

Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II. Consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrimentos

Abner A. Rodríguez², Ernesto O. Riquelme³ y Paul F. Randel⁴

J. Agric. Univ. P.R. 82(1-2):39-49 (1998)

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inclusión de una leguminosa forrajera (*Leucaena leucocephala* o *Stylosanthes guianensis*) sobre el consumo voluntario de materia seca (CMS) y la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS), proteína cruda (DPC), fibra detergente neutro (DFDN) y fibra detergente ácida (DFDA), de corderos alimentados con dietas basadas en un heno comercial de gramíneas. Ocho corderos adultos distribuidos aleatoriamente en jaulas individuales provistas de comederos y bebederos se alimentaron con dietas que difirieron en la especie y nivel (10, 20 y 40%) de leguminosa. Como porción basal y ración testigo se utilizó heno comercial de gramíneas compuesto principalmente de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y pajón (*Dicanthium annulatum*). El CMS aumentó ($P < 0.05$) al incrementarse el nivel de leguminosa en la dieta (1.00, 1.30 y 1.46 kg/d con 10, 20 y 40% de leguminosa, respectivamente). Entre las dos leguminosas evaluadas, el CMS fue mayor al incluir *Stylosanthes guianensis* (1.30 kg/d) que al incluir *Leucaena leucocephala* (1.16 kg/d) en la mezcla. Hubo efectos significativos de la especie de leguminosa sobre la digestibilidad de los principales componentes de la dieta, a excepción de la proteína cruda. Los valores promedios, para las dietas con *Leucaena leucocephala* y *Stylosanthes guianensis*, fueron; DMS, 61.88 y 59.36; DPC, 71.37 y 70.26; DFDN, 62.57 y 58.33; y DFDA, 47.71 y 41.48%, respectivamente. No se observaron efectos significativos sobre la digestibilidad al incorporar las leguminosas al 10 ó 20% de la materia seca (valores promedio: DMS, 59.3; DPB, 70.5; DFDN, 59.1; y DFDA, 43.0%). Sin embargo, al incorporar las leguminosas al 40% de la materia seca, se obtuvo un incremento en DMS (63.8%), DFDN (63.5%) y DFDA (48.6%), pero no en DPB (71.1%). En conclusión, la utilización de leguminosas como complemento de gramíneas en dietas para rumiantes puede ser de utilidad para incrementar la productividad, debido a un mayor consumo total de nutrimentos.

ABSTRACT

Forage legumes included in diets with tropical grasses. II. Dry matter intake and nutrient digestibility

The effects were determined of the inclusion of a legume (*Leucaena leucocephala* or *Stylosanthes guianensis*) at the rate of 10, 20 or 40% of the dry

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 1 de noviembre de 1996.

²Catedrático Auxiliar, Departamento de Industria Pecuaria, Apartado 9030, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez, PR 00681.

³Catedrático, Departamento de Industria Pecuaria.

⁴Investigador, Departamento de Industria Pecuaria.

matter, as a complement to tropical grass hay containing *Cenchrus ciliaris* L. and *Dicanthium annulatum*, on the dry matter intake (DMI), and on in vivo digestibility of the dry matter (DMD), neutral detergent fiber (NDFD), crude protein (CPD) and acid detergent fiber (ADFD). Dry matter and nutrient digestibility was measured with the total collection technique using lambs in individual pens. Dry matter intake was greater ($P < 0.05$) as the proportion of legume in the diets increased (1.00, 1.30 and 1.46% kg/d at 10, 20 and 40% of legume, respectively). Between the two legume species evaluated, DMI was greater in animals fed with *Stylosanthes guianensis* (1.30 kg/d) than in animals fed with *Leucaena leucocephala* (1.16 kg/d). There were significant differences between the legume species in digestibility of the main feed components except crude protein. The mean values obtained for the diets with *Leucaena leucocephala* and *Stylosanthes guianensis* were DMD, 61.88 and 59.36; CPD, 71.37 and 70.26; NDFD, 62.57 and 58.33; and ADFD, 47.71 and 41.48%, respectively. There were no effects on digestibility when the legumes were added at 10 or 20% of the dry matter (means: DMD, 59.3; CPD, 70.5; NDFD, 59.1; and ADFD, 43.0%). However, when the legume constituted 40% of the dry matter, there was an increase in DMD (63.8%), NDFD (63.5%) and ADFD (48.6%), but not in CPD (71.1%). It is concluded that the utilization of legume species, as a complement to grass in diets for ruminants, can improve the productive performance because of increased intake of total digestible nutrients.

