P<0,05$) en *Arachis pintoi* que en las gramíneas con las cuales se asoció, siendo los valores promedio 10,6 y 6,5% respectivamente. *Arachis pintoi* presentó un valor medio de

Carbohidratos No Fibrosos de 28,9%, el cual es significativamente ($P < 0,05$) mayor al nivel de 11,4% obtenido para las gramíneas. Los niveles energéticos fueron mayores ($P < 0,05$) en la leguminosa que en las gramíneas, siendo los niveles de Total de Nutrientos Digestibles 51,1 y 48,7% de Energía Digestible 2,25 y 2,15 Mcal/kg de MS, de Energía Metabolizable 1,83 y 1,72 Mcal/kg de MS para *Arachis pintoi* y las gramíneas forrajeras con las que se asoció esta leguminosa, respectivamente. *Arachis pintoi* contribuye a incrementar los niveles de Proteína Cruda, Carbohidratos No Fibrosos y Energía de las asociaciones forrajeras, lo cual tiene importantes implicaciones en la producción del ganado bovino, por ser estos nutrientes los más limitantes en los sistemas de alimentación basados en el pastoreo de las gramíneas tropicales.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue realizada como parte de un proyecto ejecutado gracias al aporte económico del Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, así como con la colaboración del Laboratorio de Bromatología de Forrajes del CINA, Universidad de Costa Rica.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. Official Methods of Analysis. Washington D.C. 12th ed. 1008 p.
- Argel P.J. 1994. Regional Experience with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: Biology and Agronomy of forage *Arachis*. P. Kerridge y B. Hardy (eds.). CIAT. Cali, Colombia. pp. 134-143.
- Conrad H.R.; W.P. Weiss; W.O. Odwongo; W.L. Schochey 1984. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. *Journal of Dairy Science* 67:427-436.
- García-Trujillo R.; D.M. Pedroso. 1989. Alimentos para rumiantes. Tablas de Valor Nutritivo. Edica. La Habana, Cuba. 40 p.
- González M.S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- Hutton E.M. 1979. Problemas y éxitos en praderas de leguminosas y gramíneas especialmente en América Latina Tropical. In: Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Serie 03SG-5. L.E. Tergas y P.A. Sánchez (eds.). CIAT. Cali, Colombia. pp. 87-101.
- Ibrahim M.A. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. Tesis Ph.D. Wageningen, The Netherlands. 129 p.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 1987. Pasto Llanero: *Brachiaria dictyoneura*. Boletín Técnico N°151. Colombia. 12 p.
- Kretschmer A.E. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. Carta Ganadera (Colombia). Setiembre:36-40.

- Lascano C.E. 1994. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. P. Kerridge y B. Hardy (eds.). CIAT. Cali, Colombia. pp. 109-121.
- Lascano C.E.; P. Ávila; C.I. Quintero; J.M. Toledo. 1991. Atributos de una pastura de *Brachiaria dictyoneura-Desmodium ovalifolium* y su relación con la producción animal. *Pasturas Tropicales*. 13:10-20.
- Lascano C.E.; J. Estrada. 1989. Long-term productivity of legume-based and pure grass pastures in the eastern plains of Colombia. In: *Proc. XVI International Grassland Congress*. France. pp. 1179-1180.
- Lascano C.E.; D. Thomas. 1988. Forage quality and animal selection of *Arachis pintoi* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. *Grass and Forage Science*. 43:433-439.
- Mertens D.R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. In: *Large Dairy Herd Management*. H.H. Van Horn y C.J. Wilcox (eds.). American Dairy Science Association. II. U.S.A. pp. 219-235.
- Minson D. 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: *Grazing animals*. F.H.W. Morley (ed.). World Animal Science. B1. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 143-157.
- Minson D. 1982a. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition Abstracts and Review. Series B*.52 (10):592-615.
- Minson D. 1982b. The chemical composition and nutritive value of tropical grasses. In: *Tropical Grasses*. Ed. P.J. Skerman. Rome. FAO. pp. 163-173.
- Minson D. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, California. 483 p.
- National Research Council (NRC). 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. ed. Washington D.C. National Academy of Science-National Research Council. 70 p.

- Nocek J.; S. Tamíngua. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74:3598-3629.
- Sánchez J.Ml.; H. Soto. 1993a. Análisis estadístico de las fluctuaciones mensuales y estacionales del valor nutritivo de las principales especies forrajeras del trópico húmedo de Costa Rica. In: VI Congreso Internacional de Biomatemática. San José, Costa Rica. pp. 357-367.
- Sánchez J.Ml.; H. Soto. 1993b. Estimated values of net energy for lactation of tropical pastures. *Journal of Dairy Science*. 76 (Suppl. 1). p. 215. (Abstr).
- Sánchez J.Ml.; H. Soto. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical* 3:3-18.
- Sánchez J.Ml.; H. Soto. 1997. Contenido estimado de energía para la producción de leche de los forrajes del distrito de Florencia, cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense* 21(en prensa).
- Santhirasegarán K. 1975. Praderas tropicales mejoradas a base de leguminosas forrajeras. In: Seminario "El potencial para la producción de ganado de carne en América Tropical". Serie CS-10. CIAT. Cali, Colombia. pp. 45-58.
- Snedecor G.; G.W. Cochran. 1989. *Statistical Methods*. 8th Ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. 703 p.
- Toledo J.M. 1990. El papel de las leguminosas de pasturas en suelos pobres. In: Memoria 4ª Reunión de Consulta GREDFAC. 8-12 octubre. Centro de Información y Documentación Agropecuaria. La Habana, Cuba. pp. 148-161.
- Van Heurck L. 1990. Evaluación del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110 p.

- Van Soest P.J. 1994. Nutritional Energy of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N.Y., U.S.A. 476 p.
- Van Soest P.J.; B. Giner-Chaves. 1994. Nutritive value of fibrous feeds. Cornell University. Ithaca, N.Y. In: Beef cattle production systems in the tropics. MAG/PROGASA y EARTH. Atenas, Costa Rica. 10 p.
- Van Soest P.J.; J. Robertson. 1985. Analysis of Forages and Fibrous Foods. Cornell University. Ithaca, New York. 165 p.
- Van Soest P.J.; J. Robertson; B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74:3583-3597.
- Villarreal M. 1994. Evaluación de materiales forrajeros para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera bajo pastoreo en la Región Huetar Norte. Informe Final del Proyecto de Investigación. Departamento de Agronomía, Sede San Carlos, V.I.E. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 43 p.
- Villarreal M.; D. Pastora; E. Brizuela. 1994. Evaluación de gramíneas forrajeras bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Pasturas Tropicales (Colombia). 16:9-16.
- Weiss W.P.; H.R. Conrad; N. Saint Pierre. 1992. A theoretically-based model for predicting TND values of forages and concentrates. Animal Feed Science and Technology. 39:95-110.