

Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. I. Composición química y degradación in vitro

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

J. Agric. Univ. P.R. 82(1-2):25-38 (1998)

RESUMEN

Se realizó un experimento para determinar los efectos de la inclusión individual de cuatro especies de leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *Stylosanthes guianensis*, *Centrosema pubescens* Benth, *Neonotonia wightii*) a niveles de 0, 5, 10, 20 y 40% de materia seca, sobre la composición química (proteína cruda, PC; fibra detergente neutro, FDN; fibra detergente ácida, FDA) y degradación in vitro de la materia seca (DIVMS) de las mezclas de estas leguminosas con cuatro especies de gramíneas (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, *Panicum maximum* Jacq., *Pennisetum purpureum* Schum y *Sorghum bicolor* (L.) Moench). De las especies de leguminosas evaluadas *Leucaena leucocephala* presentó el mayor PC mientras que *Centrosema pubescens* mostró la mayor DIVMS. Los valores promedio de PC y DIVMS para las cuatro leguminosas fueron: *Leucaena leucocephala* 21.98 y 68.09; *Stylosanthes guianensis*, 13.70 y 63.44; *Centrosema pubescens*, 18.29 y 68.60; y *Neonotonia wightii*, 16.72 y 66.64%, respectivamente. Para las gramíneas los promedios fueron: *Cynodon nlemfuensis*, 8.27 y 61.38; *Panicum maximum*, 7.64 y 60.06; *Pennisetum purpureum*, 8.02 y 53.47; y *Sorghum bicolor*, 7.57 y 59.62%. El contenido de FDN y FDA fue mayor en las gramíneas (*Cynodon nlemfuensis*, 73.04 y 45.45; *Panicum maximum*, 65.27 y 49.06; *Pennisetum purpureum* 69.26 y 51.88; y *Sorghum bicolor* 60.24 y 50.99%, respectivamente) que en las leguminosas (*Leucaena leucocephala*, 50.52 y 28.50; *Stylosanthes guianensis* 52.57 y 36.63; *Centrosema pubescens* 58.43 y 34.84; y *Neonotonia wightii* 54.11 y 33.23%, respectivamente). En las mezclas, la composición química varió de acuerdo con las especies que las integraron y a la proporción de cada una de las especies en la mezcla. Sin embargo, la DIVMS no estuvo relacionada directamente con la degradación individual de las especies, presentándose efectos asociativos de tipo antagónico en la mayoría de las mezclas.

ABSTRACT

Forage legumes included in diets with tropical grasses. I.
Chemical composition and in vitro digestibility

An experiment was conducted to determine the effects of including legume species (*Leucaena leucocephala*, *Stylosanthes guianensis*, *Centrosema pubescens* Benth or *Neonotonia wightii*) at levels of 0, 5, 10, 20,

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 30 de octubre 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.

and 40% of the dry matter on the chemical composition (crude protein, CP neutral detergent fiber, NDF; acid detergent fiber, ADF) and on in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of mixtures of each legume with four grass species (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, *Panicum maximum* Jacq., *Pennisetum purpureum* Schum., or *Sorghum bicolor* (L.) Moench). Of the legume species included, *Leucaena leucocephala* and *Centrosema pubescens* had the highest CP content and IVDMD, respectively. For the legumes, the mean CP and IVDMD values, respectively, were *Leucaena leucocephala*, 21.98 and 68.09; *Stylosanthes guianensis*, 13.70 and 63.44; *Centrosema pubescens*, 18.29 and 68.60; and *Neonotonia wightii*, 16.72 and 66.64%. For the grasses, they were, respectively, *Cynodon nlemfuensis*, 8.27 and 61.38; *Panicum maximum*, 7.64 and 60.06; *Pennisetum purpureum*, 8.02 and 53.47; and *Sorghum bicolor*, 7.57 and 59.62%. Neutral detergent fiber and ADF contents were higher in the grasses (*Cynodon nlemfuensis*, 73.03 and 44.45; *Panicum maximum*, 65.27 and 49.06; *Pennisetum purpureum*, 69.26 and 51.88; and *Sorghum bicolor*, 60.24 and 50.99%, respectively) than in the legumes (*Leucaena leucocephala*, 50.52 and 28.50; *Stylosanthes guianensis*, 52.57 and 36.63; *Centrosema pubescens*, 58.43 and 34.84; and *Neonotonia wightii*, 54.11 and 33.23%, respectively). The chemical composition of the forages varied according to the relative proportions of the species included, as expected. However, the effects on IVDMD were not additive; rather, associative effects, mainly antagonistic, were observed in most of the mixtures.