Key words: legume forages, *Stylosanthes guianensis*, *Leucaena leucocephala*, intake, nutrient digestibility

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de cualquier explotación pecuaria, el valor nutritivo de dietas a base de gramíneas tropicales podría verse afectado por el consumo voluntario y la digestibilidad. La utilización de especies mejoradas y el uso de fertilizantes a base de nitrógeno se han mencionado como posibles alternativas. Sin embargo, estudios han demostraron que la fertilización nitrogenada, a pesar de que incrementa la producción de materia seca y el contenido proteínico de los forrajes, no afecta su digestibilidad ni su valor energético (Reid et al., 1959).

Al incluir leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales se puede mejorar la calidad de la ración total, incrementando el contenido de proteína cruda y aumentando el consumo voluntario, que es el factor más importante que controla la producción animal (Clark y Ulyatt, 1984). En Australia, se observó que el consumo voluntario de forrajes de leguminosas es, aproximadamente, un 28% mayor que el de gramíneas tropicales cuando se comparan a un mismo nivel de digestibilidad de la materia seca (Thornton y Minson, 1973). Así mismo, ovejas y vacunos alimentados con forrajes de trébol blanco exhibieron un consumo voluntario de 9% y 43% mayor que bajo pastoreo exclusivo de gramíneas, respectivamente (Ulyatt, 1971).

En otros experimentos (Raun, 1975), se demostró que con la adición de *Stylosanthes a Melinis minutiflora* durante la estación seca, se au-

mentó el consumo total, la digestibilidad de la materia seca e ingestión de materia seca digerible, desde 60% a 100% de lo requerido para mantenimiento en animales bajo manejo sencillo de pastoreo. En Bolivia, Patterson y colaboradores (1983) afirmaron que al complementar con *Leucaena* se incrementa el consumo de gramíneas tropicales. Los investigadores observaron que si novillos cebú-criollo, pastoreando *Hyparrhenia rufa* o *Brachiaria decumbens*, tenían acceso limitado a *Leucaena leucocephala* (20% del área), era posible obtener aumentos significativos en ganancia de peso vivo durante la estación seca (de 0.49 a 0.61 kg/d y de 1.01 a 1.47 kg/d, respectivamente). Sin embargo, se requiere más información de los efectos individuales de leguminosas forrajeras y sus niveles de inclusión sobre el rendimiento de animales en confinamiento alimentados con dietas basadas en gramíneas tropicales. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de la inclusión de leguminosas forrajeras (*Leucaena leucocephala* y *Stylosanthes guianensis*) sobre el consumo voluntario y digestibilidad in vivo de dietas basadas en heno de gramíneas tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Finca Laboratorio Alzamora, en el Recinto Universitario de Mayagüez, y consistió en un ensayo metabólico utilizando corderos como animales experimentales.

Se obtuvo forraje de leguminosas (*Leucaena leucocephala* y *Stylosanthes guianensis*) de 45 a 60 días de rebrote, de las colecciones que el Departamento de Agronomía y Suelos del Recinto Universitario de Mayagüez y la Estación Federal Agrícola, mantienen en los municipios de Lajas y Mayagüez, respectivamente. El forraje se deshidrató al sol y se almacenó previo a su uso para los estudios correspondientes. Los tratamientos consistieron en mezclas que difirieron en la especie y nivel (10, 20 y 40%) de leguminosas en la dieta. Como porción basal y ración testigo se utilizó heno comercial de gramíneas compuesto principalmente por pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y pajón (*Dicanthium annulatum*).

Se utilizaron ocho corderos adultos que se distribuyeron aleatoriamente en jaulas individuales provistas de comederos y bebederos. Además, a cada animal se le colocaron arneses en los cuales se ajustaron bolsas recolectoras de heces.

Se permitió a los corderos un período de adaptación (ocho días) a las condiciones de alojamiento y manejo. Durante ese período, todos los animales recibieron heno comercial de gramíneas y agua fresca ad libitum.

