

**DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DE
MATERIA SECA DE HENO DE *ARACHIS GLABRATA* EN
RUMIANTES**

por

Loures Rivera Estremera

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

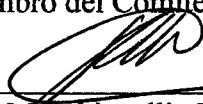
Aprobada por:



Paul F. Randel, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

19 dic. 2003

Fecha



Raúl Macchiavelli, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

19 dic 2003

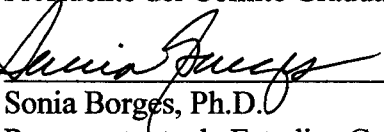
Fecha



Teodoro M. Ruiz, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

19 dic 2003

Fecha



Sonia Borges, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

18/dic/03

Fecha



José R. Latorre, Ph.D.
Director de Departamento

19/dic/03

Fecha

ABSTRACT

The experiment was conducted to determine the digestibility of hays from two accessions of rhizoma peanut (RP;17033 and 17097) and from Bermuda grass (B) as determined by the total collection method (*in vivo*), with nine mixed-breed lambs randomly allotted to treatments in a 3 x 3 latin square design with three repetitions. Also, the three methods for determining forage digestibility (*in vivo*, *in vitro* and *in situ*) were compared. Estimates of *in vitro* digestibility were obtained using a Daisy II incubator (48 hours). In addition, *in situ* digestibility using dacron bags placed (48 hours) inside the rumen of a fistulated cow fed grass hay was determined. Daily intake of dry matter (DM), organic matter (OM) and acid detergent fiber (ADF) were similar for both RP accessions and were higher ($P<0.05$) than B, 1.02 vs. .7442 kg/d, .9185 vs. .6782 kg/d and .3764 vs. .2774 kg/d, respectively. *In vivo* DM, OM, crude protein (CP), and ADF digestibility and digestible energy (DE) of both RP accessions were higher ($P<0.05$) than those of B. Small, but significant differences were found between the two RP accessions in favor of 17097 in digestibility of DM, OM, and neutral detergent fiber (NDF) and in favor of 17033 in CP digestibility and DE. *In vivo* ADF digestibility did not differ ($P>0.05$) between the RP accessions. *In vitro* and *in situ* DM and NDF digestibility were higher ($P<0.05$) for the two RP combined as compared to B (*in vitro*, 66.83 vs. 44.74 % e *in situ*, 71.63 vs. 48.12 % of DM; *in vitro*, 42.21 vs. 30.01 %, e *in situ*, 42.25 vs. 25.14 % of NDF, respectively). However, both *in vitro* and *in situ* OM digestibility differed ($P<0.05$) among all three hays, being greatest for RP 17033 (65.21 %). Both *in vitro* and *in situ* methods overestimated *in vivo* DM and OM digestibility of both RP accessions and

underestimated those of B. *In vivo* NDF digestibility of both RP was underestimated by both *in vitro* and *in situ* methods. According to the results, the *in situ* method gave the best estimates of *in vivo* digestibility. Because of its high voluntary intake and digestibility, as determined by three methods (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*), the RP demonstrated its outstanding quality potential.

RESUMEN

Se realizó un experimento para determinar la digestibilidad de henos de dos accesiones de maní rizomatoso (MR, 17033, 17097) y de hierba Bermuda (B). También, se compararon tres métodos para determinar digestibilidad (*in vivo*, *in vitro* e *in situ*) de los henos. La digestibilidad *in vivo* se determinó mediante el método de recolección total de heces con nueve ovejos machos jóvenes de raza mixta distribuidos aleatoriamente en un diseño de cuadro latino 3x3 repetido tres veces. Estimados de la digestibilidad *in vitro* se obtuvieron utilizando una incubadora Daisy II (48 horas). En adición, la digestibilidad *in situ* se determinó colocando bolsas de dacrón dentro del rumen de una vaca fistulada (48 horas) alimentada con heno de gramíneas. El consumo diario de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y fibra detergente ácido (FDA) fue semejante entre ambas accesiones de MR y éstos superaron ($P < 0.05$) a la B, 1.02 vs. .7442 kg/d, .9185 vs. .6782 kg/d y .3764 vs. .2774 kg/d, respectivamente. Ambas accesiones de MR mostraron mayor ($P < 0.05$) digestibilidad *in vivo* de MO, MS, proteína bruta (PB), FDA y mayor contenido de energía digerible (ED) que el heno de B. Diferencias pequeñas, pero significativas ($P < 0.05$) se encontraron entre ambas accesiones de MR siendo la accesión 17097 la de mayor digestibilidad de MS, MO y fibra detergente neutro (FDN), mientras que la 17033 fue mayor en digestibilidad de PB y ED. Sin embargo, la digestibilidad *in vivo* de FDA no difirió ($P > 0.05$) entre accesiones de MR. Con los métodos *in vitro* e *in situ* la digestibilidad de MS y FDN fue mayor ($P < 0.05$) para los dos henos de MR en comparación con el heno

de B (*in vitro*, 66.83 vs. 44.74 % e *in situ*, 71.63 vs. 48.12 % para MS; *in vitro*, 42.21 vs. 30.01 %, e *in situ*, 42.25 vs. 25.14 % para FDN, respectivamente). Sin embargo,

tanto la digestibilidad *in vitro* como *in situ* de la MO fue diferente ($P < 0.05$) entre los tres henos ofrecidos, siendo mayor para el MR 17033 (65.21 %). Los métodos *in vitro* e *in situ* sobreestimaron la digestibilidad *in vivo* de la MS y MO de ambas accesiones de MR, pero subestimaron las de B. La digestibilidad *in vivo* de FDN de ambas accesiones de MR fue subestimada por los métodos *in vitro* e *in situ*. Según los resultados, el método *in situ* resultó ser el mejor estimador de la digestibilidad *in vivo*. Por lo tanto, los criterios de consumo voluntario y digestibilidad, estimados por tres diferentes métodos (*in vivo*, *in situ* e *in vitro*), demostraron el sobresaliente potencial de calidad del MR.

DEDICATORIA

La realización de esta tesis se debe a que Dios me dio la sabiduría, la fortaleza, el empeño y la salud necesaria para llevarla a cabo en su totalidad. De igual forma, me dio unos excelentes padres, Brunilda Estremera y José D. Rivera, los cuales me apoyan en todo momento y me alientan a continuar hacia adelante hasta alcanzar todas mis metas y sueños. También quisiera dedicar esta tesis a toda mi familia y amistades, de infancia y de universidad, que de una u otra forma me ayudaron en el proceso siempre teniendo palabras de aliento y los mejores deseos para conmigo. Por último, pero no menos importante, le dedico este trabajo al Agro. Efraín Cancel Medina, amigo y colega, por todos sus consejos, sugerencias, apoyo y ayuda en general al momento de redactar, organizar y presentar la tesis. Su ayuda fue realmente invaluable. Gracias a todos por su ayuda en el camino de completar una de mis más grandes metas.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceras gracias al Dr. Teodoro M. Ruiz por haberme aceptado para trabajar con él y los demás miembros del comité en esta investigación.

Gracias a los profesores del Departamento de Industria Pecuaria por sus enseñanzas y consejos, en especial a los doctores Paul F. Randel, Raúl Macchiavelli, Ernesto Riquelme y Abner Rodríguez, por siempre estar disponibles para aclararme cualquier duda o pregunta que tuviese.

Gracias a la Agro. Gloribel González y Agro. Félix León por haberme ayudado en el laboratorio de nutrición en cuanto a utilización de equipo y análisis químico se refiere.

Muchísimas gracias a Antonio E. Cameron por haberme ayudado, escuchado y aconsejado en todos aquellos momentos difíciles y no tan difíciles.

Gracias a Jacqueline Rivera e Iréliz Perea, secretarias del Departamento de Industria Pecuaria, por siempre estar en la mejor disposición de ayudarme con las ayudantías, pagos, copias y cualquier otra cosa que necesitara. De igual forma, gracias al Sr. Miguel Rivera por su total disposición a ayudarme y tener tanta paciencia para tantos pedidos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Cuadros.....	xi
Lista de Abreviaturas.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Digestibilidad <i>In Vivo</i>	19
Digestibilidad <i>In Vitro</i>	21
Digestibilidad <i>In Situ</i>	23
Diseño Experimental.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Digestibilidad <i>In Vivo</i>	29
Digestibilidad <i>In Situ e In Vitro</i>	31
Correlación de la digestibilidad.....	38
V. CONCLUSIÓN.....	46
VI. IMPLICACIONES.....	47
VII. LITERATURA CITADA.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Digestibilidad de MS de los tres henos evaluados estimada por cada método.....	34
Figura 2.	Digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados unidos estimada por cada método.....	35
Figura 3.	Digestibilidad de la MS de la hierba B estimada por cada método.....	36
Figura 4.	Digestibilidad de la MS del MR 17033 y 17097 combinados estimada por cada método.....	36
Figura 5.	Digestibilidad de la FDN de la hierba B estimada por cada método.....	37
Figura 6.	Digestibilidad de la FDN del MR 17033 y 17097 combinados estimada por cada método.....	37
Figura 7.	Relación entre los métodos <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados.....	40
Figura 8.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> para determinar digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados.....	40
Figura 9.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados.....	41
Figura 10.	Relación entre los métodos <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados.....	42
Figura 11.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> para determinar digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados.....	42
Figura 12.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados.....	43
Figura 13.	Relación entre los métodos <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados.....	44
Figura 14.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> para determinar digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados.....	44
Figura 15.	Relación entre los métodos <i>in vivo</i> e <i>in situ</i> para determinar digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados.....	45

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición química de los henos de hierba Bermuda y MR (accesiones 17033 y 17097) ofrecido a ovejos jóvenes.....	26
Cuadro 2.	Peso vivo promedio de ovejos en cada periodo experimental.....	27
Cuadro 3.	Peso vivo promedio de ovejos consumiendo heno de Bermuda y MR (accesiones 17033 y 17097).....	27
Cuadro 4.	Consumo diario de la MS, MO, FDN y FDA en ovejos jóvenes alimentados con heno de hierba Bermuda y MR (accesiones 17033 y 17097).....	28
Cuadro 5.	Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MS, MO, FDN, FDA, PB y energía digerible (ED) en ovejos jóvenes consumiendo henos de hierba Bermuda y MR (accesiones 17033 y 17097).....	29
Cuadro 6.	Digestibilidad <i>in situ</i> e <i>in vitro</i> de la MS, MO y FDN de los henos de hierba Bermuda y MR (accesiones 17033 y 17097).....	32

LISTA DE ABREVIATURAS

Hierba Bermuda	B
Digestibilidad <i>in situ</i>	DIS
Digestibilidad <i>in situ</i> de la FDN	DISFDN
Digestibilidad <i>in situ</i> de la MO	DISMO
Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS	DISMS
Digestibilidad <i>in vitro</i>	DIV
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la FDN	DIVFDN
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MO	DIVMO
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS	DIVMS
Digestibilidad <i>in vivo</i>	DIVO
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la FDN	DIVOFDN
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MO	DIVOMO
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la MS	DIVOMS
Energía Bruta	EB
Energía digerible	ED
Fibra detergente ácido	FDA
Fibra detergente neutro	FDN
Hierba Bahía	HB
In situ	IS
Materia Inorgánica	MI
Materia Orgánica	MO
Maní rizomatoso	MR
Materia Seca	MS
Nitrógeno	N
Proteína Bruta	PB

INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico existe una gran demanda por forrajes de buena calidad en el sector de la ganadería. La palabra forraje se define como materia vegetal en estado fresco o preservado (seco o ensilado) que se proporciona como alimento a los animales. Alimentar el hato con forraje de buena calidad es importante para obtener una buena producción y promover y mantener la buena salud, tanto en el ganado de carne como en el lechero. Uno de los principales criterios de la calidad del forraje es el contenido de fibra y su digestibilidad. De la porción fibrosa del forraje, se pierde parte de la energía al liberarse ésta en forma de metano (gas combustible) y en forma de calor producido por la fermentación ruminal. Forrajes fibrosos de baja calidad se traducen en posibles limitantes para una producción óptima (leche o carne). La calidad del forraje se estima primeramente por el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra. A menor calidad del forraje, menor su digestibilidad y consumo voluntario. Por último, la calidad del forraje se describe en términos de producción de leche o carne.

Actualmente el forraje de gramíneas, ya sea consumido en forma de heno, ensilaje o pastoreo, constituye la base de la alimentación de la mayoría del ganado en Puerto Rico. Entre las gramíneas forrajeras que más se utilizan se encuentran la *Digitaria decumbens* (Pangola), *Cynodon nlemfuensis* (Estrella) y *Panicum maximum* (Guinea). Vicente-Chandler et al. (1983) reportaron promedios de PB de 8.3% y FDA de 37.7% para algunas gramíneas tropicales (Congo, Napier, Guinea, Pangola y Estrella) bien abonadas y cortadas a los 60 días.

Los henos que se producen hoy día en Puerto Rico en su gran mayoría son de baja calidad. La baja digestibilidad que los caracterizan se debe a factores adversos de

manejo, edad de corte y medio ambiente donde crecen, los cuales propician un alto contenido de pared celular lignificada (lignocelulosa y ligno-hemicelulosa). Por lo tanto, muchos ganaderos recurren al uso de forrajes importados de mejor calidad, como el heno de alfalfa.

La alfalfa es una leguminosa rica en proteína y con alta digestibilidad, pero en general no se propaga muy bien o es de vida corta en el trópico de Puerto Rico debido a la susceptibilidad a plagas de insectos, enfermedades virales y de hongos, invasión de yerbajos y condiciones ambientales adversas (Vélez et al., 1983; Gelaye y Amoah, 1991). No obstante, esta planta forrajera se ha logrado producir en pequeñas áreas de Puerto Rico que reúnen características específicas de suelo y clima (Vélez et al., 1984). Las leguminosas en general son plantas fijadoras de nitrógeno y relativamente altas en su contenido de proteína que es aprovechable por el animal. Tienden a ser de mayor digestibilidad que las gramíneas y consumidas en mayor cantidad. También se caracterizan por ser ricas en ciertas vitaminas y minerales de importancia en la nutrición animal, como el calcio (Said y Tolera, 1993).

Una leguminosa con posible potencial de utilización en el trópico húmedo es el maní forrajero o rizomatoso (MR) *Arachis glabrata*. Se trata de una planta rizomatosa y perenne, nativa del área subtropical del Brasil, que alcanza una altura de hasta 30 cm y es tolerante a sequías (Ruiz et al., 2000). En adición, hasta la fecha no se ha visto que sea susceptible a enfermedades de importancia, ni a ataques de insectos o nematodos. El MR podría ser una alternativa viable para la producción de forraje de alto valor nutritivo en áreas tropicales, como el Caribe, ya que ha demostrado tener una buena persistencia bajo

pastoreo en lugares específicos y promover ganancias diarias en peso vivo excepcionales bajo condiciones subtropicales en el estado de la Florida (Ortega et al., 1992).

Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de un forraje u otro tipo de alimento, entre ellas están los métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. El método *in vivo* es el que se utiliza tradicionalmente ya que proporciona los datos más “reales” utilizando animales y su proceso digestivo completo. El método *in situ* consta de utilizar el rumen de un animal para incubar las muestras que se quieren analizar, pudiendo ser éste de diferentes especies de rumiantes. Por otro lado, el método *in vitro* utiliza líquido ruminal de un animal donante en combinación con saliva artificial y las muestras que se quieren analizar. Este conjunto se coloca en una incubadora en el laboratorio, la cual imita el ambiente del rumen. Con estos tres métodos podemos estimar la digestibilidad de varios componentes del forraje.

De realizar plenamente su potencial, el MR podría ser utilizado por los ganaderos de Puerto Rico para sustituir parte del heno de gramíneas actualmente en uso, reducir la importación de alfalfa y otros alimentos de alta calidad y reducir los costos de producción. Por tal razón, el objetivo principal de esta investigación es determinar si el MR puede servir para promover la producción local de heno de calidad. El mismo se logró determinando la digestibilidad de dos accesiones de MR (17033 y 17097) con potencial para ser introducidos comercialmente en Puerto Rico, comparándolos entre sí y con heno de hierba (Bermuda). Por otra parte, se pretende comparar tres métodos (*in vivo*, *in vitro* e *in situ*) para determinar la digestibilidad de estos forrajes.

REVISIÓN DE LITERATURA

Todos los animales dependen de una buena alimentación para su crecimiento, mantenimiento y producción. Los rumiantes necesitan en su dieta forraje de buena calidad, para promover una buena eficiencia alimenticia que se traduzca a su vez en alta producción de carne o leche. Mientras mayor sea la digestibilidad de la fibra presente en un forraje mayor será su calidad (Church et al., 2002). Suministrar a una vaca lechera una cantidad adecuada de forraje en su dieta es un aspecto crítico para evitar la acidosis y posibles desórdenes metabólicos y enfermedades tales como la fiebre de leche, la cetosis y a la larga una baja producción de leche y una vida útil acortada (Ondarza, 2002; Jordan et al., 2001).

Los forrajes, además de proveer una fuente de nutrientes, deben favorecer una actividad saludable del rumen, promoviendo un patrón normal de fermentación; propiciando así una buena eficiencia en la utilización de los nutrientes y altos niveles de producción animal (leche y carne) (Cancel, 2002). Uno de los factores más importantes que se debe considerar al utilizar los forrajes es su digestibilidad. La digestibilidad de los forrajes está correlacionada negativamente con la madurez de la planta debido al creciente contenido de las fracciones de la pared celular. A medida que la planta madura su contenido de celulosa y lignina aumentan y la primera se torna más cristalina, lo que la hace más difícil de digerir. El consumo de dietas constituidas principalmente por forraje, está limitado en gran parte por la capacidad física del retículo-rumen. La disponibilidad subsiguiente de espacio intraruminal depende de la tasa de desaparición del forraje consumido de este órgano (Campling, 1970). Esto, a su vez, depende de la tasa de digestibilidad y de evacuación del rumen.

El tiempo de retención ruminal de la digesta se relaciona principalmente con la tasa de digestión, la cual depende de la composición química del alimento consumido. Los componentes estructurales del forraje, formados por la pared celular y representada ésta por la fracción FDN, son lentamente fermentables y, como consecuencia, ocupan espacio en el retículo-rumen durante largo tiempo (Campling, 1970; Van Soest, 1975). Por tanto, la disminución de la digestibilidad, que resulta de un aumento en la madurez de la planta y contenido de carbohidratos estructurales, afectará negativamente el consumo de la MS (Cancel, 2002).

Oba y Allen (1999) establecen que el contenido de FDN en el forraje depende de la especie, la madurez y el ambiente donde crece la planta. Se acostumbra expresar el nivel de fibra deseable en la dieta de las vacas en términos de la proporción de la FDN o la FDA en la MS. La digestibilidad ruminal de la FDN es un parámetro muy variable e importante para determinar la calidad del forraje. A mayor digestibilidad de la fibra, mayor será la utilización de los carbohidratos estructurales como fuente de energía necesaria para los microorganismos productores de ácidos grasos volátiles y para diferentes procesos metabólicos. Una alta digestibilidad de la FDN ingerida usualmente es indicativa de poco contenido de lignina. La sensación de llenura en el rumen causado por la FDN presente es menor luego de ingerir leguminosas que en el caso de las gramíneas, cuando se consumen cantidades similares de forraje, debido a una mayor fragilidad de las partículas de la digesta y menor tiempo de retención. Además, las gramíneas en general poseen una mayor proporción de pared celular que las leguminosas (Oba y Allen, 1999).

El MR es una leguminosa con alto contenido de PB (normalmente fluctúa entre 12 y 20%), que está adaptada a climas tropicales y tiene un excelente potencial para uso como heno o forraje fresco (Romero et al., 1987; Prine et al., 1981). En un estudio en el estado de Florida, Staples et al. (1997) utilizaron 12 vacas Holstein (aproximadamente 70 días en lactación). El diseño experimental fue un cuadrado latino 4x4 repetido tres veces: teniendo un cuadrado con novillas de primer parto y el segundo y el tercero con vacas altas y bajas productoras, respectivamente. Las dietas constaron de 50% concentrado y 50% forraje. El forraje ofrecido fue ensilaje de maní y de maíz a diferentes proporciones (0:50, 20:30, 35:15, 50:0). Al aumentar la proporción del ensilaje de maní, hubo una tendencia a reducir el consumo voluntario de MS (23.3 a 20.9 kg/d) y la producción de leche (30.4 a 28.8 kg/d). Por otro lado, al realizar una comparación similar en caballos, el consumo diario de MS relativo al peso vivo (3.18% vs. 2.77%) y la ganancia diaria en peso (.48kg vs. .14kg) fueron mayores con el maní que con la alfalfa (Lieb et al., 1993).

Los cultivares de MR más utilizados en el estado de la Florida son Arbrook y Florigraze, los cuales se caracterizan por tener entre un 12 a un 18% de PB y una digestibilidad *in vivo* de la MS (DIVOMS) de 60-75% (Williams et al., 1990; French et al., 1993; Lieb et al., 1993; French, 1988; Valencia et al., 2001). Probablemente no se ha evaluado otro forraje leguminoso que haya demostrado de forma consistente una buena calidad, alta producción, persistencia a largo plazo (en ambientes tropicales y subtropicales) y un amplio espectro de usos como lo ha hecho el MR (French et al., 1993). En diversos experimentos, el MR ha sido comparado con la alfalfa (*Medicago sativa*) (Romero et al., 1987; Lieb et al., 1993; French, 1988), con gramíneas (Bahía, Bermuda y Limpograss) (Dunavin, 1992; Williams et al., 1991; Kunkle et al., 1989;

Valencia et al., 2001) y con granos (maíz y cebada) (Staples et al., 1997) como alimento para rumiantes.

Romero et al. (1987) compararon el efecto del intervalo de corte en el contenido de FDN y PB del MR y de alfalfa durante la época de verano. El contenido de FDN aumentó en el MR al aumentar el intervalo de corte, mientras que en la alfalfa siempre se mantuvo igual. La PB en ambos cultivos disminuyó con el intervalo de corte.

El MR combina excelentemente los atributos de valor nutritivo, la habilidad competitiva con otras hierbas tropicales y un alto desempeño del animal (Valencia et al., 2001; Williams et al., 1991; Kunkle et al., 1989; French, 1988). Ahora bien, Prine (1985), no recomienda sembrar MR en unión a gramíneas si se pretende que la producción sea para heno o ensilaje, ya que así se disminuye la calidad del forraje conservado. Otros factores que pueden afectar la calidad y el rendimiento de la MS del MR son la época del año y el genotipo de MR utilizado. Valencia et al. (2001) estudiaron el rendimiento de la MS y el contenido de proteína en varios genotipos de MR en el estado de Florida durante los dos años 1995 y 1996, en suelos arenosos finos con muy poca capacidad de retención de agua y con un pH ácido (5.7). El abonamiento se realizó en primavera, pero un mes más tarde en 1996 que en el 1995. En ambos años se obtuvo el mayor rendimiento de MS y contenido de proteína en la época de verano, en comparación con primavera y otoño.

En un estudio realizado en Puerto Rico (Ruiz et al., 2000) se midió el rendimiento de MS de cuatro accesiones (17033, 17050, 17052 y 17097) y dos cultivares de MR (Arbrook y Florigraze) en dos localidades diferentes durante un año. En ambas localidades la accesión 17033 produjo el mayor rendimiento anual de MS (35,799 kg/ha),

seguido por la accesión 17097 (30,151 kg/ha). En las dos localidades el 69 y 64% del rendimiento total de la MS se produjo en la primavera y verano, respectivamente.

El MR tiene potencial para ser utilizado en la industria animal similar al de alfalfa, pero mayormente en regiones tropicales y subtropicales, debido a que es nativo del área subtropical de Brasil (French, 1988). Se ha utilizado MR para alimentar ganado vacuno de carne, ganado lechero, cerdas gestantes, cabras para carne, caballos, aves y conejos obteniendo una buena producción animal. Se ha demostrado que tiene el potencial para promover un mayor consumo de MS que las gramíneas tropicales (French et al., 1993; Blezinger, 2002). Romero et al. (1987) reportaron valores de 60 y 57.4% para la digestibilidad *in vivo* de MS del MR y alfalfa, mientras que los contenidos de PB fueron 14.1 y 20%, respectivamente, pero la proteína del maní mostró la ventaja de ser menos soluble y degradable en el rumen. Esto implica que habrá proporcionalmente más proteína sobrepasante absorbida en los intestinos y disponible para los procesos metabólicos. De igual forma, se observó una liberación intraruminal del nitrógeno (N) más lenta en el MR, lo cual implica una utilización más eficiente de N (síntesis de proteína microbiana) durante la fermentación ruminal (Staples et al., 1997; Romero et al., 1987).

El contenido de PB, FDN y de FDA del MR suele variar entre las partes de la planta (hojas vs. tallos) y debido al estado de madurez de la misma (Saldivar et al., 1990). En general, el contenido de PB, tanto en el MR como en la alfalfa, es mayor en las hojas que en los tallos. En ambas partes vegetativas, la concentración de PB fue mayor en la alfalfa que en el MR (19.0% vs. 26.7% y 9.1% vs. 11.4%, respectivamente) (Romero et al., 1987) mientras la concentración de FDN en los tallos fue mayor ($P < 0.05$)

en la alfalfa que en MR. Por su parte Gelaye y Amoah (1991) encontraron que el MR mostró un mayor contenido de FDN en la planta total (>10%) que la alfalfa, debido a una mayor proporción de hemicelulosa.

Otro factor de importancia y determinante en el rendimiento de la MS y en el valor nutritivo de los forrajes es la edad de la planta al momento de cosecharse. Según Terrill et al. (1996) en el estado de Georgia, la producción de alfalfa sobrepasó la del MR durante los primeros dos años luego de establecida, 11.8 vs. 7.6 Mg/ha, respectivamente. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el maní tarda de uno a tres años para establecerse completamente y luego del tercer año el MR produjo más MS que la alfalfa. Estos resultados indican que el MR es una leguminosa con un alto potencial para sustituir a la alfalfa y otras gramíneas forrajeras durante los periodos de verano tardío y otoño en áreas subtropicales de los Estados Unidos.

En otros estudios, el MR ha sido comparado con gramíneas tales como Hierba Bahía (*Paspalum notatum*), Hierba Bermuda 'Tifton 44' (*Cynodon dactylon*) y Limpograss 'Floralta' (*Hemarthria altísima*) (Dunavin, 1992; Williams et al., 1991). Estas comparaciones han sido de mucho interés, dado que las gramíneas tropicales no suelen suplir los nutrientes en las cantidades necesarias para cumplir con los requisitos nutricionales para animales en crecimiento (Williams et al., 1991).

Estos investigadores compararon el pasto fresco de MR asociado con Bermuda versus Hierba Bahía (HB) sola y encontraron que la asociación con MR fue superior, en cuanto al contenido de PB (19.1 vs. 9.7%), digestibilidad *in vitro* de MO (71.3 vs. 56.5%) y ganancia diaria en peso vivo (0.794 y 0.513 kg) durante una época de crecimiento de seis meses (abril-septiembre). Dunavin (1992) estudió la compatibilidad del MR en

asociación con las gramíneas Bermuda, HB y Limpograss y el desempeño de estas asociaciones bajo pastoreo. Este autor, al igual que Williams et al. (1991) encontró que el MR se asocia mejor con la Bermuda, ya que esta mezcla mostró una proporción de MR (25%) mayor que en la asociación con HB. En adición, se produjo mayor cantidad de MS (4,670 kg/ha) y de PB (560 kg/ha).

El MR también se ha comparado con granos, como la cebada y el maíz, ingredientes comunes en la formulación de alimento concentrado para las vacas lecheras. A diferencia del MR, si estos granos se suministran en altas cantidades (>60% en la dieta) se aumentan las probabilidades de ocasionar algún desorden metabólico como la acidosis. Lo aconsejable es que el concentrado sea utilizado en menor proporción (40%) (Wiktorsson, 1971). Mir y Mir (1993) compararon dietas de leguminosas con dietas altas en granos (90%) en corderos jóvenes. Tanto las leguminosas como la cebada promovieron una ganancia en peso adecuada, no habiendo diferencia significativa entre ellas. La cebada mostró menor concentración de PB que la leguminosa (11.1% vs. 15.7%, respectivamente) pero mayor digestibilidad de la MS, tanto *in vitro* como *in vivo*. Los autores atribuyen esto a que los carbohidratos de los granos (mayormente almidón) son más fáciles de degradar que los carbohidratos estructurales del forraje.

En el estudio de Staples et al. (1997) previamente citado, se sustituyó la soya en el alimento concentrado y el ensilaje de maíz en la dieta, por ensilaje de MR. El 50% del ensilaje de maíz en la dieta inicial se fue sustituyendo gradualmente por ensilaje de MR. Éste tuvo mayor concentración de PB (13.9%), FDN (54.9%) y FDA (38.8%) que el ensilaje de maíz. La digestibilidad *in vivo* de la MS del ensilaje de maní fue menor, pero esta diferencia no fue significativa ($P>0.05$). Los investigadores confirmaron que el MR

es un forraje de alta calidad, capaz de reemplazar al ensilaje de maíz sin afectar la producción de leche.

Uno de los aspectos evaluativos de mayor consideración en un forraje es, desde luego, su digestibilidad. Saldivar et al. (1990) determinaron que la digestibilidad *in vitro* de la MO (DIVMO) del MR (Florigraze) fluctúa entre 550 y 720 g kg⁻¹. Por su parte, Ocumpaugh (1990) encontró que la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) del MR fue entre 700 y 750 g kg⁻¹, durante la época de crecimiento entre junio y enero. Ocumpaugh (1990), Saldivar et al. (1990) y Saldivar et al. (1992) encontraron que la digestibilidad *in vitro* (DIV) del MR varía de acuerdo a la proporción de hojas y tallos de la planta.