Key words: forages, legumes, grasses, in vitro digestibility

INTRODUCCIÓN

A pesar de que la importancia del valor nutritivo de las leguminosas forrajeras y sus asociaciones con gramíneas tropicales ha sido reconocida desde que se inició la investigación sobre pastos y forrajes en Puerto Rico (Axtmayer et al., 1938); las gramíneas tropicales han sido las especies más utilizadas entre los distintos forrajes que se pueden incorporar a la dieta de los rumiantes (Vicente-Chandler et al., 1983).

En numerosas ocasiones se han mencionado las limitaciones de las gramíneas tropicales en lo que a su productividad y valor nutritivo se refiere. La composición química de una gran cantidad de especies de gramíneas tropicales presentan contenidos proteicos alrededor de 3 y 4% durante los meses secos del año y, ocasionalmente, este contenido disminuye a 1 ó 2% en épocas secas prolongadas (Crowder y Chheda, 1982). En Colombia (Anónimo, citado por Villaquirán y Lascano, 1986), se demostró que el suministro de nitrógeno es deficiente durante la estación seca, cuando las gramíneas presentan contenidos de proteína bruta inferiores a 7%. Esto podría afectar la actividad de los microorganismos celulolíticos del rumen, causando una utilización incompleta de los carbohidratos estructurales, una menor razón de pasaje, y una reducción significativa en la digestibilidad y el consumo voluntario de los animales (Van Soest, 1982; Crowder y Chheda, 1982; Milford y Minson, citados por Ruiz y Vázquez, 1983).

La inclusión de forrajes de leguminosas en dietas basadas en gramíneas tropicales aumenta el nivel de proteína de la ración, el consumo de

energía por parte del animal y la disponibilidad de forrajes a través de todo el año, sobre todo durante la estación seca cuando las gramíneas maduran rápidamente y su valor nutritivo no es suficiente para sostener la producción animal (Minson, 1984). En experimentos previos, se ha demostrado que animales pastoreando predios de asociaciones entre gramíneas y leguminosas dan un mejor rendimiento por cabeza que aquellos en pastos de gramíneas fertilizados con nitrógeno (Reed, citado por Marten, 1984) y que el crecimiento del ganado bajo pastoreo se relaciona positivamente con la inclusión de leguminosas en pasturas tropicales (Bryan, citado por Humphreys, 1977). Sin embargo, se requiere más información sobre los efectos de especies individuales de leguminosas forrajeras y sus niveles de inclusión óptimo sobre dietas basadas en gramíneas tropicales. El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la inclusión, a diferentes niveles, de cuatro leguminosas forrajeras sobre la composición química y degradación in vitro de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de forraje de cuatro especies de gramíneas tropicales; yerba estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), yerba guinea (*Panicum maximum* Jacq.), yerba elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) y sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y de cuatro especies de leguminosas forrajeras; *Leucaena leucocephala*, *Stylosanthes guianensis*, *Centrosema pubescens* y *Neonotonia wightii*, de 45 a 60 días de crecimiento, se obtuvieron de la colección que el Departamento de Agronomía y Suelos del Recinto Universitario de Mayagüez-UPR mantiene en la subestación Experimental de Lajas. El forraje se trozó en pequeñas fracciones y se secó a 65°C hasta que alcanzó un peso constante, luego se molió (cedazo de 1 mm) y se almacenó para los análisis correspondientes.

Las especies de gramíneas tropicales se utilizaron como parte basal de las mezclas y las especies de leguminosas forrajeras a cinco niveles (0, 5, 10, 20 y 40% del peso seco de la mezcla) se utilizaron como complemento. En todas las especies y tratamientos, se determinó el contenido de proteína bruta (A.O.A.C., 1975), fibra detergente neutro y fibra detergente ácida (Goering y Van Soest, 1970).

La degradación de la materia seca se determinó mediante técnicas in vitro. Se utilizaron muestras de 0.5 g en tubos de plástico de 90 ml de capacidad. A cada tubo se le añadió 20 ml de una solución amortiguadora que se preparó de acuerdo a la fórmula de saliva artificial de Menke y Steingass (1988) y 20 ml de líquido ruminal obtenido de animales sacrificados. Las soluciones se saturaron con CO₂ y se

mantuvieron a 38°C. Las digestiones fueron detenidas a las 48 horas con la adición de 1 ml de metafosfato de sodio (Na_2HPO_3) y el material no digerido fue separado por centrifugación. La degradación de la materia seca se calculó como el cociente entre el peso del material digerido y el peso del material inicial.