El suministro de forraje se realizó diariamente a la 1:00 p.m. y se ajustó de tal forma que los animales rechazaran un 20% del total ofre-

cido. Los animales se sometieron, por tratamiento, a un período de adaptación de tres días y a un período de recolección experimental de cuatro días. En cada período experimental se cuantificó la cantidad de alimento ofrecido y rechazado por animal y la cantidad de heces producidas, conservándose una muestra (5% del total) para análisis químico posterior. Al finalizar cada período experimental se determinó, en muestras compuestas del alimento ofrecido y rechazado y de heces producidas por animal, el contenido de materia seca, proteína cruda (A.O.A.C., 1975), fibra detergente neutro y fibra detergente ácida (Goering y Van Soest, 1970).

Los datos de consumo voluntario y digestibilidad aparente de los principales nutrimentos, se evaluaron estadísticamente según un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 3×2 (niveles de leguminosas \times especies de leguminosas) con cuatro repeticiones para los tratamientos con 10 y 20% de nivel de inclusión de leguminosas y tres repeticiones para los tratamientos con 40%. Los promedios de los tratamientos se compararon entre sí por medio de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo voluntario de materia seca por los animales aumentó ($P < 0.05$) al incrementar el nivel de leguminosas de 10 a 20% y, aunque mostró la tendencia ($P < 0.05$) a seguir aumentando al incrementarlo a 40%, sólo el consumo de proteína bruta mostró diferencias ($P < 0.05$) entre los tres niveles de inclusión (Cuadro 1). La cantidad de materia seca y nutrimentos consumidos con las dietas con 20 y 40% de inclusión de leguminosas fue superior, en la mayoría de los casos, al consumo voluntario de estos mismos componentes con la ración testigo (100% heno de gramíneas). Estos resultados coinciden con experimentos previos (Elías, 1983; Minson, 1981), que indican que la inclusión de forrajes de leguminosas, a ciertos niveles, incrementa el consumo voluntario de dietas basadas en gramíneas tropicales.

El consumo voluntario de forrajes por parte de los animales es un fenómeno complejo y está influenciado por múltiples factores. En animales alimentados ad libitum, como en este experimento, los animales seleccionaron el forraje que consumieron de acuerdo a preferencias de tipo sensorial (tacto, sabor) y relación tallo/hojas en el forraje ofrecido. De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 1, el aumento en el nivel de inclusión de leguminosas no cambió mayormente el contenido de proteína bruta del forraje consumido (10.0, 9.23 y 10.95% para los niveles 10, 20 y 40% de inclusión de leguminosas, respectivamente), pero disminuyó el contenido de FDN (70.0, 66.1 y

CUADRO 1.—Efecto del nivel de inclusión y especie de leguminosa sobre el consumo voluntario de la materia seca y principales nutrimentos de dietas basadas en gramíneas tropicales.

Alimento	Nivel de inclusión %			Especie (kg/d)	
	10	20	40	SG ¹	LL ²
MS ³	1.50a ⁷	1.60ab	1.74b	1.63p	1.58p
PC ⁴	0.11a	0.13b	0.17c	0.13p	0.15p
FDN ⁵	1.11a	1.11a	1.14a	1.18p	1.06p
FDA ⁶	0.61a	0.65a	0.69a	0.65p	0.63p
Rechazado					
MS	0.50a	0.30b	0.29b	0.33p	0.42p
PC	0.01a	0.01a	0.01a	0.01p	0.02p
FDN	0.41a	0.25b	0.23b	0.26p	0.34p
FDA	0.25a	0.15b	0.14b	0.16p	0.19p
Consumido					
MS	1.00a	1.30b	1.46b	1.30p	1.16p
PC	0.10a	0.12b	0.16c	0.12p	0.13p
FDN	0.70a	0.86ab	0.91b	0.92p	0.72q
FDA	0.36a	0.50b	0.55b	0.49p	0.44p

¹*Stylosanthes guianensis*.

²*Leucaena leucocephala*.

³Materia seca.

⁴Proteína cruda.

⁵Fibra detergente neutro.

⁶Fibra detergente ácida.

⁷Promedios con diferente letra en la misma hilera son significativamente diferentes (P < 0.05), valores de consumo para la ración testigo (100% heno de gramíneas); MS, 1.21; PB, 0.10; FND, 0.89; FAD, 0.48 kg/d.

62.3%) y también afectó el contenido de FDA (36.0, 38.4 y 37.7%, respectivamente). Es posible que la selectividad exhibida por los animales permitió el consumo de fracciones de forraje de mayor velocidad de degradación en el rumen (menor tiempo de retención) lo que, indirectamente, aumenta la capacidad de consumo de los animales.