Existen diferentes métodos para evaluar la digestibilidad del forraje, incluyendo entre los más utilizados: *in vivo*, *in vitro* e *in situ (in sacco)*. El método *in vivo* es el más confiable para evaluar los alimentos, sin embargo es más costoso, más rebuscado y menos empírico que los otros mencionados (Onwuka, 1988). El método *in situ* (IS) es útil para la evaluación inicial del alimento, ya que puede proporcionar información acerca de la digestibilidad ruminal de la MS, la MO y otros componentes. Este método ha sido usado extensivamente para predecir la degradabilidad de la MS, la FDN y el N dietético en el rumen. La suspensión del alimento bajo estudio en dicho órgano permite un contacto directo con el ambiente ruminal (Reed y Beylea, 1998).

El método *in vitro* pretende simular las condiciones del rumen y puede ser utilizado para estimar la digestibilidad del forraje *in vivo* (Cochran et al., 1986). La ventaja de este método es que permite alterar el ambiente ruminal, para así estudiar las condiciones que afectan el crecimiento microbiano (Nocek, 1988). El método *in vitro* es usado comúnmente por su conveniencia o particularmente cuando se analizan un número

alto de muestras. Muchos factores pueden influir en la DIVMS como lo son: la actividad y la fuente del inóculo utilizado, el método de filtración, la especie del animal donante del líquido ruminal y la dieta basal de éste (Cherney et al., 1993). El inóculo obtenido varía con el tipo de alimento consumido por el animal donante. Cuando se alimenta un bovino con dietas altas en forraje, la tasa de fermentación ruminal está regulada principalmente por microorganismos que digieren fibra y otros que crecen en asociación con los fermentadores primarios de celulosa y hemicelulosa, mayormente de los géneros *Bacteroides*, *Ruminococcus* y *Butyrivibrio*. Mientras que con dietas altas en proporción de granos, predominará el desarrollo de las bacterias amilolíticas y sacarolíticas (Schwartz y Gilchrist, 1975).

Cherney et al. (1993) compararon el efecto del método de filtrado, papel de filtrar vs. crisoles, del residuo no digerido en ensayos de la digestibilidad *in vitro* de diferentes alimentos (maíz, algodón, avena, soya, alfalfa, ensilaje de maíz y gramíneas). El filtrado con papel produjo mayores estimados de digestibilidad para todos los alimentos evaluados que el de los crisoles. Sin embargo, estas diferencias sólo fueron significativas ($P < 0.05$) para la avena, soya y ensilaje de maíz, entre los alimentos estudiados. La falta de interacción entre los forrajes de prueba y el método de filtración en la digestibilidad de los alimentos demuestra que el método *in vitro* es útil para la evaluación rutinaria de los forrajes. Robertson et al. (1972), sugirieron que al determinar la digestibilidad *in vitro* verdadera el papel de filtrar puede ser sustituido por los crisoles, ya que sus resultados no mostraron diferencia entre ambos métodos de filtración.

Por su parte, Evans y Potter (1984) indican que la época del año, la edad del animal y la condición corporal son factores que hay que controlar o corregir

matemáticamente para uniformar la estimación de la digestibilidad por el método *in vivo*, ya que afectan el consumo voluntario del animal (ovejos) y la digestibilidad del forraje. Una manera para minimizar los aludidos efectos sobre la digestibilidad *in vivo* (DIVO) es incluir un alimento control en cada periodo de alimentación. En adición, se debe corregir matemáticamente o ajustar los resultados en relación a la dieta (alimento) control para así tomar en cuenta la variación existente entre tiempo y grupos. La evaluación completa de la calidad de los forrajes, necesariamente tiene que incluir medidas de producción de carne o leche bajo un sistema donde el consumo de forraje sea el factor variable.

El método *in situ* se asemeja al método *in vivo* en todo excepto la falta de masticación, la rumia y el paso del alimento a través del tracto posterior. El método IS también tiene sus interrogantes en cuanto al tamaño del poro en las bolsas, el tamaño de la muestra por unidad de área superficial de la bolsa y el tamaño de las partículas de la muestra referente a su efecto sobre la digestibilidad resultante. El tamaño de los poros debe ser adecuado para permitir el influjo del líquido ruminal hacia la bolsa, necesario para degradar el alimento prueba, pero al mismo tiempo debe limitar el exflujo de las partículas no degradadas de la muestra. Una porosidad de entre 40 a 60 μm aparenta ser el mejor tamaño. La pérdida de muestra, ya sea debido a la solubilización de partículas o mecánicamente por el tamaño de los poros, contribuye a la sobrestimación de la digestibilidad. Por el contrario, ocurre una disminución del estimado de la digestibilidad de la MS cuando se usan bolsas con poros menores de 35 μm (Nocek, 1988).

Marinucci et al. (1992) estudiaron los factores de porosidad de la bolsa Tetko (50 μm) y Dacrón ($\leq 50\mu\text{m}$), tamaño de la muestra (1g, 2g, 3g) y el efecto de la dieta (heno de alfalfa y de maíz) del animal donante (toretos fistulados) utilizando los métodos

de *in vitro* e *in situ*. Se observó que la DIVMS fue mayor para las bolsas de Dacrón que para las Tetko, no importando el tipo de dieta. Para el método *in situ*, la digestibilidad de la MS (ambas dietas) fue mayor para los animales alimentados con heno de alfalfa. No importando la dieta basal del animal, el maíz tuvo mayor digestibilidad de MS que la alfalfa.

Los poros de las bolsas Tetko no cambiaron de tamaño, pero las bolsas de Dacrón, que son más flexibles y sueltas, mostraron estiramiento en muchas áreas. Estas bolsas se ven afectadas por la presión física y por ende, el tamaño de los poros varía durante la incubación. No hubo diferencia entre los tamaños de muestra de 2g y 3g, en cuanto a la digestibilidad de la MS se refiere, pero sí hubo diferencia entre los tamaños de muestra de 1g y 2g (66.2 y 58.4 %, respectivamente).

Meyer y Mackie (1986) encontraron que la frecuencia de alimentación del animal donante y el tamaño de los poros en las bolsas utilizadas son dos factores muy importantes a la hora de interpretar los resultados. Algunos investigadores indican que si el alimento prueba se mantiene en el rumen por tiempos extensos (>48 horas), la cantidad de residuo no digerido no está afectada significativamente por el tamaño del poro (Nocek, 1988). Weakley et al. (1983) encontraron que la digestibilidad de la MS de la soya en bolsas de Dacrón dentro del rumen fue baja cuando el animal huésped fue alimentado con una dieta alta en granos. La digestibilidad de la MS de la soya en bolsas de nylon fue mayor cuando el alimento fue pulverizado que cuando se introdujo en su forma comercial.

Dado que en el método *in situ* las bolsas no son masticadas, ni pasan por el proceso de rumia, la única forma por la cual ocurre una reducción del tamaño de las

partículas es mediante la fermentación microbiana. Por tal razón es que aún sigue siendo material debatible si la muestra debe semejarse al alimento que se ofrece o al alimento que ya pasó por la masticación antes de llegar al rumen. La literatura no provee evidencia para determinar el grado de influencia del tamaño de la partícula en la razón de digestión de muestras de diferentes tipos de alimentos (Nocek, 1988).

El moler el alimento bajo evaluación cambia la razón a la cual la MS y el N no proteico son digeridos (Nocek, 1988). La trituración, sobre todo en el caso de los forrajes, aumenta el área superficial por unidad de peso de la muestra y, por tanto, hay más área accesible para que los microbios se adhieran. La molienda le imparte a la muestra una mayor uniformidad lo cual reduce la variación en el muestreo y aumenta la razón de digestión. Se recomienda que el tamaño de las partículas de henos con >80% de MS sea de 5 mm, ya que si fuese menor podría causar que el alimento se compacte. El tamaño de la muestra es de suma importancia para facilitar las comparaciones de degradabilidad en el laboratorio. Aunque varía con el tipo de alimento, un tamaño de muestra de 10 a 20 mg/cm² de superficie de bolsa, por lo general provee suficiente residuo al finalizar la incubación en el rumen para poder realizar análisis químicos posteriores (Nocek, 1988).

Uden y Van Soest (1984) encontraron que el tamaño del poro (37, 53 y 74µm) no tuvo efecto sobre la digestibilidad *in vitro* de la pared celular, mientras que el tamaño del poro (20, 37,53µm) sí tuvo efecto en el *in situ*, aumentando la digestibilidad de la pared celular según aumentaba el tamaño del poro. En otra fase de este estudio se observó que los residuos de la fibra, luego de una incubación en el rumen (*in situ*), fueron menores para las bolsas con porosidad de 20µm en comparación con las de 5 y 10 µm.

Se concluyó que la porosidad de 5 μ m resulta muy pequeña para estudiar la degradación de fibra *in situ*. Los tamaños recomendados deben variar de acuerdo al tamaño de las partículas en la muestra sometida a análisis.

Nocek (1988) y Varel y Kreikemeier (1995) indican que luego de una incubación ruminal de más de 30 horas de muestras de 5g y de 24 horas con muestras de alfalfa y “Bromegrass” de 0.5 g, no quedó residuo suficiente para analizar la MS y la FDN. Según el tamaño de la muestra aumenta en relación a la superficie de la bolsa, el alimento tiende a compactarse debido al micro ambiente dentro de la bolsa y, por tanto, restringe el flujo de líquido ruminal y el contacto de éste con las partículas, reduciendo así la razón de digestión, especialmente al comienzo de la incubación. El método de digestión *in situ* ha sido utilizado en diferentes especies de animales incluyendo vacas, novillas, ovejas, cabras, caballos y conejos (French et al., 1987 y Uden y Van Soest, 1984). Comparativamente, las ovejas tienen una mayor proporción de N en el rumen proveniente del amoníaco y menor contenido de ácidos grasos volátiles, mientras el pH ruminal y la razón de dilución de fluidos son similares, a la de los toretos. Diferencias específicas en la digestibilidad entre y dentro de las especies pueden estar relacionadas al tiempo de retención en el rumen característico del animal utilizado.

Reed y Beylea (1998) compararon los métodos *in vitro* e *in situ* utilizando maíz y sorgo (granos) a diferentes tiempos de incubación (0, 6,12 y 24 hrs.). Para el sorgo no hubo diferencia en la solubilidad de la MS entre métodos a las 0 horas de incubación, pero sí para el maíz. Esta diferencia se puede deber a las características de los solventes, líquido ruminal (*in situ*) vs. medio (*in vitro*). A las 24 horas de incubación no hubo diferencias significativas entre los métodos ni para el maíz ni el sorgo. Estos resultados

sugieren que el método *in vitro* provee estimados de la digestibilidad de la MS que concuerdan con la digestibilidad de la MS en el rumen a las 24 hrs. El patrón de fermentación de la MS fue diferente entre los métodos, pero la cantidad total de MS fermentada fue similar a las 24 horas. Esto demuestra que cualquiera de los dos métodos puede ser usado efectivamente para estimar el potencial de degradabilidad de la MS de un alimento.

Estos mismos métodos (*in vitro* vs. *in situ*) fueron comparados por Varel y Kreikemeier (1995), los cuales reportaron que la razón y la extensión de la digestión fueron mayores para el método *in situ* que para el *in vitro*. Se observó que, en promedio, el tiempo de demora inicial (“lag”) fue mayor para el método *in vitro* que para el *in situ* utilizando alfalfa y la gramínea *Bromis inermes*, como sustrato. Esto fue algo esperado porque el inóculo del método *in vitro* tenía una menor concentración de microorganismos. Al utilizar el método *in vitro* tradicional que incorpora 20% del inóculo ruminal, se espera un mayor tiempo “lag”, una digestión más lenta y una menor extensión de la digestión que con el método *in situ*. Meyer y Mackie (1986) encontraron que en el método *in situ* las bacterias entran a las bolsas más rápidamente y en mayor número cuando los animales huéspedes (vacas fistuladas) son alimentados frecuentemente.

En lo referente a las pruebas de digestibilidad *in situ* e *in vitro*, el factor de mayor importancia es el potencial de variación entre animales donantes o huéspedes con un mismo estado fisiológico y la dieta y la variación asociada al tiempo de incubación. Dos técnicas utilizadas para ajustar y reducir la variación en la digestibilidad determinada con el método *in situ* son: 1) utilizar un alimento estándar y 2) seguir una secuencia fija al

remover las bolsas del rumen, si es que la incubación se efectúa comparando diferentes tiempos.

Los animales de prueba en el método *in situ* deben ser alimentados con los mismos alimentos que se están probando. Es preferible que la dieta basal contenga pequeñas cantidades de una variedad de ingredientes para así establecer una población microbiana diversa. Los tipos de bacterias presentes en el rumen constituyen un obstáculo inherente y una fuente de variación asociada con la estimación de la digestibilidad verdadera de los nutrientes en la dieta de prueba. Muchos investigadores han demostrado que la población microbiana, específica del rumen de acuerdo a lo que el animal ingiere, aumenta de forma curvilínea con el tiempo de incubación ruminal. Esto sugiere que las bacterias están continuamente adhiriéndose a las partículas de alimento hasta un momento en particular durante la exposición ruminal (Noceck, 1988).

Al elegir uno de estos métodos para estimar la digestibilidad de los forrajes (*in vitro* o *in situ*) se debe considerar la naturaleza específica de la investigación. Si hay un mayor interés en describir la cinética de la digestión al ser afectada por la interacción animal y la dieta se debe utilizar el método *in situ*. Por el contrario, si el interés es comparar las diferencias intrínsecas entre alimentos, se recomienda utilizar el método *in vitro* (Varel y Kreikemeier, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Digestibilidad In Vivo

El experimento se llevó a cabo en las facilidades de confinamiento animal de la Finca Alzamora del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Estas facilidades consisten de una estructura con piso de hormigón y techo de planchas de zinc con ventilación (media pared) por los dos lados laterales más largos y provista de desagües y extractores en el techo. Se utilizaron nueve ovejos (*Ovis aries*) machos jóvenes (peso inicial entre 23.35-30.30 kg) de raza mixta. Los animales fueron asignados a los tratamientos según un diseño de cuadrado latino 3x3, repetido tres veces. Los tres tratamientos (dietas) experimentales evaluados fueron: heno de MR de las accesiones 17033 y 17097 (± 50 días al corte) y heno de B comercial (± 55 días). Cada uno de los tres periodos experimentales consistió de 11 días; seis días de adaptación al tratamiento correspondiente y cinco días de colección de datos experimentales, para un total de 33 días de experimentación. Cada ovejo se alojó en una jaula metabólica individual donde se le proveyó agua fresca, un bloque de sal mineral y heno *ad libitum*.