Los datos de composición química y degradación in vitro se evaluaron estadísticamente por análisis de variancia según un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 4 (especies de gramíneas) \times 4 (especies de leguminosas) \times 5 (niveles de leguminosas en la mezcla) con tres repeticiones por tratamiento. Los promedios de tratamientos se compararon entre sí mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de proteína cruda (PC, 17.67%) y degradación in vitro de la materia seca (DIVMS, 66.69%) fueron mayores en las especies de leguminosas forrajeras (Cuadro 1). Los valores más altos se obtuvieron en *Leucaena leucocephala* (21.98 y 68.09%) y *Centrosema pubescens* (18.29 y 68.60%) y los más bajos en *Stylosanthes guianensis* (13.70 y 63.44%, respectivamente). Los promedios de PC y DIVMS en las gramíneas tropicales fueron de 7.87 y 58.63%, respectivamente, obteniéndose valores similares para cada una de las especies, a excepción de la DIVMS de *Pennisetum purpureum* (53.47%) que resultó inferior al resto de las especies.

El contenido promedio de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) fue mayor en las especies de gramíneas tropicales que en las leguminosas, observándose diferencias de 13.05% y de 16.01% para FDN y FDA, respectivamente. En general, la DIVMS y el contenido de carbohidratos estructurales en las especies evaluadas está dentro de los promedios descritos por Minson y McLeod (1970) y Vicente-Chandler et al. (1983) para leguminosas y gramíneas tropicales, respectivamente.

La adición de leguminosas aumentó ($P < 0.05$) el porcentaje de proteína bruta y disminuyó los porcentajes de fibra detergente neutro y fibra detergente ácida de las mezclas en relación directa a su nivel de inclusión (Cuadro 2). Lo que resultó lógico dada la composición química individual de las especies forrajeras evaluadas. Otros investigadores que han evaluado mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales (Minson, 1984), han demostrado efectos similares del nivel de inclusión de leguminosas sobre la composición química de las mezclas y han mencionado que existe una relación directa entre la proporción de leguminosas en la mezcla y el valor nutritivo de ésta. En este estudio,

CUADRO 1.— *Composición química y degradación in vitro de la materia seca (DIVMS) de especies forrajeras.*

Espece Forrajera	PC ¹	FDN ²	FDA ³	DIVMS ⁴
----- % -----				
Gramíneas				
<i>C. nlemfuensis</i>	8.27	73.04	45.45	61.38
<i>P. maximum</i>	7.64	65.27	49.06	60.06
<i>P. purpureum</i>	8.02	69.26	51.88	53.47
<i>S. bicolor</i>	7.57	60.24	50.99	59.62
Promedio General	7.87	66.95	49.34	58.63
Leguminosas				
<i>L. leucocephala</i>	21.98	50.52	28.50	68.09
<i>S. guianensis</i>	13.70	52.57	36.63	63.44
<i>C. pubescens</i>	18.29	58.43	34.84	68.60
<i>N. wightii</i>	16.72	54.11	33.23	66.64
Promedio General	17.67	53.90	33.33	66.69

¹Proteína cruda.

²Fibra detergente neutro.

³Fibra detergente acida.

⁴Degradación in vitro de la materia seca.

sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en la degradación in vitro de la materia seca obtenida (DIVMSO), observándose que el aumento en el nivel de inclusión de leguminosas forrajeras desde 0 hasta 20%, tendió a disminuir la DIVMSO de las mezclas. Al nivel de inclusión de leguminosas de 40%, la DIVMSO tendió a aumentar pero no llegó a igualar la DIVMSO de las gramíneas solas. También se pudo observar que en todos los casos la DIVMSO fue inferior a la degradación in vitro de la materia seca estimada (DIVMSE), calculada a partir de la degradación de cada especie bajo estudio y su proporción en las diferentes mezclas. Esto permite inferir que la inclusión de leguminosas a diferentes niveles, a pesar de que produce cambios aparentemente beneficiosos en la composición química de las mezclas, no asegura un incremento en la degradación. Estos resultados pueden deberse a un desbalance proteínico-energético en el medio de incubación, ocasionado, probablemente, por una baja disponibilidad de carbohidratos de fácil degradación en las mezclas (en comparación a la cantidad de carbohidratos estructurales o de lenta degradación). El resultado de ello

CUADRO 2.—Efectos del nivel de inclusión de leguminosas forrajeras sobre la composición química y degradación in vitro (DIVMS) de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales.

Nivel de inclusión	PC ¹	FDN ²	FDA ³	DIVMSO ⁴	DIVMSE ⁵	Diferencia ⁶
	----- % -----					
0	7.87a ⁷	66.95a	49.34a	58.63a	58.63	—
5	8.33b	65.95b	48.35a	57.08a	59.06	-1.94
10	8.91c	64.55c	47.66c	56.34a	59.40	-3.06
20	10.04d	63.46d	47.61d	56.64a	60.10	-3.54
40	12.08e	60.33e	43.32e	58.23a	61.75	-3.52

¹Proteína cruda.