En otras investigaciones, se ha señalado el proceso de rumia, el tiempo de retención del alimento en el retículo-rumen, el contenido proteico de la dieta y la estructura de la pared celular de los forrajes, como los factores que más influyen sobre el consumo voluntario de los animales. Crampton (1957) indicó que el consumo de forrajes con bajo contenido de proteína fue inferior al obtenido con forrajes con mayor cantidad de este componente, ya que se redujo la fermentación ruminal

y la velocidad de pasaje. Campling (citado por Ruiz y Vázquez, 1983) también relacionó el consumo voluntario con la magnitud del tiempo de estancia del alimento en el retículo-rumen.

Según Ruiz (1985) los principales factores que limitan el consumo voluntario de dietas basadas en gramíneas tropicales son su bajo contenido de proteína bruta (ya que se limita la actividad microbiana por la ausencia de nitrógeno) y su componente fibroso (por la influencia sobre el tiempo de retención en el rumen y su contenido de lignina). Además, señaló que, a pesar de que el contenido de lignina de las leguminosas es similar al de las gramíneas, las leguminosas se digieren más rápidamente y permanecen menos tiempo en el rumen, debido a la mayor densidad de la digesta que presentan y a la mayor velocidad con que se fermentan sus células, factores que, indirectamente, favorecen el consumo voluntario.

Considerando los efectos de las leguminosas, a excepción de la cantidad de paredes celulares (FDN) consumidas, no se detectaron diferencias en el alimento ofrecido, rechazado y consumido entre las dos especies bajo estudio. Esto es indicativo de que, independientemente de la especie utilizada, las mayores diferencias en el consumo voluntario son consecuencia de los diferentes niveles de inclusión (Cuadro 1). No obstante, podría señalarse una mayor selección por parte de los animales de la porción fibrosa de las dietas con *Stylosanthes guianensis* en comparación a las dietas con *Leucaena leucocephala* y que, con la inclusión de ambas especies de leguminosas en la mayoría de los casos se obtuvieron valores de consumo superiores a la ración testigo.

La digestibilidad aparente de la MS, PC, FDN y FDA no se afectó con la incorporación de 10 ó 20% de leguminosas en las mezclas (Cuadro 2). Sin embargo, cuando el nivel de inclusión de leguminosas fue 40%, la digestibilidad aparente de la MS, FDN y FDA aumentó ($P < 0.05$), pero no así la digestibilidad de PC.

Los resultados indican que los efectos del incremento en el nivel de leguminosas en las dietas se relacionan más estrechamente con el consumo voluntario que con su digestibilidad. A pesar de que las diferencias no fueron significativas, se puede observar un aumento en la digestibilidad de la proteína cruda al incrementar el nivel de leguminosas de 10 a 20% y una leve disminución al incrementarlo a 40%. Aparentemente, la población microbiana en el rumen obtuvo sus niveles óptimos de nitrógeno al complementar las dietas de gramíneas con 20% de leguminosas. Una vez que los microorganismos satisfacen sus requerimientos de nitrógeno, se intensifica la degradación de la materia seca total y la porción fibrosa de las dietas (FDN y FDA) aumentando su digestibilidad, lo que confirma que la disponibilidad de

nitrógeno se relaciona con la utilización de los otros nutrientes en el sustrato (Hespell y Bryant, 1979).

Asimismo, se podría inferir que con el 40% de inclusión de leguminosas, la disponibilidad de nitrógeno a nivel ruminal no sería un factor limitante para el crecimiento y actividad microbiana. Bajo estas condiciones, sería dependiente de la disponibilidad de energía que debe obtenerse de la fermentación de los carbohidratos estructurales y traería como consecuencia una mayor digestibilidad aparente de FDN y FDA.

A pesar de que la mayor parte de la degradación de los carbohidratos estructurales se lleva a cabo en el rumen, gran parte de los microorganismos pasan al tracto digestivo posterior (en asociación con fibra que no ha sido digerida en el rumen) enriqueciendo la población microbiana del ciego e intestino grueso. Estos microorganismos desempeñan un papel importante en la digestión de celulosa y hemicelulosa a nivel post-ruminal, siendo de particular importancia en ovinos. Según Elías (1983) el ciego y el intestino grueso juegan un papel importante en la digestión de la celulosa que sobrepasa el retículo-rumen, y las fermentaciones que allí ocurren son tan eficientes en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) como las fermentaciones que se realizan a nivel pre-gástrico.