Los henos evaluados fueron picados en trozos de aproximadamente 7.5 cm de largo para facilitar el manejo y el consumo de los mismos y se ofrecieron dos veces al día, a las 07.00 y a las 14.00 horas. El primer día de cada periodo se comenzó ofreciendo 1.0 kg por animal; si lo consumían, la porción diaria se aumentaba por cantidades sucesivas de 0.2 kg hasta que el heno sobrante fuera aproximadamente el 15% del total ofrecido. Cuando sobraba más de lo establecido, la porción a ofrecer el día siguiente se reducía en 0.2 kg. Se recolectó una muestra diaria de cada heno ofrecido comenzando el

día 6 de cada periodo. La misma se mantuvo guardada para su posterior análisis químico y de digestibilidad *in vitro* e *in situ*.

Durante los días 7 al 11 de cada periodo (colección de datos) se determinó el consumo diario de heno, como igual al ofrecido menos el desperdiciado y el sobrante. En cada periodo se guardaron muestras de los henos individuales por día que luego fueron secadas, pesadas y molidas, antes de analizarlas. Las heces totales se colectaron individualmente por cada ovejo durante los días de muestreo. Todas las muestras se secaron en un horno de aire forzado a 65°C por 48 horas para determinar su composición química y su digestibilidad. Tanto las muestras de heno rechazado como las de heces se mantuvieron en todo momento separadas por ovejo y por día en cada periodo. Los ovejos se pesaron por dos días consecutivos comenzando el último día (día 11) del periodo que acababa y el primer día del próximo periodo, para un total de seis pesajes durante el experimento.

Las muestras obtenidas del heno rechazado, heno ofrecido y de heces fecales, fueron molidas en un molino Wiley a través de un cedazo de 2mm de porosidad para luego ser analizadas. Las fracciones determinadas fueron PB (Método Micro-Kjeldahl) (AOAC, 1990), MS (desección en un horno de convección a 65°C por 48 horas), EB (calorimetría de bomba), materia inorgánica (MI) o cenizas (incineración a 600°C por 4 horas), FDN (Goering Van Soest; 1970; equipo ANKOM) y FDA (Goering Van Soest, 1970). La DIVO de la MS y las demás fracciones se determinaron como sigue:

$$\frac{(\text{Peso consumido}) - (\text{Peso excretado})}{\text{Peso consumido}} \times 100$$

Digestibilidad In Vitro

Se colocaron submuestras de 0.5 g de los tres forrajes bajo evaluación (MR 17033 y 17097 y B) durante los tres periodos, por separado, en bolsas de poliéster libre de N y de cenizas y con una porosidad de 25µm. Las mismas se incubaron por 48 horas en una incubadora Daisy II de la marca ANKOM, en un medio conteniendo líquido ruminal filtrado 800 mL (40%) y saliva artificial (ANKOM Technology) más urea 1,200 mL (60%) (ANKOM).

El líquido ruminal para la incubación se obtuvo el mismo día en que se utilizó (aproximadamente 35 minutos antes de utilizarlo) de una vaca fistulada de la raza Holstein mantenida en una dieta de heno de gramínea. Se utilizó una bomba pequeña para obtener el líquido de diferentes localidades dentro del rumen y antes de utilizarlo se filtró a través de varias (2 ó 3) capas de gasas. El líquido ruminal se aisló en un termo para mantenerlo aproximadamente a 39°C durante su transporte hacia el laboratorio. Antes de mezclarlo con el medio, el líquido se filtró nuevamente. A los envases de incubación, ya calientes, también se les agregó CO₂.

Después de terminada la incubación por 48h, las muestras se enjuagaron bien con agua fría hasta que el agua de lavado saliera clara, luego se analizaron para FDN. Una vez terminado este proceso se lavaron tres veces con agua caliente por espacio de un minuto y luego con acetona por tres minutos. Por último, se secaron en un horno de aire forzado a 65°C por 48 horas al cabo de las cuales fueron pesadas para determinar la DIVMS. Luego de realizado el análisis químico correspondiente, se calculó la DIVMO y la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN) utilizando la siguiente ecuación:

$$100 - \left(\frac{(\text{Peso de la bolsa} + \text{muestra residual}) - (\text{Peso de la bolsa} * k) * 100}{\text{Peso de la muestra} * \% \text{ MS, FDN o MO}} \right)$$

k: factor de corrección por la bolsa
peso bolsa final/peso bolsa inicial

Digestibilidad In Situ

Para determinar la digestibilidad en el rumen se colocaron submuestras de 1.0 g de los tres forrajes ofrecidos durante cada periodo, en bolsas ANKOM® de poliéster libre de N con un tamaño de poro de 50 µm (±15) y dimensiones de 5cm X 10cm. Las bolsas se sellaron por todos sus lados con un sellador térmico. Las muestras se incubaron por 48 horas dentro del rumen de una vaca Holstein fistulada, alimentada con heno de gramínea. Una vez completado el periodo de incubación, las muestras se secaron y lavaron primero con agua helada para que ocurriera un choque térmico para detener la fermentación, y luego se enjuagaron en una lavadora con agua para remover los residuos del rumen. Finalmente se secaron en un horno de aire forzado a 65°C por 48 horas. Las muestras así preparadas se analizaron para determinar la FDN residual y la digestibilidad *in situ* de la FDN (DISFDN) y la digestibilidad *in situ* de materia seca (DISMS). De forma consecutiva, se incineraron en una mufla a 600°C por 4 horas para determinar la MO residual y la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO).

La digestibilidad *in situ* (DIS) de la FDN, la MS y la MO se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{((\text{Peso bolsa} + \text{Peso muestra residual}) - \text{Peso bolsa})}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Diseño Experimental

Todos los datos se analizaron conforme con el diseño experimental de un cuadrado latino 3x3 repetido tres veces. Este diseño permite comparar los tratamientos entre sí durante un mismo periodo y entre periodos. Se utilizó el procedimiento de PROC GLM de SAS para comparar las diferencias estadísticas. Las diferencias entre los tratamientos individuales se analizaron mediante una prueba de comparaciones múltiples LSMEANS (SAS Inst., 1990). El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{l(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{l(j)} + \tau_{x_1} + \varepsilon_{ijklx} \text{ (modelo para determinar pesos promedios)}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable dependiente

μ = media general estimada

α_i = efecto de periodos (tres niveles)

β_j = efecto de los cuadrados (tres niveles)

γ_k = efecto de los tratamientos (tres niveles)

δ_l = efecto de los animales (nueve niveles)

τ = coeficiente de regresión asociado a la covariable

x_1 = covariable (peso inicial al comienzo del estudio)

ε_{ijkl} = error experimental

Para comparar los métodos de digestibilidad se utilizó un análisis de regresión lineal simple. Los datos se analizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los henos de MR de las accesiones 17033 y 17097 y heno de B utilizados en esta investigación se muestra en el Cuadro 1. Las dos accesiones de MR utilizadas mostraron ser similares para la mayoría de las fracciones químicas evaluadas. Sin embargo, el contenido de FDN fue mayor, por 3.16%, en el MR 17097 que en el 17033. Por otro lado, en el contenido de PB el MR 17033 superó por 1.49% al 17097. El heno de B mostró tener mayor contenido de FDN que el promedio de las dos accesiones de MR (69.31 vs. 49.14%, respectivamente).

El contenido de FDA fue similar en los tres forrajes evaluados. El valor de FDA en ambas accesiones de MR combinadas (36.90%) es mayor que lo reportado (32.2%) por Lieb et al. (1993) en maní Florigraze. Los contenidos de MO difirieron por sólo 0.91% entre las dos accesiones de MR 17033 y 17097 y concuerdan con los obtenidos por Gelaye et al. (1990) y Gelaye y Amoah (1991) para maní Florigraze. El contenido promedio de FDN y FDA para ambas accesiones fue algo mayor a lo encontrado por dichos investigadores (49.14% vs. 46.25% y 36.9% vs. 31.3%, respectivamente). Semejantes diferencias se pueden deber en gran parte a la etapa de madurez de la planta, a efectos genéticos de las variedades o cultivares utilizados y a efectos ambientales. Al avanzar la edad fisiológica de la planta sube el contenido de FDN y de FDA, componentes asociados a la pared celular (Terrill et al., 1996; Romero et al., 1987; Oba y Allen, 1999).

El contenido de PB observado en el MR 17033 y 17097 en promedio (11.24%), resultó más bajo a lo esperado (12-20%) basado en otras investigaciones (French, 1988; Prine et al., 1981; Valencia et al., 2001; Williams et al., 1990). Para la variedad

Florigraze, Gelaye y Amoah (1991) reportaron 17.3%; Gelaye et al. (1990), 17.1%; Prine et al. (1981), 14.9% y Lieb et al. (1993), 15.9% de PB. Estas discrepancias se pueden deber a la madurez de la planta y a la relación inversa de ésta con el contenido de proteína, o bien al tipo de cultivar utilizado (Florigraze, Arbrook, 17033, 17097) y al clima (templado, sub-tropical, tropical) donde fue cosechada. Por el contrario, Prine et al. (1981) obtuvieron un porcentaje de PB para el cultivar Arbrook que fue similar al del MR 17033 observado en este estudio.

Los tres forrajes presentaron un contenido similar de EB en promedio, 3.82 Mcal/Kg. Varios autores (French et al., 1993; Lieb et al., 1993; Gelaye y Amoah, 1991) han informado valores mayores que los obtenidos en este estudio para la EB en el cultivar Florigraze del MR.

Cuadro 1.

Composición química de los henos de hierba Bermuda y maní rizomatoso (accesiones 17033 y 17097) ofrecido a ojevos jóvenes.

Componente	Heno		
	Bermuda	17033	17097
	-----%-----		
MS	89.88	87.76	90.31
MO	91.41	90.84	89.93
MI	8.590	9.160	10.07
FDN	69.31	47.56	50.72
FDA	37.28	37.31	36.49
PB	4.490	11.98	10.49
EB (Mcal/kg)	3.886	3.859	3.719

El peso vivo promedio de los ovejoes no mostró diferencia ($P>0.05$) entre periodos (Cuadro 2). De igual forma, el peso vivo promedio de los animales no difirió significativamente ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 3). Estos resultados representan medias ajustadas según el peso inicial. Las ganancias en peso vivo fueron pequeñas, sin embargo, el estudio no fue diseñado para medir ganancia en peso de los animales.

Cuadro 2.

Peso vivo promedio de ovejoes en cada periodo experimental

Periodo	Medias Ajustadas
	----- (kg) -----
I	26.4a
II	27.1a
III	27.5a
Error Std.	.4011

a Letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias significativas ($P>0.05$).

Cuadro 3.

Peso vivo promedio de ovejoes consumiendo heno de Bermuda y de MR (accesiones 17033 y 17097)

Tratamiento	Medias Ajustadas
	----- (kg) -----
Bermuda	27.0a
MR 17033	26.9a
MR 17097	27.0a
Error Std.	.4011

a Letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias significativas ($P>0.05$).

Las accesiones 17033 y 17097 del MR no difirieron entre sí ($P>0.05$) en términos del consumo diario de la MS, la MO y la FDA, pero superaron estadísticamente ($P<0.05$) a la hierba B con diferencias promedio de 0.276 (0.7442 vs. 1.02 kg/d), 0.241 (0.6782 vs. 0.919 kg/d) y 0.099 (0.2774 vs. 0.376 kg/d), respectivamente (Cuadro 4). Igual situación existe al expresar el consumo relativo al peso vivo, siendo las correspondientes cifras: 2.636% vs. 3.45%, MS; 2.593% vs. 3.40%, MO y 1.074% vs. 1.41%, FDA a favor de los henos de MR. En cambio, el consumo absoluto o relativo de la FDN al peso vivo, no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tres tratamientos (0.506 kg/d y 1.93%, promedios generales).

Cuadro 4.

Consumo diario de la MS, MO, FDN y FDA en ovejos jóvenes alimentados con heno de hierba Bermuda y de maní rizomatoso (accesiones 17033 y 17097).

Componente	Heno		
	Bermuda	17033	17097
Consumo	----- kg/d-----		
MS	0.74a	1.04b	1.00b
MO	0.68a	0.94b	0.90b
FDN	0.52a	0.49a	0.51a
FDA	0.28a	0.39b	0.37b
Consumo por peso vivo	----- %-----		
MS	2.64a	3.48b	3.43b
MO	2.59a	3.36b	3.44b
FDN	2.00a	1.87a	1.94a
FDA	1.07a	1.42b	1.39b

a, b Promedios con diferente letra dentro de una misma fila son significativamente diferentes ($P<0.05$).

Digestibilidad In Vivo

La digestibilidad *in vivo* de los tres henos se presenta en el Cuadro 5. Hubo una diferencia entre ambas accesiones de MR en la digestibilidad de la MS y la MO, siendo el del MR 17097 mayor ($P<0.05$) a los otros dos henos, mientras que el MR 17033 superó a la hierba B. La digestibilidad de la PB y el contenido de ED, fue mayor ($P<0.05$) para la accesión 17033 y los valores de la accesión 17097 superaron a los de la gramínea. En cuanto a la digestibilidad de la FDN, la accesión 17097 superó ($P<0.05$) a los otros dos henos, pero la 17033 y la Bermuda no fueron diferentes entre sí. Por otro lado, la digestibilidad de la FDA de las dos accesiones del MR aventajaron ($P<0.05$) a la gramínea pero no difirieron entre sí.

Cuadro 5.

Digestibilidad *in vivo* de la MS, MO, FDN, FDA, PB y energía digerible (ED) en ovejitos jóvenes consumiendo henos de hierba Bermuda y maní rizomatoso (accesiones 17033 y 17097)

Componente	Heno			Media
	Bermuda	17033	17097	
	-----%-----			
MS	47.88a	57.11b	58.58c	54.52
MO	50.74a	58.62b	60.92c	56.76
FDN	45.97a	45.80a	51.38b	47.72
FDA	43.72a	51.45b	52.53b	49.24
PB	33.86a	64.62c	59.36b	52.62
ED (Mcal/Kg)	1.936a	2.258c	2.132b	2.11

a,b,c Letras diferentes dentro de una misma fila indican que hay diferencia significativa ($P<0.05$).

Los resultados obtenidos para la DIVOMS del MR (57.8 %, en promedio) concuerdan con lo reportado por Romero et al. (1987) (55.6 %), Williams et al. (1990) (60 %) y Lieb et al. (1993) (56 %), todos ellos utilizando heno de la variedad Florigraze. Staples et al. (1997) determinaron una digestibilidad de MS de 59.5% para el ensilaje de maní del cultivar Florigraze. En cuanto a la digestibilidad *in vivo* de la MO (DIVOMO), los resultados presentes para ambas accesiones de MR (59.8 % en promedio) tienden a ser menores a los reportados en otras investigaciones como la de Gelaye et al. (1990) (64 %) y Gelaye y Amoah (1991) (72.3%). En aquellos dos estudios, a diferencia del presente, los animales experimentales fueron cabras jóvenes. Los resultados indican que tanto las cabras como las ovejas digieren en igual o mayor proporción la materia orgánica del MR, pero en este caso es comparado con alfalfa y no con una gramínea.