²Fibra detergente neutro.

³Fibra detergente ácida.

⁴Degradación in vitro obtenida de la materia seca.

⁵Degradación in vitro estimada de la materia seca.

⁶Diferencia entre DIVMSO y DIVMSE.

⁷Promedios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

sería una deficiencia de energía en relación al nitrógeno adicionado proveniente de las especies de leguminosas. Estos desbalances proteínico-energéticos a nivel ruminal no permiten la utilización total del amonio producido por la degradación de las proteínas, limitando el crecimiento microbiano y reduciendo, en consecuencia, la digestibilidad de la MS (Hespell y Bryant, 1979; Van Soest, 1982).

En otras investigaciones se ha mencionado la importancia de un balance proteínico-energético para incrementar la digestibilidad de la materia seca. Según Langlands (citado por Riquelme, 1984), la respuesta positiva a la suplementación con nitrógeno se observa sólo a ciertos niveles y depende de la suplementación simultánea con energía. Loosli y McDonald (citados por Alanis, 1989) señalaron que una relación adecuada de energía-proteína se refleja en un aumento en el crecimiento microbiano, manifestándose en un incremento en la digestibilidad de la MS. En estudios realizados por Hino y Russel (1987) se demostró que al existir substratos energéticos altamente disponibles la utilización del nitrógeno es más eficiente para la síntesis de proteína microbiana y para incrementar la tasa de desaparición de la MS.

Los efectos principales de las especies forrajeras (leguminosas y gramíneas) sobre la composición química y DIVMSO de las mezclas bajo estudio se presentan en la Cuadros 3 y 4. Se detectaron diferencias ($P < 0.05$) en el contenido de PC, atribuible a la relación directa entre el contenido proteínico de cada especie en particular (Cuadro 1) y su aportación a las mezclas, destacándose *Leucaena leucocephala* y *Stylosanthes guianensis*, entre las leguminosas, y *Cynodon nlemfuensis* y *Sorghum bicolor*, entre las gramíneas, como las especies de mayor y menor valor proteínico, respectivamente.

El contenido promedio de FDN y FDA fue similar entre las especies de leguminosas, detectándose diferencias ($P < 0.05$) solamente en mezclas con *Centrosema pubescens* (FDN) y *Leucaena leucocephala* (FDA). En cambio, dentro de cada una de las gramíneas tropicales, se observó una tendencia similar entre sus valores individuales (Cuadro 1) y su efecto sobre las mezclas ($P < 0.05$).

No se detectaron diferencias en la DIVMSO atribuibles a las distintas especies de leguminosas al ser incorporadas a las mezclas con gramíneas tropicales. Sin embargo, se pudo observar que, en todos los casos, la DIVMSO fue inferior a la DIVMSE.

Estos resultados indican la existencia de efectos asociativos entre las especies forrajeras (gramíneas y leguminosas), o sea que la combinación de éstas en una misma ración produce una degradación mayor (efecto sinergista) o menor (efecto antagónico) que la degradación teórica. Otros investigadores (Asplund y Hanis, 1971; Gutiérrez et al., 1986) han mencionado la existencia de efectos asociativos o interaccio-

CUADRO 3.—Efectos de la especie de leguminosa sobre la composición química y degradación in vitro (DIVMS) de mezclas de gramíneas y leguminosas.

Leguminosa	PC ¹	FDN ²	FDA ³	DIVMSO ⁴	DIVMSE ⁵	Diferencia ⁶
	----- % -----					
<i>L. leucocephala</i>	10.35a ⁷	63.58a	46.37a	58.42a	60.04	-1.62
<i>S. guianensis</i>	8.69b	64.31a	47.01b	56.81a	59.81	-3.00
<i>C. pubescens</i>	9.56c	65.29b	47.13b	57.22a	59.97	-2.75
<i>N. wightii</i>	9.20d	63.81a	47.44b	57.10a	59.83	-2.73

¹Proteína cruda.

²Fibra detergente neutro.

³Fibra detergente ácida.

⁴Degradación in vitro de la materia seca obtenida.

⁵Degradación in vitro de la materia seca estimada.

⁶Diferencia entre DIVMSO y DIVMSE.

⁷Promedios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

CUADRO 4.—Efectos de la especie de gramíneas sobre la composición química y degradación in vitro (DIVMSO) de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales.