Otros investigadores también han aportado evidencia sustancial de la utilización post-ruminal de carbohidratos estructurales en ovinos. Los estudios realizados por Reid y colaboradores (citados por Elías, 1983) demuestran que en el ciego existe la misma concentración de bacterias capaces de fermentar hemicelulosa que en el rumen. Packett y colaboradores (1966) encontraron que la producción de AGV en el rumen, el ciego y el colon de corderos castrados era similar, mientras Warner y colaboradores (1972), demostraron la existencia de una degradación post-ruminal de celulosa en corderos, al suministrar ésta a través de una cánula abomasal.

Estos señalamientos permiten inferir que los corderos hacen un uso eficiente de las paredes celulares a nivel pre y post-gástrico y que si el amonio producido a nivel ruminal llegara a ser limitante para la producción de proteína microbiana, la microflora sobrepasante sería capaz de utilizar eficientemente la proteína endógena para realizar fermentaciones en el tracto digestivo posterior.

Hubo diferencias ($P < 0.05$) en la digestibilidad de la MS, FDN y FDA atribuibles a la especie de leguminosa incluida en la mezcla (Cuadro 3). Se pudo observar que las mezclas que incluyeron *Leucaena* fueron más digeribles que las que incluyeron *Stylosanthes*. A pesar de que no hubo efectos sobre la digestibilidad de la proteína cruda, apa-

rentemente existe una relación directa entre su digestibilidad y la digestibilidad de la materia seca y de las fracciones fibrosas de las dietas. Este efecto de la especie de leguminosa sobre la digestibilidad podría atribuirse a la existencia de efectos asociativos en la degradabilidad de los carbohidratos estructurales de las especies. Aunque también es posible que, al menos en parte, se deba a diferencias en consumo (Cuadro 1).

Aunque no se detectaron interacciones ($P > 0.05$) entre nivel y especie de leguminosa sobre el consumo voluntario de las dietas, sí hubo interacción entre nivel y especie de leguminosa sobre la digestibilidad aparente de la materia seca y de los principales nutrientes (Figura 1). La digestibilidad en todas las variables estudiadas se incrementó a medida que se incrementó el nivel de inclusión de *Stylosanthes guianensis* (SG). Sin embargo, cuando se utilizó *Leucaena leucocephala* (LL), la digestibilidad de la materia seca y de la FDN disminuyó ligeramente al aumentar el nivel de *Leucaena* de 10 a 20%, pero se incrementó significativamente cuando *Leucaena* constituyó el 40% de las mezclas. La