En el presente estudio, la digestibilidad *in vivo* de la FDN (DIVOFDN) del MR 17097, pero no la del MR 17033, se asemeja a los valores obtenidos por Gelaye et al. (1990) y Gelaye y Amoah (1991) con la variedad Florigraze (49.5% y 50.9%, respectivamente). Lieb et al. (1993) informaron una DIVOFDN de 43% para el heno de MR Florigraze, valor similar al del MR 17033 (45.80%). Romero et al. (1987) reportaron un valor mayor de 58.0% con la variedad Florigraze. Los resultados presentes para la digestibilidad de la FDA del MR (52.0% en promedio) son mayores a los reportados por otros investigadores: 45%, por French et al. (1993); 45%, por Lieb et al. (1993); 48.8%, por Gelaye et al. (1990) y 33.1%, por Gelaye y Amoah (1991). French et al. (1993) reportaron un valor de 2.5 Mcal/kg ED para la variedad Florigraze, un resultado levemente superior a los aquí presentados para las accesiones 17033 y 17097 (2.26 y 2.13 Mcal/kg, respectivamente).

Digestibilidad In Situ e In Vitro

La digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS) de las dos accesiones de MR (71.6 %, en promedio) fue mayor ($P < 0.05$) que la de la hierba B. La diferencia entre las accesiones 17033 y 17097 no fue significativa ($P > 0.05$) (Cuadro 6). La DISMO fue menor ($P < 0.05$) en el heno de B y mayor en el heno de MR 17033. La digestibilidad *in situ* de la FDN (DISFDN) del MR 17033 fue la más alta (43.34%) entre los henos evaluados, pero ésta no fue significativamente mayor ($P > 0.05$) al MR 17097 (41.16%), mientras que el heno de B con 25.14% fue el de menor DISFDN ($P < 0.05$). La baja digestibilidad de la FDN del heno de B se debe a su mayor contenido de componentes fibrosos, en especial la lignina y la celulosa.

No hubo diferencia significativa en la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) entre ambas accesiones de MR, mientras que el promedio de ambas fue mayor a la digestibilidad del heno de B. De igual forma, las diferencias en la digestibilidad *in vitro* de la FDN (DIVFDN) entre las accesiones de MR no fueron significativas, pero en promedio éstas fueron mayores que la de la B.

Tanto la digestibilidad *in situ* (DIS) como la digestibilidad *in vitro* (DIV) parecen haber sobreestimado (Figura 1) la digestibilidad de la MS relativo al método *in vivo*. Una posible explicación para esto es que en los métodos *in situ* e *in vitro* sólo se estima la digestión que ocurre en el rumen, sin embargo, en el método *in vivo* se obtiene una digestión del tracto completo. Por otro lado, la digestibilidad *in situ* e *in vitro* de la MS del heno de hierba B se acercaron mucho más a la digestibilidad *in vivo* (48.12 y 44.74% vs. 47.88%, respectivamente; Figura 3). Al comparar los valores de la digestibilidad *in situ* e *in vitro* de la FDN, se encontró que hay similitud entre los valores de ambas

accesiones de MR. Sólo la digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la accesión 17033 presentaron similitud con la digestibilidad *in vivo* de la FDN. Para la digestibilidad de la FDN de la hierba B ninguno de los métodos, *in situ* o *in vitro*, mostraron similitud con los valores obtenidos en el método *in vivo* (Figura 5).

La digestibilidad de la FDN fue subestimada por los métodos, *in vitro* e *in situ*, en comparación con el método *in vivo*. Por el contrario, los métodos *in situ* e *in vitro* sobreestimaron la digestibilidad de la MO de ambas accesiones de MR, en comparación con el análisis *in vivo*. Sin embargo, para el heno de B la digestibilidad de la MO fue subestimada por los métodos *in situ* e *in vitro*.

Cuadro 6.

Digestibilidad *in situ* e *in vitro* de la MS, MO y FDN de los henos de hierba Bermuda y del maní rizomatoso (accesiones 17033 y 17097) luego de 48h de incubación

Componente	Heno			Media
	Bermuda	17033	17097	
Digestibilidad <i>in situ</i>	-----%-----			
MS	48.12a	73.07b	70.19b	63.79
MO	41.13a	64.96b	61.41c	55.83
FDN	25.14a	43.34b	41.16b	36.55
Digestibilidad <i>in vitro</i>				
MS	44.74a	68.13b	65.53b	59.47
MO	44.06a	65.21b	60.96c	56.74
FDN	30.01a	43.61b	40.81b	38.14

a,b,c Letras iguales dentro de una misma fila indican que no hay diferencia (P>0.05).

La digestibilidad promedio de la MS para los tres henos evaluados fue mayor para el método *in situ*, seguida del método *in vitro* (Figura 1). Esto demuestra cómo ambos métodos sobreestimaron lo ocurrido en el método *in vivo*. Por el contrario, la digestibilidad de la FDN fue mayor en el método *in vivo*, seguida del método *in vitro* (Figura 2), lo cual demuestra que ambos métodos, *in vitro* e *in situ* subestimaron lo ocurrido en el *in vivo*. Las figuras 3 y 4 muestran qué método obtuvo la mayor digestibilidad de la MS para la hierba B y ambas accesiones de MR, respectivamente. En términos de la digestibilidad de la MS, ambas figuras muestran el mismo patrón siendo el método *in situ* el de mayor digestibilidad. La digestibilidad de la MS de la hierba B siempre fue menor que la del MR (17033 y 17097) en los tres métodos utilizados.

Del mismo modo, la digestibilidad de la FDN para la hierba B mostró ser menor que la del MR (17033 y 17097) (Figuras 5 y 6). Para la hierba B (Figura 5), el método que mayor digestibilidad de la FDN obtuvo fue el *in vivo*, mostrando una marcada diferencia con los otros dos métodos, igual a lo ocurrido en la Figura 2. La digestibilidad de la FDN del MR (combinados) (Figura 6) se comportó de igual modo que la de la hierba B, siendo el método *in vivo* el de mayor digestibilidad. Sin embargo, en este caso la diferencia entre métodos no fue tan marcada como lo fue para la Bermuda.

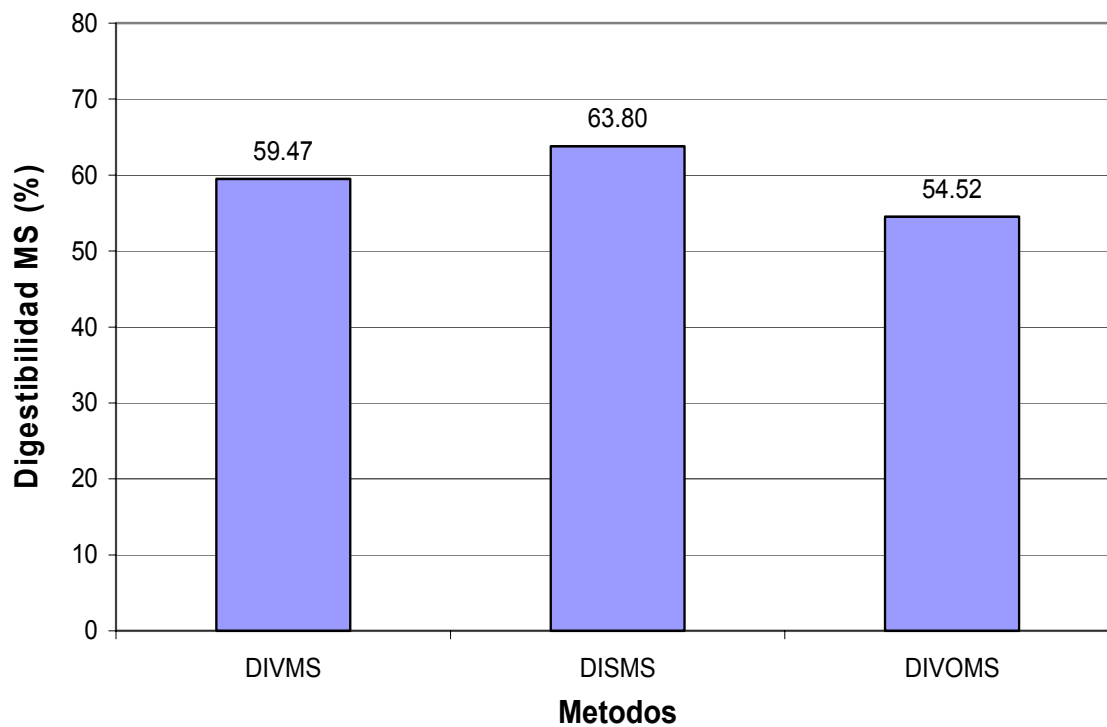


Figura 1. Digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados estimada por cada método

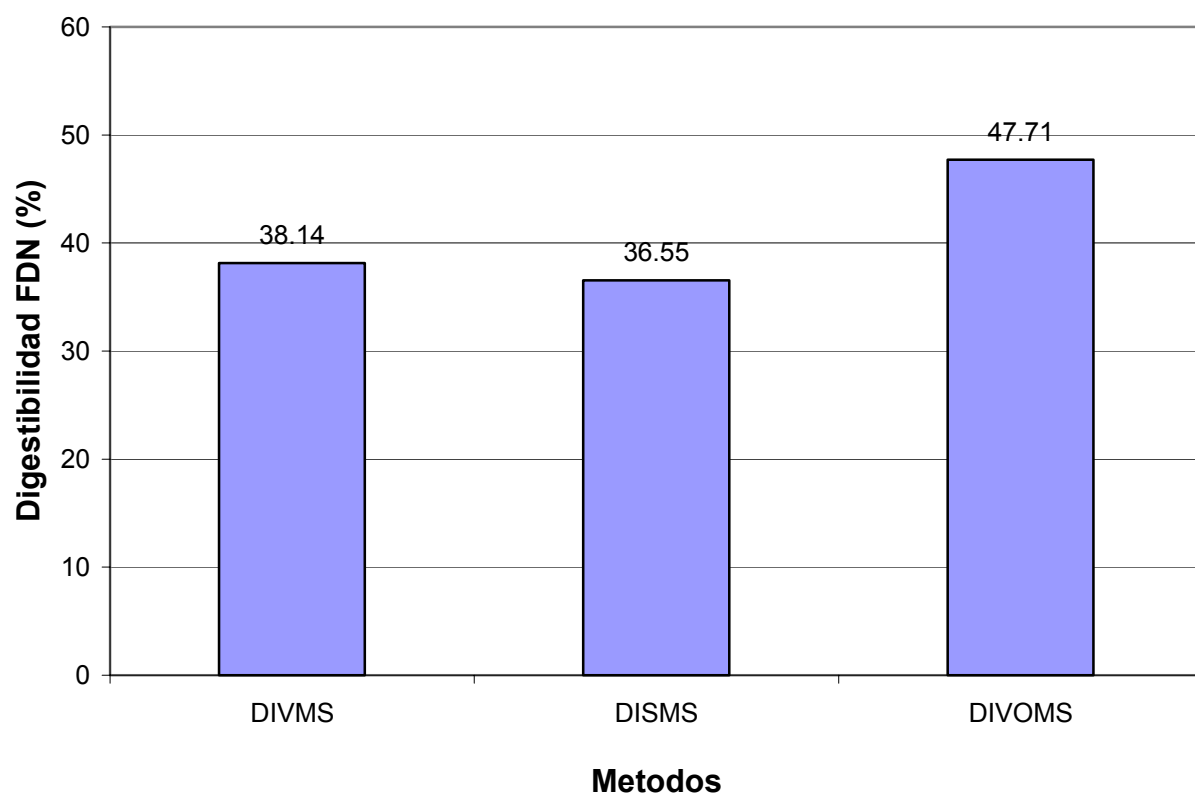


Figura 2. Digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados estimada por cada método

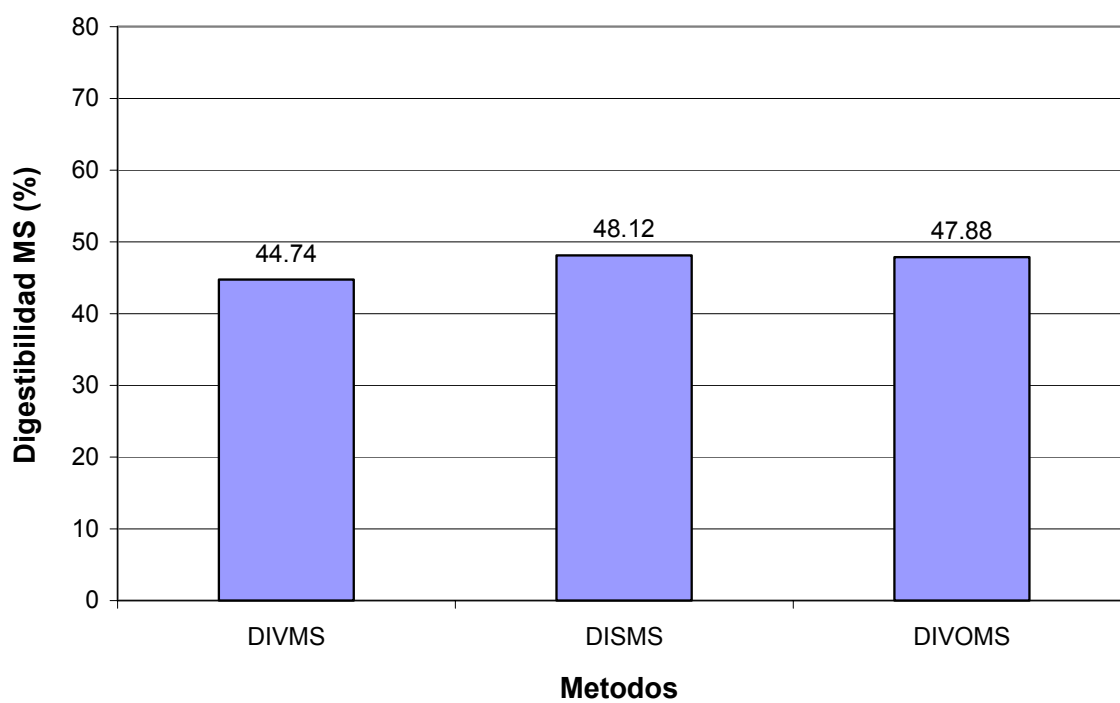


Figura 3. Digestibilidad promedio de la MS de la hierba B estimada por cada método