Gramínea	PC ¹	FND ²	FAD ³	DIVMSO ⁴	DIVMSE ⁵	Diferencia ⁶
	----- % -----					
<i>C. nlemfuensis</i>	9.85a ⁷	69.15a	43.51a	62.03a	62.13	-0.10
<i>P. maximum</i>	9.33bc	62.09b	46.83b	56.87b	61.01	-4.14
<i>P. purpureum</i>	9.50b	66.83c	49.35c	50.34c	55.41	-5.07
<i>S. bicolor</i>	9.11c	58.92d	48.33d	60.38a	60.64	-0.26

¹Proteína cruda.

²Fibra detergente neutro.

³Fibra detergente acida.

⁴Degradación in vitro obtenida de la materia seca.

⁵Degradación in vitro estimada de la materia seca.

⁶Diferencia entre DIVMSO y DIVMSE.

⁷Promedios con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P < 0.05).

nes entre ingredientes al evaluar la degradación in vitro de diferentes sustratos suplementados con fuentes energéticas o nitrogenadas.

Según Riquelme (1984), estos efectos asociativos están estrechamente relacionados a las diferencias en la actividad fermentativa de la población microbiana en el rumen, ocasionadas por la disponibilidad de sustratos en el medio. Además, mencionó que las mayores variaciones se han observado entre los ingredientes que aportan energía, particularmente en la fracción potencialmente digestible de la pared celular (Van Soest, 1982).

De acuerdo con Hardy (1985), la fracción menos digerible (pared celular) se encuentra formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (complejo ligno-hemi-celulósico), compuestos que se relacionan química y físicamente y que difieren en su proporción y asociación entre ellos dentro de los distintos alimentos. Pigden y Heaney (1969) manifestaron que, de acuerdo a esta composición, se pueden distinguir tres categorías de utilización en las paredes celulares. Una fracción no aprovechable (representada por lignina); la fracción normalmente digerible, que está dada por los carbohidratos estructurales no lignificados y accesibles a la degradación microbiana; y la fracción difícil, pero potencialmente digerible, la cual incluye los carbohidratos que normalmente no son aprovechables y que por tratamientos apropiados podrían serlo.

Como resultado del alto contenido de pared celular en los forrajes, la diferenciación de estas tres fracciones es de importancia notoria. Por ello sería posible atribuir parte de la variación en DIVMS a diferencias en la constitución químico-física de la pared celular de las especies forrajeras en las mezclas.

Al comparar la DIVMSO y DIVMSE de las mezclas, según especie de gramíneas base (Cuadro 4), hubo evidencia de efectos antagónicos y sólo se observaron semejanzas entre DIVMSO y DIVMSE cuando *Cynodon nlemfuensis* y *Sorghum bicolor* se usaron como base de las mezclas. Debido a la naturaleza de este estudio, no fue posible determinar las causas de este fenómeno. Sin embargo, es probable que en estas dos especies haya existido una mayor susceptibilidad de sus componentes estructurales para ser utilizados como fuente de energía por los microorganismos, lo que les permitió establecer un mejor equilibrio con la proteína aportada por las leguminosas.

Hubo interacciones significativas (datos no presentados) entre el nivel de inclusión y especie de leguminosas ($P < 0.05$) para cada una de las tres variables indicativas de la composición química (PB, FDN y FDA). Las tendencias fueron similares para todas las especies, predominando *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis* como las de

mejor composición química entre las leguminosas y gramíneas, respectivamente. No obstante, para ninguno de los casos se detectaron diferencias significativas en la DIVMSO.

Al evaluar las interacciones entre el nivel de inclusión de leguminosas y las especies forrajeras bajo estudio en conjunto, solamente se detectaron efectos significativos para FDA ($P < 0.05$), lo que tiende a indicar que las diferencias en la degradación de la pared celular y fracción ligno-celulosa pueden ser las responsables de las discrepancias observadas entre la DIVMSO y la DIVMSE de las mezclas.

Según Hardy (1985), la presencia de enlaces covalentes entre los componentes de la fracción lignocelulósica y la unión con minerales y otras sustancias contribuyen a impedir el ataque de la pared celular por parte de las enzimas microbianas, lo que disminuye la susceptibilidad de la fibra a degradarse.