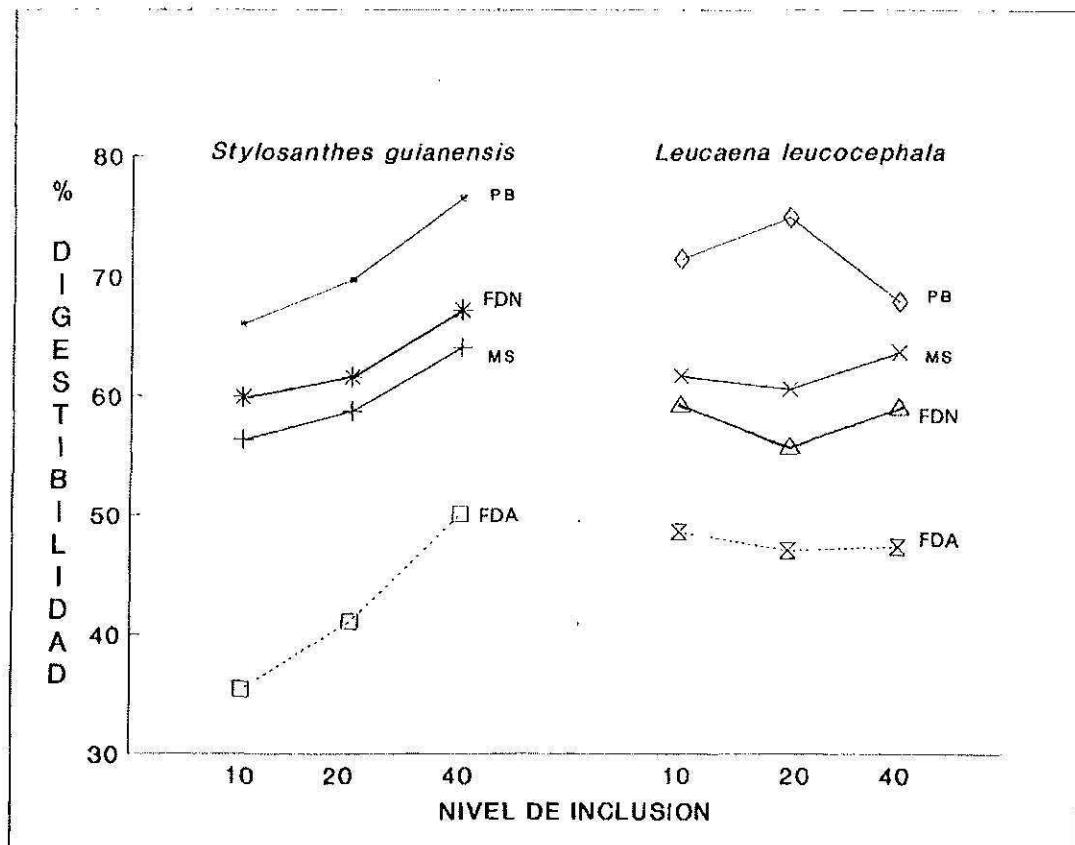


FIGURA 1. Interacción entre el nivel y especie de leguminosa sobre la digestibilidad aparente de la materia seca y principales nutrientes de dietas basadas en gramíneas tropicales.

CUADRO 2.—Efectos del nivel de inclusión de leguminosas sobre la digestibilidad aparente de la materia seca y principales nutrimentos de dietas basadas en gramíneas tropicales.

Nivel de inclusión %	Digestibilidad %			
	MS ¹	PC ²	FDN ³	FDA ⁴
10	58.98a ⁵	68.74a	59.52a	41.97a
20	59.61a	72.29a	58.61a	44.03ab
40	63.81b	71.12a	63.52b	48.65b

¹Materia seca.

²Proteína cruda.

³Fibra detergente neutro.

⁴Fibra detergente ácida.

⁵Promedios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$); valores de digestibilidad para grupo control DMS, 60.35; PC, 68.65; FDN, 59.90; FDA, 46.41.

digestibilidad de la FDA tendió a disminuir con el aumento de esta leguminosa en la mezcla. Finalmente, la digestibilidad de la PC se incrementó cuando el nivel de *Leucaena* aumentó de 10 a 20% y drásticamente disminuyó cuando el nivel de *Leucaena* aumentó a 40%.

En general, la digestibilidad de la materia seca fue similar para ambas especies de leguminosas a través de los niveles de inclusión (Figura 1). Sin embargo, la digestibilidad de la FDN fue superior en las mezclas con *Stylosanthes* mientras que la digestibilidad de la FDA fue mayor en las mezclas que incluyeron *Leucaena*, excepto cuando el *Stylosanthes* se añadió al 40%. Estos resultados indican que pueden existir diferencias

CUADRO 3.—Efectos de la especie de leguminosas sobre la digestibilidad aparente de la materia seca y principales nutrimentos de dietas basadas en gramíneas tropicales.

Especie	Digestibilidad %			
	MS ¹	PC ²	FDN ³	FDA ⁴
<i>Stylosanthes guianensis</i>	59.36a ⁵	70.26a	58.33a	41.48a
<i>Leucaena leucocephala</i>	61.88b	71.37a	62.57b	47.71b

¹Materia seca.

²Proteína cruda.

³Fibra detergente neutro.

⁴Fibra detergente ácida.

⁵Promedios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

físico-químicas en la estructura de la pared celular entre ambas leguminosas, lo cual puede estar relacionado con su degradabilidad por parte de los microorganismos ruminales. Considerando que la digestibilidad de las mezclas fue similar al incluir leguminosas al 10 ó 20% y sólo se aumentó cuando el nivel de inclusión llegó a 40% (Cuadro 2), y que el consumo de materia seca aumentó con cada incremento en la inclusión de leguminosas (Cuadro 1), es posible inferir que el efecto de la adición de leguminosas se debió a una mayor velocidad del paso de la ingesta, causada por un aumento en la tasa de degradación del material en el rumen. Existe evidencia (Thornton y Minson, 1973) de que el tiempo de retención de la materia seca en el rumen de animales es menor cuando se les alimenta con mezclas de gramíneas y leguminosas que cuando reciben únicamente gramíneas. Este efecto fue aparentemente mayor cuando se utilizó *Stylosanthes* lo cual explicaría, al menos parcialmente, los menores valores de digestibilidad aparente obtenidos al incluir esta especie en las mezclas.