En la Figura 1 se presentan las diferencias porcentuales entre la DIVMSO y DIVMSE de las diferentes mezclas bajo estudio. Se puede observar que, independientemente del nivel y especie de leguminosa, sólo se obtuvieron efectos sinérgicos para algunas combinaciones de

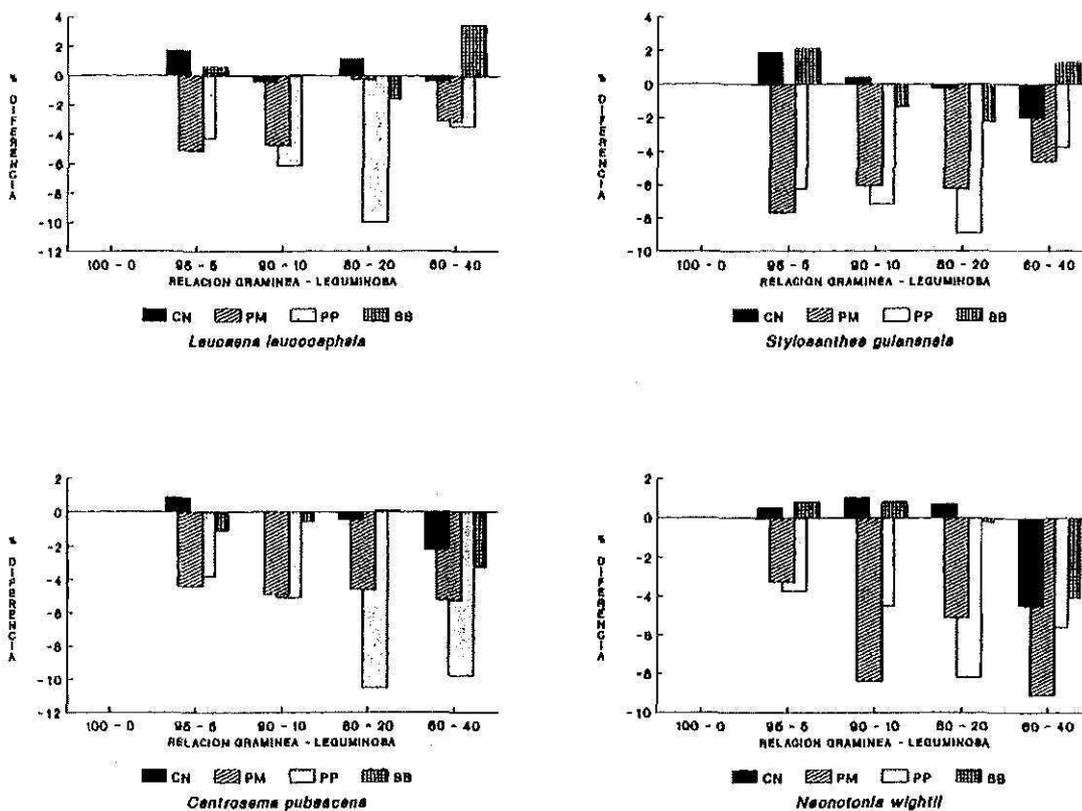


FIGURA 1. Diferencia en degradación in vitro (obtenida y estimada) entre las diferentes mezclas de forrajeras.