La inclusión de leguminosas en dietas basadas en gramíneas tropicales podría mejorar el comportamiento productivo de rumiantes, principalmente debido a un mayor consumo de alimento. Los efectos de la inclusión de leguminosas en las mezclas con gramíneas sobre la digestibilidad de los principales componentes nutricionales, dependerán de la especie de leguminosa y del nivel de inclusión, lo cual podría relacionarse con las diferencias en estructura físico-química de las paredes celulares, tasa de degradación del material en el rumen y velocidad del paso de la digesta por el tracto digestivo.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C., 1975. Official Methods of Analysis. 12th Edition. Association of Official Agricultural Chemist. Washington, D.C., U.S.A.
- Bond, B. J., 1982. Recent development in fertilizer technology. 1st Conference on Fertilizer Technology Transfer in Puerto Rico, National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama. Bull. Y-175 TVA/OACD-83/4. 29 p.
- Clark, D. A. and M. J. Ulyatt, 1984. Utilization of forage legumes in ruminant livestock production in New Zealand, *In: Forage Legumes for Energy-Efficient Animal Production*, Proc. of a trilateral workshop held in Palmerston North, N.Z.
- Crampton, E. W., 1957. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. *J. Anim. Sci.* 16:546.
- Elías, A., 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales, *En: Los Pastos en Cuba*. Tomo 2, Utilización. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest., 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook N° 379. Agricultural Research Center, U.S.D.A.
- Hespell, R. B. and M. P. Bryant, 1979. Efficiency of rumen microbial growth: Influence of some theoretical and experimental factors on Y^{ATP} , *J. Anim. Sci.* 49:1640.

- Minson, D. J., 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures, *In: Morley, F. H. W. (Ed.). Grazing Animals.* Elsevier North-Holland Inc., New York, N.Y.
- Packett, L. V., L. L. Myres and H. D. Jackson, 1966. Gastrointestinal content and mucosal oxidation of volatile fatty acids in sheep. *J. Anim. Sci.* 24:826.
- Patterson, R. J., L. Quiroga, G. Sauma y C. Samur, 1983. Dry season growth of cebucriollo steers with limited access to *Leucaena*. *Trop. Anim. Prod.* 8:138.
- Raun, N. S., 1975. Leguminosas y asociaciones de gramíneas y leguminosas en el trópico americano. Novena Conferencia Sobre Ganadería y Avicultura en América Latina. Univ. Fl., Gainesville, Florida.
- Reid, J. T., W. K. Kennedy, K. L. Turk, S. T. Slack, G. W. Trimberger and R. P. Murphy, 1959. Effect of growth stage, chemical composition and physical properties upon the nutritive value of forages. *J. Dairy Sci.* 42:567.
- Ruiz, R., 1985. Fisiología del consumo voluntario en el rumiante, *En: Bioquímica Nutricional, Fisiología Digestiva y Metabolismo Intermediario en Animales de Granja.* Unidad de Producción N° 2 del EIMAV, Empresa de Producción y Servicio del Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba.
- Ruiz, R. y C. M. Vázquez, 1983. Consumo voluntario de pastos y forrajes tropicales, *En: Los Pastos en Cuba. Tomo 2, Utilización.* Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie, 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd Edition. McGraw Hill, New York, N.Y.
- Tergas, L. E. and W. G. Blue, 1971. Nitrogen and phosphorus in Jaragua grass [*Hyparrhenia rufa* (Nees) stapf] during dry season in a tropical savanna as affected by nitrogen fertilization. *Agron. J.* 63:6.
- Thornton, R. F. and D. J. Minson, 1973. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legumes and grass diets in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 24:889.
- Ulyatt, M. J., 1971. Studies on the cause of the differences in pasture quality between perennial ryegrass, short-rotation ryegrass, and white clover. *N.Z. J. Agric. Res.*, 14:352.
- Warner, R. L., G. E. Mitchell and C. O. Little, 1972. Post-ruminal digestion of cellulose in wethers and steers. *J. Anim. Sci.* 34:161.