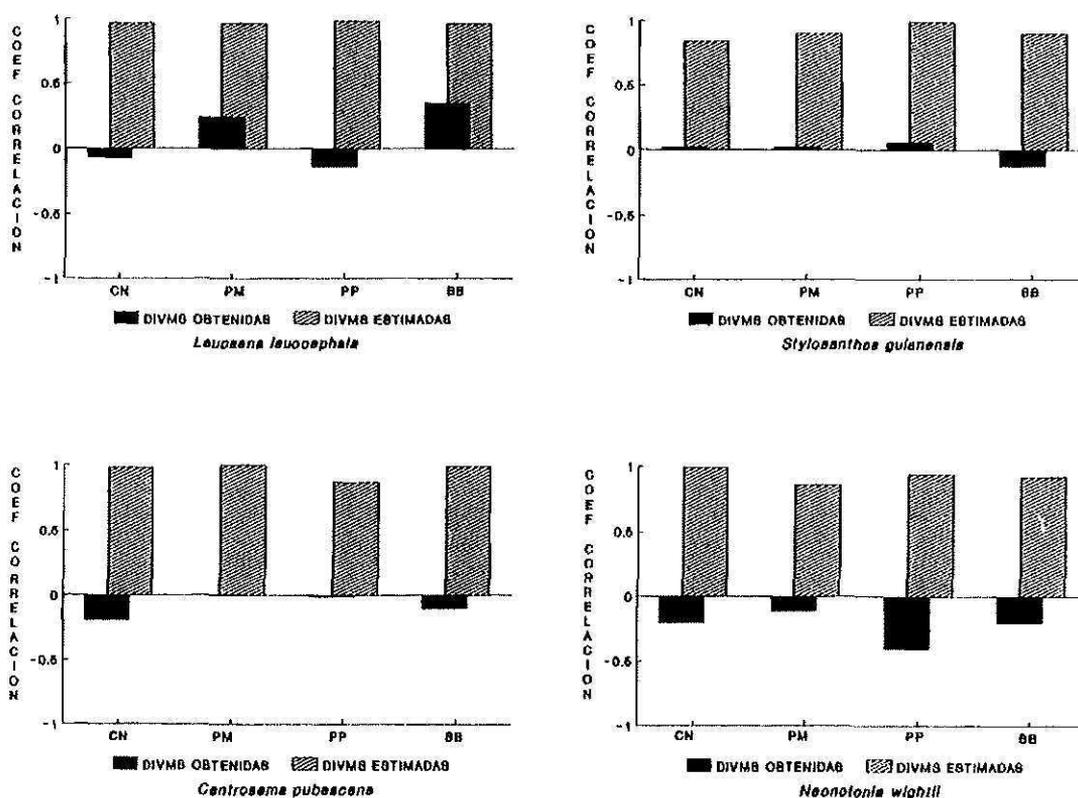


FIGURA 2. Correlación entre proteína cruda y degradación in vitro (obtenida y estimada) para las diferentes mezclas de forrajeras.

Cynodon nlemfuensis y *Sorghum bicolor*, lo que tiende a indicar que las mayores diferencias ocurren debido a la especie de gramínea y, entre éstas, a la asociación de sus componentes en la fracción lignocelulósica.

Para determinar el grado de asociación entre la degradación in vitro de la MS (tanto obtenida como estimada) y los porcentajes de PC y FDA, se realizaron análisis de correlación simple para cada una de las mezclas bajo estudio (Figuras 2 y 3). Los resultados indicaron que, al menos teóricamente, la degradación debería relacionarse positivamente con el contenido de PC y negativamente con el contenido de FDA, al calcularse valores de $r = 0.94$ y -0.87 , respectivamente, con la DIVMSE, en todas las mezclas bajo estudio. Sin embargo, en términos reales, los resultados no mostraron ninguna relación entre DIVMSO y los dos componentes en particular ($r = -0.02$ y 4.05 para PC y FAD, respectivamente). Por lo tanto se podría inferir que no es posible estimar la DIVMS de mezclas forrajeras basado en un componente químico en particular, haciéndose necesario determinar el grado de asociación entre sus componentes y su disponibilidad a nivel ruminal.

La inclusión de leguminosas en las mezclas con gramíneas tropicales produjo los cambios esperados en la composición química de las

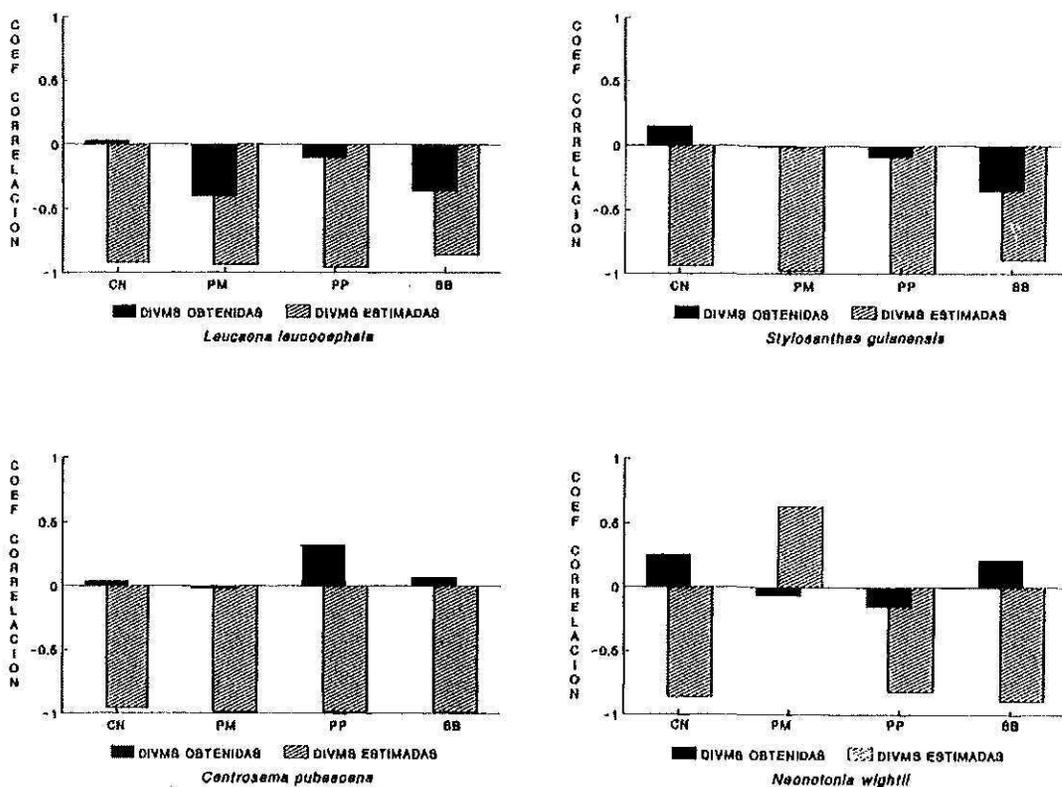


FIGURA 3. Correlación entre fibra detergente ácida y degradación in vitro (obtenida y estimada) para las diferentes mezclas de forrajes.

mismas, pero no se observó un efecto claro ni significativo sobre la degradación in vitro. Esta estuvo más relacionada con el contenido de FDA que de FDN o PC de las mezclas. Además, se detectaron efectos asociativos, principalmente antagónicos, entre las gramíneas y leguminosas que integraron las mezclas, lo cual indica que no es posible predecir la degradación in vitro de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales basándose en su composición química, nivel de inclusión de leguminosas o degradación in vitro de sus componentes individuales.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C., 1975. Official Methods of Analysis. 12th Edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Alanis, A., 1989. Efecto de la suplementación nitrogenada y energética en las tasas de fermentación de ingredientes lignocelulósicos. Tesis (M.S.). Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Asplund, J. M. and L. E. Harris, 1971. Associative effects on the digestibility of energy and the utilization of nitrogen in sheep fed simplified rations. *J. Anim. Sci.* 32:152.
- Axtmayer, J. H., C. F. Asenjo and D. H. Cook, 1938. The nutritive value of some forage crops of Puerto Rico. III. Grasses, Legumes and Mixtures. *J. Agric. Univ. P.R.* 24:3.

- Crowder, L. V. and H. R. Chheda, 1982. Tropical Grassland Husbandry. 1st Edition. Longman Inc. New York, N.Y.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest, 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook N° 379. Agric. Res. Center, U.S.D.A.
- Gutiérrez, E., S. González y E. Riquelme, 1986. Efecto del tratamiento químico y suplementación nitrogenada y energética sobre la digestibilidad *in vitro* del rastrojo de maíz y la médula de caña. ALPA Mem. 21:129.
- Hardy, C., 1985. Los microorganismos del rumen y su actividad. *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.
- Hespell, R. B. and M. P. Bryant, 1979. Efficiency of rumen microbial growth: Influence of some theoretical and experimental factors on Y^{m} . *J. Anim. Sci.* 49:1640.
- Hino, T. and J. B. Russell, 1987. Relative contributions of ruminal bacteria and protozoa to the degradation of protein *in vitro*. *J. Anim. Sci.* 64:261.
- Humphreys, L. R., 1977. Potential of humid and sub-humid rangelands for ruminant animal production, *In: Potential of the World's Forages for Ruminant Animal Production.* Winrock International Research and Training Center, Peter Jean Mountain, Morrilton, Arkansas.
- Marten, G. C., 1984. Nutritional value of the legume in temperate pastures of the United States, *In: Forage Legumes for Energy-Efficient Animal Production.* Proc. of a trilateral workshop held in Palmerson North, N.Z.
- Menke, K. H. and H. Steingass, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* Vol. II, Federal Republic of Germany.
- Minson, D. J., 1984. Nutritional value of tropical legumes in grazing and feeding systems, *In: Forage Legumes for Energy-Efficient Animal Production.* Proc. of a trilateral workshop held in Palmerston North, N.Z.
- Minson, D. J. and M. N. McLeod, 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. of the 5th International Grassland Congress, Surfers Paradise, Australia.
- Pigden, W. J. and D. P. Heaney, 1969. Lignocellulose in ruminant nutrition, *In: Cellulases and Their Applications.* American Chemical Society, Washington, D.C.
- Riquelme, E., 1984. Efectos asociativos en dietas basadas en subproductos agrícolas. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 16:13.
- 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.
- Van Soest, P. J., 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O & B Books. Corvallis, Oregon.
- Vicente-Chandler, J., R. Caro Costas, F. Abruña y S. Silva, 1983. Producción y Utilización Intensiva de las Forrajes en Puerto Rico. *Est. Exp. Agr. UPR. Boletín* 271.
- Villaquirán, M. y C. Lascano, 1986. Caracterización nutritiva de cuatro leguminosas forrajes tropicales. *Pasturas Tropicales*, 8(2):16. Cali, Colombia.