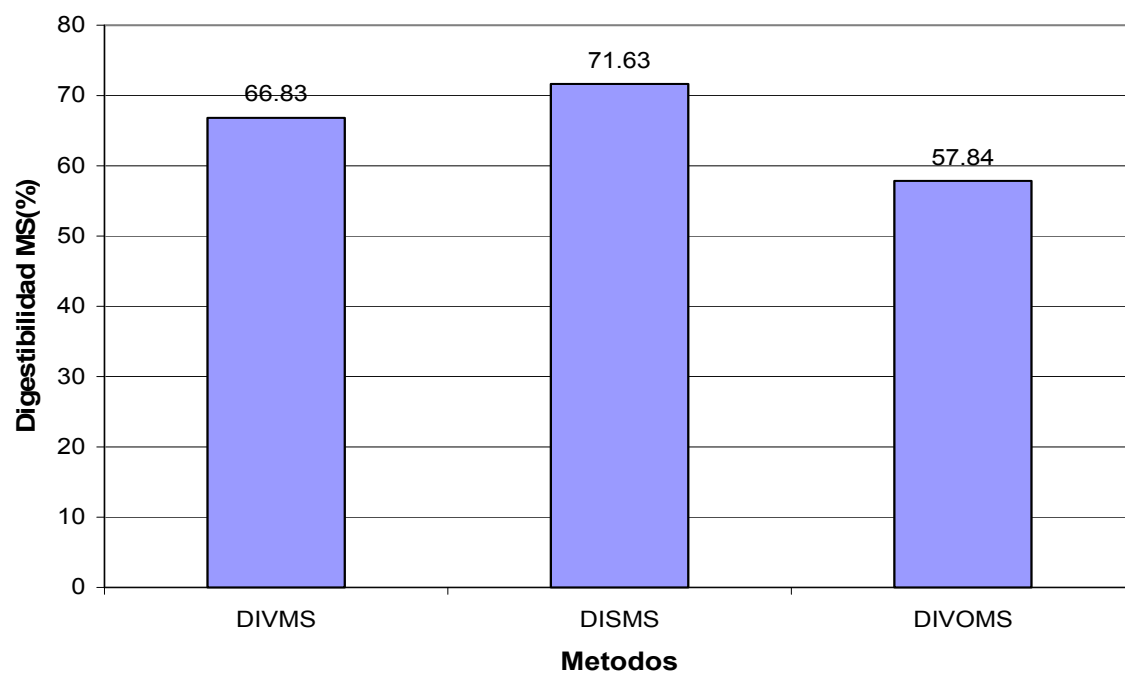


Figura 4. Digestibilidad promedio de la MS del MR 17033 y 17097 combinados estimada por cada método

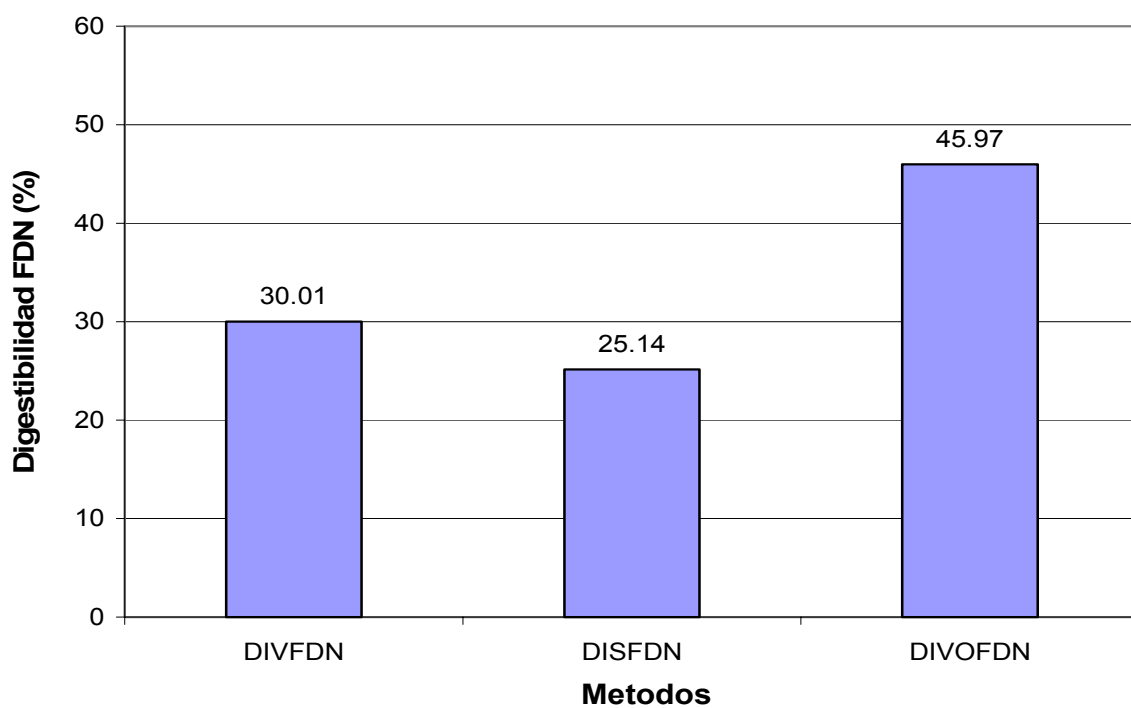


Figura 5. Digestibilidad de la FDN de la hierba Bermuda estimada por cada método

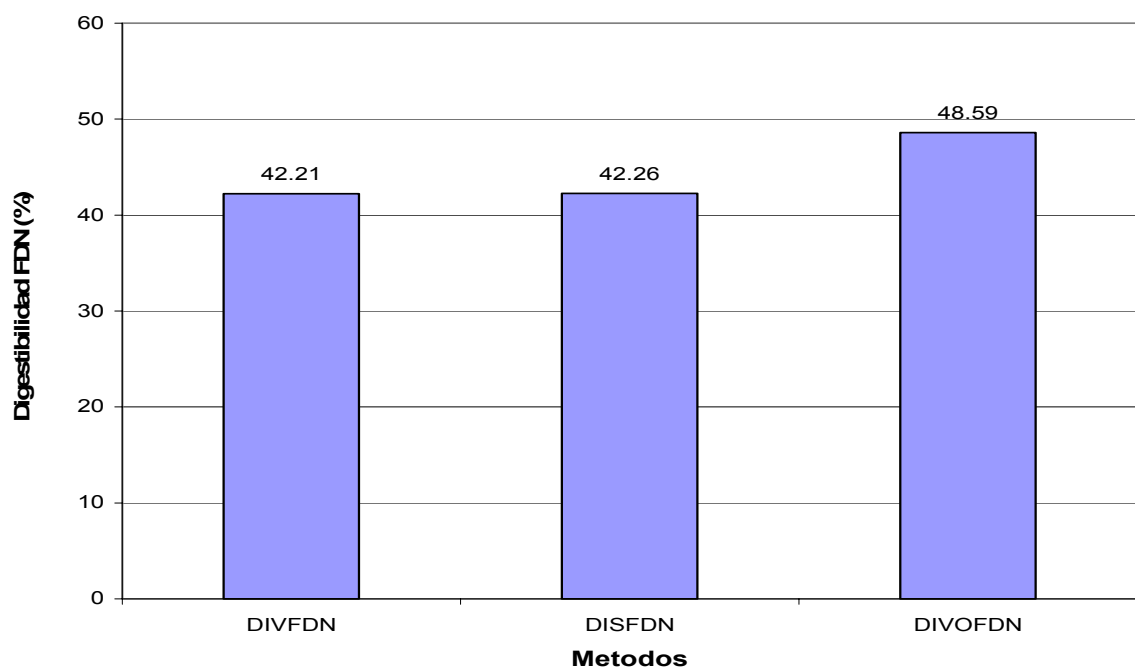


Figura 6. Digestibilidad de la FDN del MR 17033 y 17097 combinados estimada por cada método

Correlación de la digestibilidad *in vitro* e *in situ* con la digestibilidad *in vivo*

Los métodos *in situ*, *in vitro* e *in vivo* utilizados para determinar la digestibilidad de la MS, la MO y la FDN se compararon entre sí en todas las posibles combinaciones con miras a cuantificar la relación existente entre ellos (Figuras 7-15). La combinación de dos métodos que mostró mayor similitud en su comportamiento para todos los componentes fue la de *in vitro* vs. *in situ*. Para digestibilidad de la MS (Figura 7) la ecuación de regresión que mejor explica la relación entre *in vitro* e *in situ* es $Y = 0.9193x + 0.8183$ ($r^2 = .9581$, $P < .0001$) donde el valor de r^2 cercano a 1 indica que la correlación es alta. Por otro lado, el método que mejor simula lo ocurrido en el método *in vivo* para la digestibilidad de MS lo es el *in vitro* ($r^2 = .9023$; Figura 8) seguido por el método *in situ* ($r^2 = .8886$; Figura 9).

Para la digestibilidad de la MO (Figura 10) ocurre lo mismo que en la digestibilidad de MS, la combinación de los métodos *in vitro* e *in situ* $Y = .8516x + 9.20$ ($r^2 = .9424$, $P < .0001$) resultó ser la mejor, ya que su r^2 es casi tan alto como en el caso anterior. De los métodos evaluados para la digestibilidad de la MO, el *in situ* fue el que mejor simuló al método *in vivo* ($r^2 = .835$; Figura 12), seguido del método *in vitro* ($r^2 = .7993$; Figura 11). En el caso de la digestibilidad de la FDN (Figura 13) la ecuación que mejor explica la relación entre los métodos *in vitro* e *in situ* es $Y = .5446x + 18.515$ ($r^2 = .6429$, $P < .0094$), donde el r^2 es relativamente bajo en comparación con los de MS y MO. De igual forma que en la digestibilidad de la MO, el método que mejor simula la digestibilidad de FDN obtenida en el método *in vivo* es el *in situ* ($r^2 = .0894$; Figura 15) seguido por el método *in vitro* ($r^2 = .0719$; Figura 14). Estos valores nos indican que los métodos *in vitro* e *in situ* no

simulan de forma eficiente lo que ocurre para la digestibilidad de FDN en el método *in vivo*.

En resumen, según el análisis de regresión lineal, la digestibilidad de la FDN en el método *in vivo* no fue bien estimada por ninguno de los otros dos métodos (siendo el *in situ* el de mayor similitud), mientras que el método *in situ* fue el mejor estimador de la digestibilidad de la MO y el *in vitro* fue el de la MS. Estos resultados difieren a lo encontrado por Marinucci et al. (1992) en el cual la digestibilidad de la MS de la alfalfa fue mucho mayor al determinarse por el método *in situ* que por el *in vitro* (70.9 y 59.8%, respectivamente). Cherney et al. (1993) establecieron que el método *in vitro* es el que mejor se relaciona al *in vivo*, aunque señalaron que el método *in vitro* es bien susceptible a variaciones debido a varios factores que exigen un buen control. Algunos de estos factores causantes de variación son la fuente del inóculo, la dieta basal, la especie del animal donante y la hora de recolección del inóculo (lapso antes o después de la alimentación).

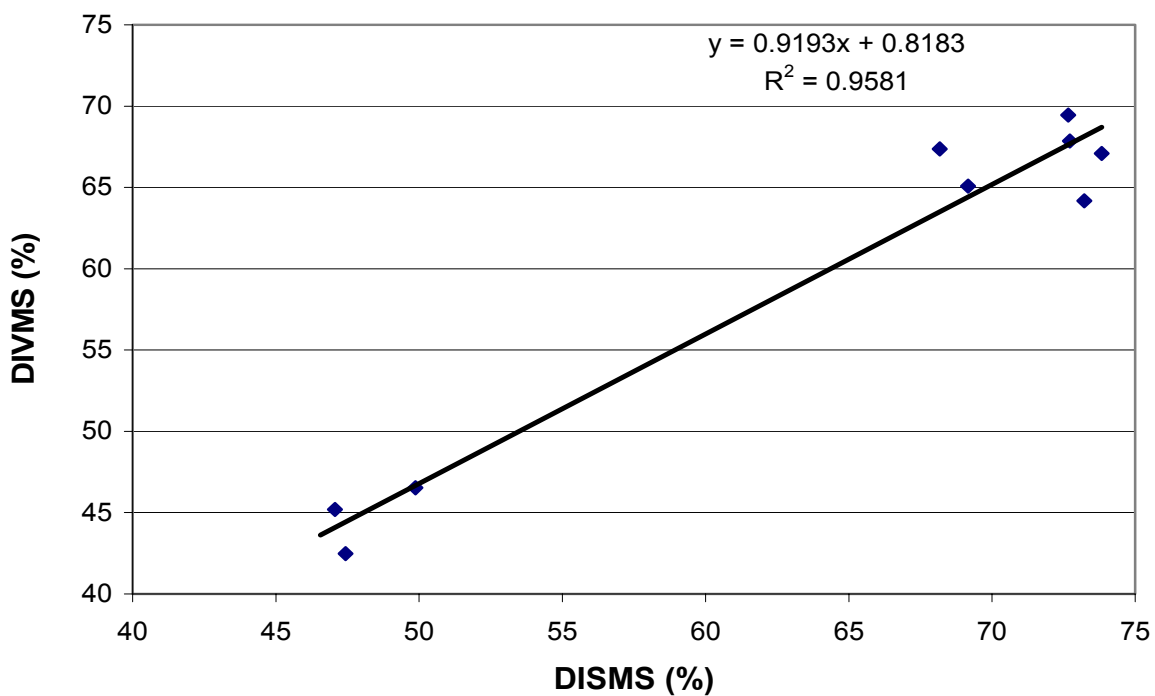


Figura 7. Relación entre los métodos *in vitro* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados

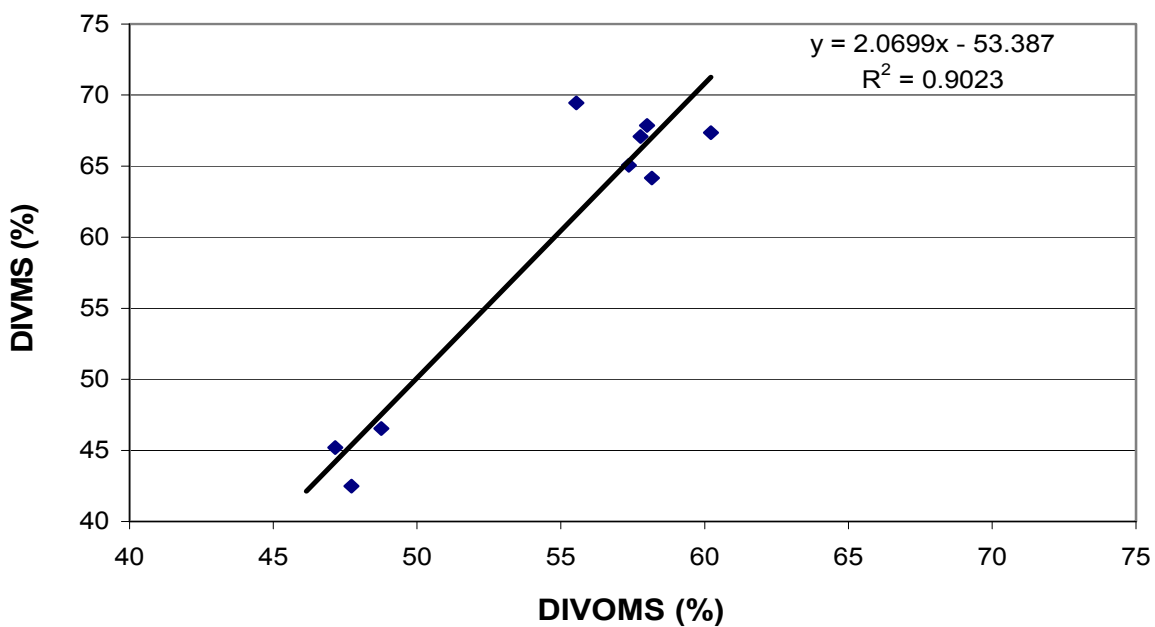


Figura 8. Relación entre los métodos *in vitro* e *in vivo* para determinar la digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados

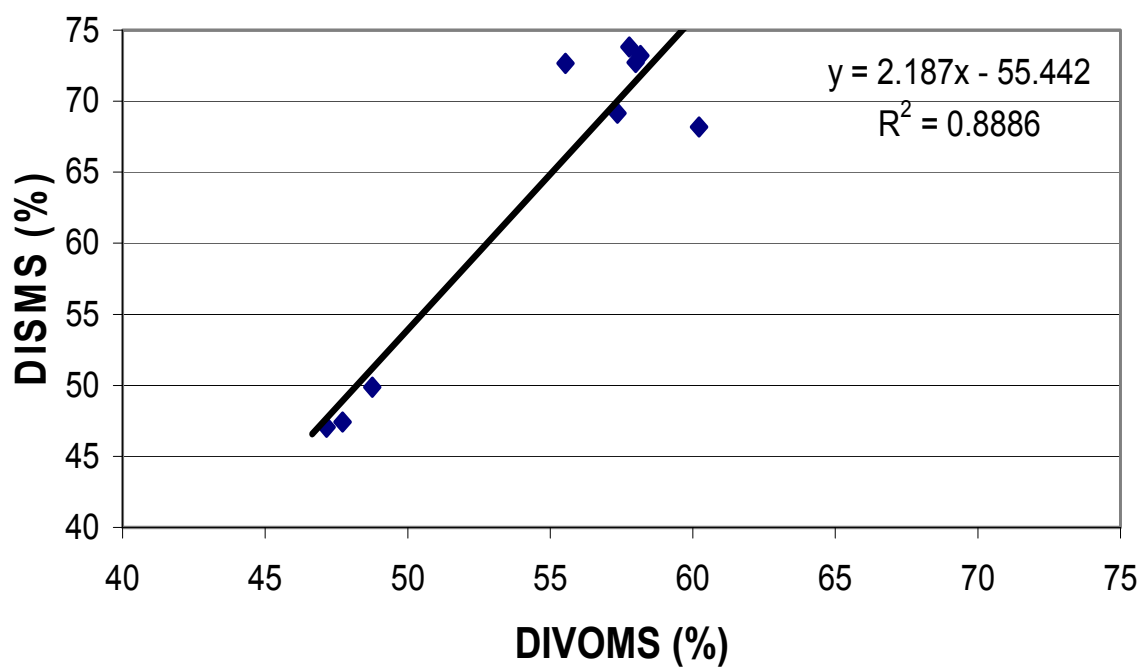


Figura 9. Relación entre los métodos *in vivo* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la MS de los tres henos evaluados

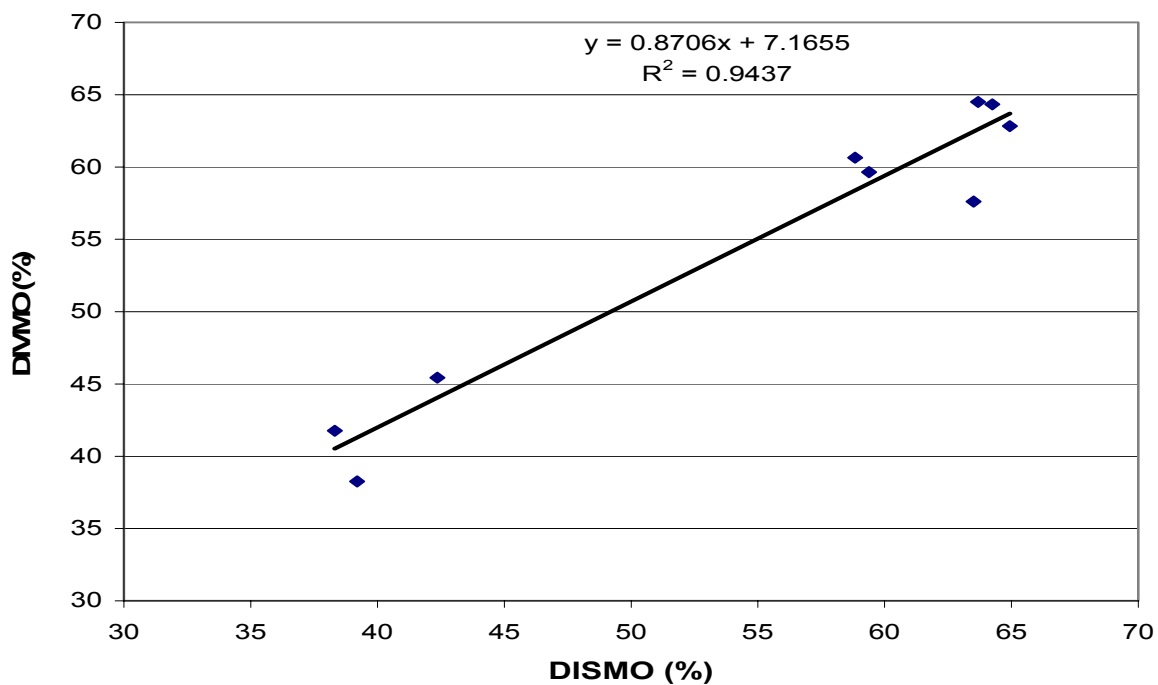


Figura 10. Relación entre los métodos *in vitro* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados

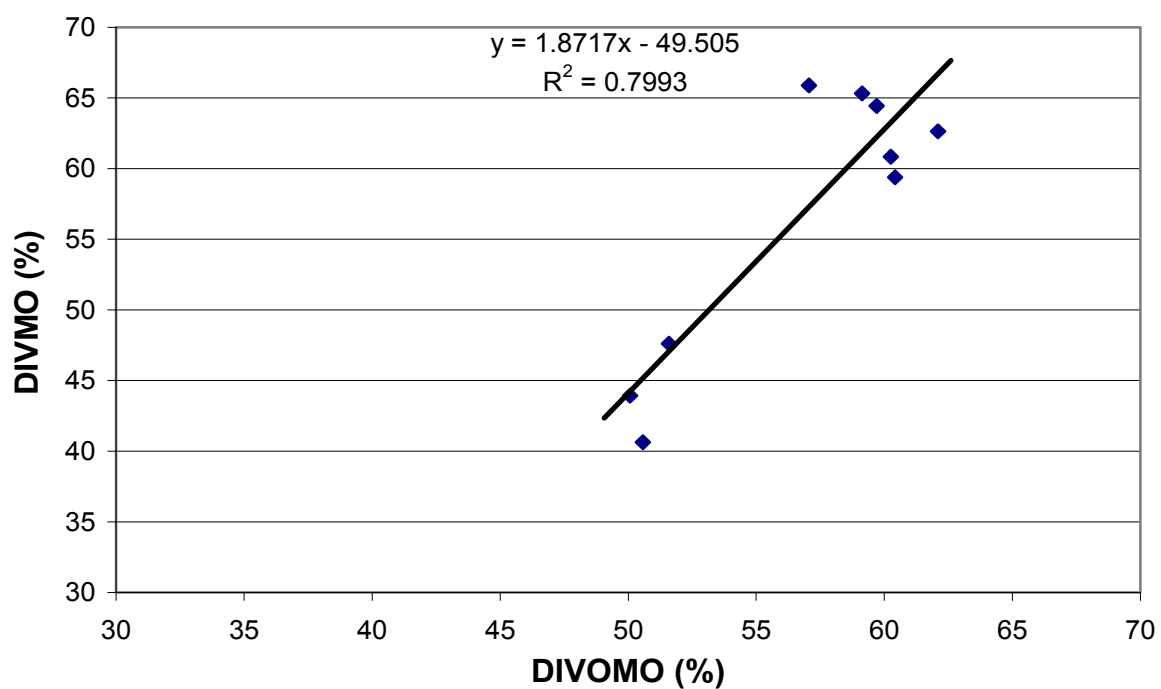


Figura 11. Relación entre los métodos *in vitro* e *in vivo* para determinar la digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados

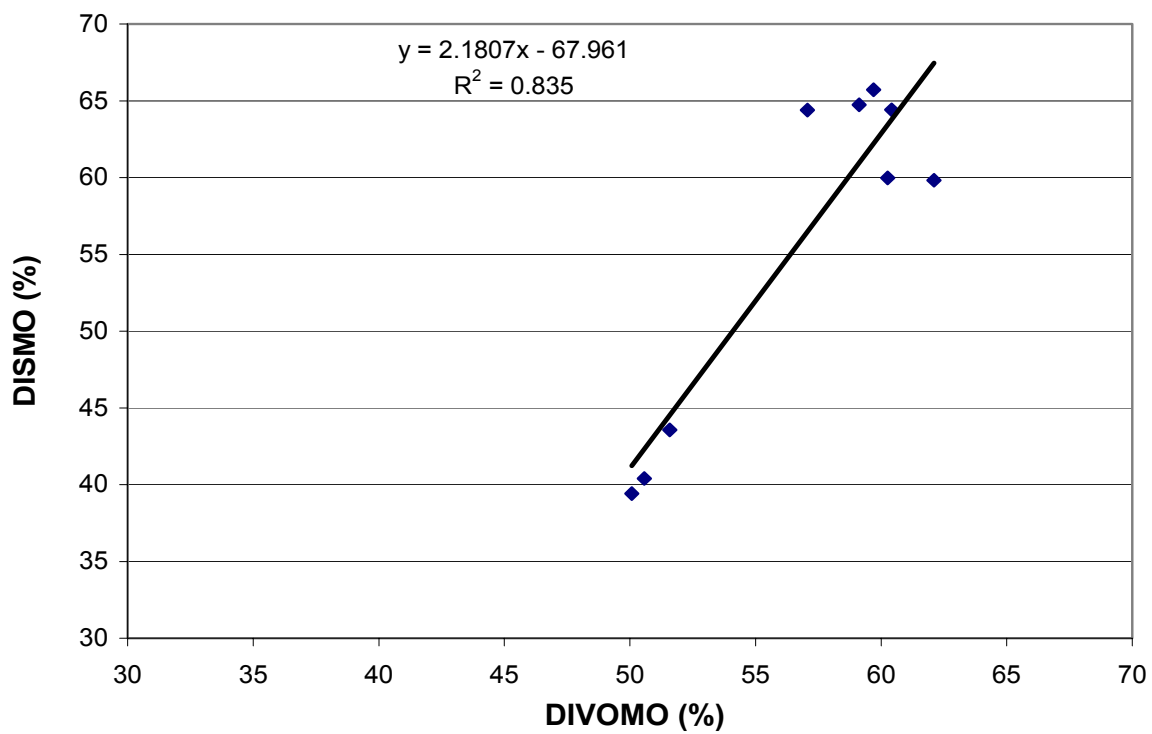


Figura 12. Relación entre los métodos *in vivo* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la MO de los tres henos evaluados

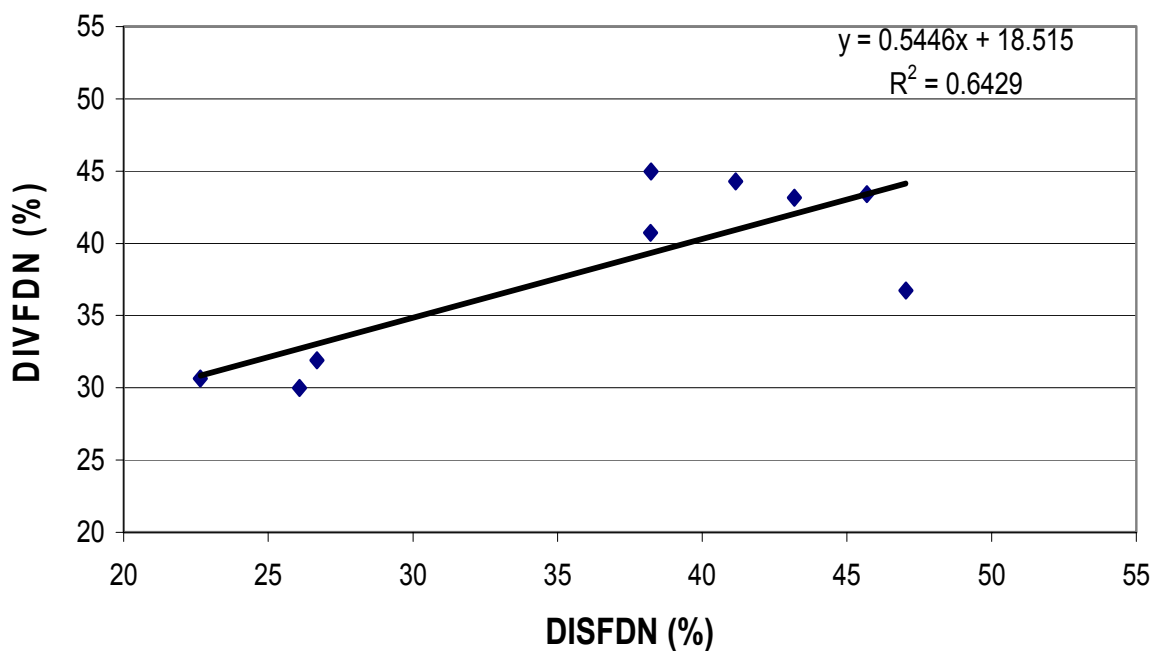


Figura 13. Relación entre los métodos *in vitro* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados

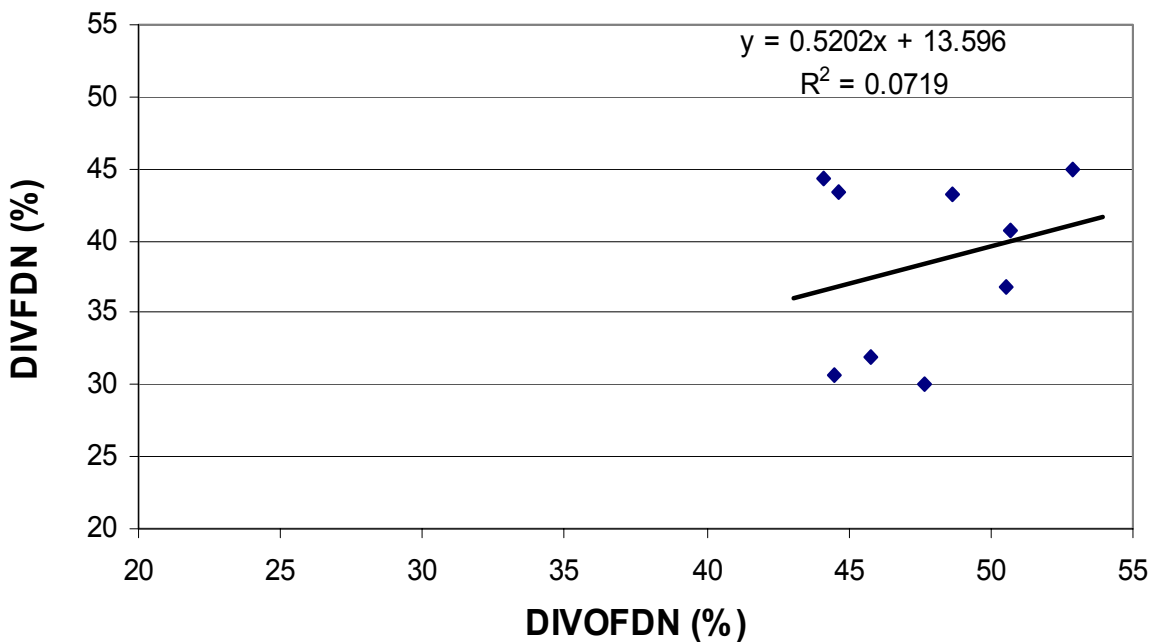


Figura 14. Relación entre los métodos *in vitro* e *in vivo* para determinar la digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados

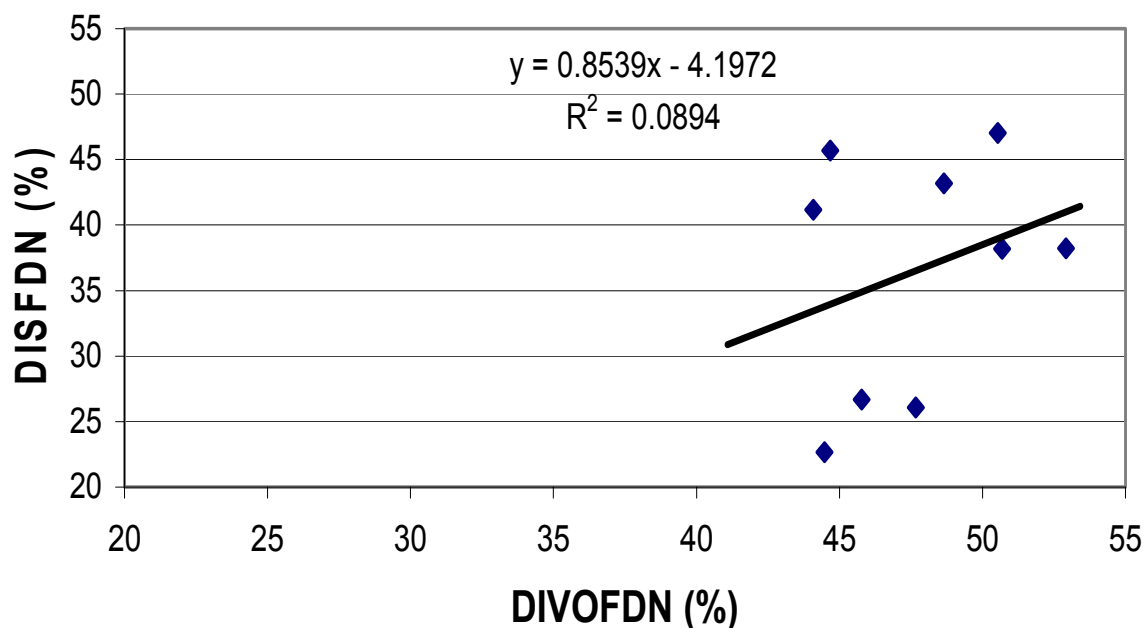


Figura 15. Relación entre los métodos *in vivo* e *in situ* para determinar la digestibilidad de la FDN de los tres henos evaluados

En el estudio presente los métodos, *in vitro* e *in situ*, mostraron una gran concordancia en la determinación de la digestibilidad de la MS y la MO ($r^2=.9581$ y $r^2=.9424$, respectivamente). La digestibilidad de la FDN resultó ser una determinación con alta variabilidad en todas las comparaciones de métodos efectuadas. Por tal razón, se comparó de forma separada la digestibilidad de la FDN del heno de B y el promedio de las digestibilidades de la FDN de los MR 17033 y 17097. La comparación de los métodos *in vivo* e *in situ* presentó la mejor concordancia o similitud en ambos casos [$r^2=.5143$ (Bermuda) y $r^2=.1446$ (MR 17033 y 17097)]. De esta manera se corroboró que el método *in situ* fue el que mejor estimó la digestibilidad *in vivo* de la FDN, aún cuando los valores de r^2 correspondientes no indican una buena capacidad de predicción, sobretodo para el caso del MR.

CONCLUSIÓN

El consumo voluntario del heno de maní rizomatoso de las accesiones 17033 y 17097 siempre fue mayor al del heno de Bermuda, no habiendo diferencia entre accesiones de maní rizomatoso. La digestibilidad *in vivo* de la FDA fue igual para ambas accesiones de maní rizomatoso, mientras que la accesión 17097 fue superior a la 17033 en la digestibilidad de la MS, la MO y de la FDN, siendo lo contrario en el caso de la digestibilidad de la PB y el contenido de ED. En todas estas fracciones la digestibilidad de la Bermuda fue significativamente menor a la de ambas accesiones de maní rizomatoso, excepto en el caso de la FDN, que fue inferior al maní rizomatoso 17097, pero no difirió del maní rizomatoso 17033.

También, por medio del uso de los métodos *in situ* e *in vitro* se determinó que el maní rizomatoso tiene mayor digestibilidad que la Bermuda. Por los criterios citados el maní rizomatoso mostró un potencial de calidad claramente superior a la de la Bermuda. De los métodos utilizados para determinar la digestibilidad de los tres forrajes, el método *in situ* fue en general (para la MO y la FDN) el que más se acercó al resultado *in vivo*, aunque no mostró buena capacidad de predicción para la digestibilidad de la FDN. El método *in vitro* es entonces el mejor estimador de la digestibilidad de la MS. Utilizando los criterios de consumo voluntario y de digestibilidad, se demostró el potencial de calidad del maní rizomatoso para la alimentación de los rumiantes.

IMPLICACIONES

A base de los resultados obtenidos en este estudio, el MR demostró ser un forraje con alto potencial para la producción animal en Puerto Rico. Al comparar el heno de MR con un heno comercial, utilizado en su mayoría para la producción de leche, el MR presentó una mayor calidad en términos de consumo y digestibilidad. Los ganaderos de Puerto Rico buscan principalmente en un alimento (heno, concentrado, etc.) que tenga un alto contenido de proteína. Este factor es una de las características más atractivas que presenta el MR. Del mismo modo, son importantes la digestibilidad y la aceptación por parte del animal, parámetros ya medidos y con resultados sobresalientes.

Otro aspecto importante a considerar es el de los agricultores productores de maní rizomatoso. Para ellos el enfoque sería diferente, ya que si produjeran este tipo de leguminosa la importación de heno de alfalfa podría ir disminuyendo hasta alcanzar la posibilidad de no importarla más. De tal forma, sus ingresos aumentarían debido a que los ganaderos comprarían este heno de calidad muy similar a la alfalfa y superior al heno de gramíneas.

En cuanto a los métodos para estimar digestibilidad a nivel de laboratorio (*in situ* e *in vitro*), éstos presentan la alternativa de no utilizar animales o menor número de animales, requieren menos mano de obra y permiten analizar un mayor número de muestras. Según nuestros resultados, estos métodos son confiables siempre y cuando se mantenga un buen control de las variables en el procedimiento.

Además de los análisis aquí realizados se sugiere la evaluación de otros criterios de utilización del MR, por ejemplo: los costos de establecimiento, el manejo y la cosecha; valor nutritivo del MR al ser utilizado como henilaje y ensilaje. También se debe

estudiar su posible uso para sustituir una fracción del concentrado en la producción de leche y su utilización en otras especies como conejos, cabros y caballos.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Analytical Chemists. Arlington. VA.
- Blezinger, S.B. 2002. Forage quality, digestibility play an important role in cattle production. Cattle Today Publications. www.cattletoday.com
- Campling, R.C. 1970. Physical regulation of voluntary intake. In: Physiology and metabolism in the ruminant. (ed. A. T. Phillipson). p. 226-234. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, U.K.
- Cancel, E. 2002. Efectos del nivel de concentrado y contenido de proteína protegida en el consumo voluntario y producción de leche en vacas Holstein. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis M.S.
- Cherney, D.J.R., Siliciano-Jones, J. y Pell, A. N. 1993. Technical Note: Forage in vitro dry matter digestibility as influenced by fiber source in the donor cow diet. Journal of Animal Science. V.71 p. 1335-1338.
- Church, D.C., Pond, W.G. y Pond, K.R. 2002. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. Editorial Limusa, Mexico.
- Cochran, R.C., Adams, D.C., Wallace, J.D. y Galyean, M.L. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. Journal of Animal Science. V.63 p. 1476-1483.
- Dunavin, L.S. 1992. Florigraze rhizoma peanut in association with warm-season perennial grasses. Agronomy Journal. V.32 p. 148-151.
- Evans, E.M. y Potter, J.F. 1984. The reproducibility of in vivo estimates of digestibility and voluntary digestible organic matter intake of grass varieties by sheep. Grass and Forage Science. V.39 p. 101-106.
- French, E.C. 1988. Perennial Peanut: A promising forage for dairy herd management in the tropics. International Conference on Livestock in the Tropics. Florida Extension Service. p. C-20-C-32.
- French, E.C., Prine, G.M. y Kroude, L.J. 1987. Perennial Peanut: Developments in animal research. International Conference on Livestock and Poultry in the Tropics. Florida Extension Service. p. A-6-A-13.
- French, E.C., Prine, G.M., Ocumpaugh, W.R., y Rice, R.W. 1993. Regional Experience with Forage Arachis in the United States. Biology and Agronomy of Forage Arachis, Chapter 15. p. 169-186.

- Gelaye, S. y Amoah, E.A. 1991. Nutritive value of florigraze rhizoma peanut as an alternative leguminous forage for goats. *Small Ruminant Research*. V.6 p. 131-139.
- Gelaye, S., Amoah, E.A. y Guthrie, P. 1990. Performance of yearlings goats fed alfalfa and florigraze rhizoma peanut hay. *Small Ruminant Research*. V.3 p. 353-361.
- Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970. Forage fibre analyses. Apparatus, reagents, procedures and some applications. Agriculture Research Service, USDA, Washington DC, Handbook. No.329.
- Jordan, E., Stokes, S. y Tomaszewki, M. 2001. Forage digestibility influences bottom line. Texas Cooperative Extension, The Texas A&M University System.
- Kunkle, W.E., Spreen, T.H., Hammond, A.C., Butts, W.T., Williams, M.J. y Baker, F.S. Jr. 1989. Effect of winter nutrition level and bahia and perennial peanut pasture on performance of growing cattle. International Conference on Livestock in the Tropics. p. A-19-A-27.
- Lieb, S., Ott, E.A. y French, E.C. 1993. Digestible nutrients and voluntary intake of rhizomal peanut, alfalfa, bermudagrass and bahiagrass hays by equine. 13th Equine Nutrition and Physiology Symposium Proceedings; University of Florida. Equine Nutrition Physiology Society. p. 98-99.
- Marinucci, M.T., Dehorty, B.A. y Loerch, S.C. 1992. In vitro and in vivo studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal of Animal Science*. V.70 p. 296-307.
- Meyer, J.H.F. y Mackie, R.I. 1986. Microbiological evaluation of the intraruminal in sacculus digestion technique. *Applied Environmental Microbiology* V.41 p. 622.
- Mir, P.S. y Mir, Z. 1993. Growth of and digestibility by sheep fed diets comprising mixtures of grass and legume hay compared with those fed high-grain diets. *Canadian Journal of Animal Science*. V.73 p. 101-107.
- Nocek, J.E. 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A Review. *Journal of Dairy Science*. V.71 p. 2051-2069.
- Oba, M. y Allen, M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. V.82 p. 589-596.
- Ocuppaugh, W.R. 1990. Production and nutritive value of Florigraze rhizoma peanut in a semiarid climate. *Agronomy Journal*. V.82 p. 179-182.
- Onwuka. 1988. Evaluation of digestibility of browse using in sacco, in vitro and in vivo techniques. p. 291-295.

- Ondarza, M.B. 2002. *Ketosis and Fatty Liver*. www.farme.com
- Ortega-S., J.A., Sollenberger, L.E., Quesenberry, K.H., Cornell, J.A. y Jones, C.S. Jr. 1992. Productivity and persistence of rhizoma peanut pastures under different grazing managements. *Agronomy Journal*. V.84 p. 799-804.
- Prine, G.M. 1985. Rhizoma Perennial Peanuts-Establishment and Utilization. *Livestock and Poultry in Latin America*. p. A-11- A18.
- Prine, G.M., Dunavin, L.S., Moore, J.E. y Roush, R.D. 1981. Florigraze Rhizoma Peanut, A Perennial Forage Legume. USDA Soil Conservation Service. p. 1-22.
- Reed, E. y Beylea, R.L. 1998. A comparison between in situ and in vitro digestibility of corn and sorghum. UMC Animal Science Departmental Report. p. 132-134.
- Robertson, J.B., Van Soest, P.J. y Torres, F. 1972. Substitution of filter paper for crucibles in the in vitro rumen digestibility determination. *Journal of Dairy Science*. V.55 p. 1305.
- Romero, F., Van Horn, H.H., Prine, G.M. y French, E.C. 1987. Effect of cutting interval upon yield, composition and digestibility of Florida 77 alfalfa and Florigraze rhizoma peanut. *Journal of Animal Science*. V.65 p. 786-796.
- Ruiz, T.M., Ramos-Santana, R. y Sotomayor-Rios, A. 2000. Dry matter yields of rhizoma perennial peanut (*Arachis glabrata*) harvested at six, nine and twelve weeks at two semiarid sites. *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico*. V.84 (3-4) p. 115-131.
- Said, A.N. y Tolera, A. 1993. The supplementary value of forage legume hays in sheep feeding diets: feed intake, nitrogen retention and body weight change. *Livestock Production Science*. V.33 p. 229-237.
- Saldivar, A.J., Ocumpaugh, W.R., Gildersleeve, R.R. y Moore, J.E. 1990. Growth analysis of 'Florigraze' rhizoma peanut: Forage nutritive value. *Agronomy Journal*. V.82 p. 473-477.
- Saldivar, A.J., Ocumpaugh, W.R., Gildersleeve, R.R. y Prine, G.M. 1992. Growth analysis of Florigraze rhizoma peanut: shoot and rhizome dry matter production. *Agronomy Journal*. V.84 p. 444-449.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT® User's Guide (Release 8.1). SAS Inst. Inc., Cary, N.C. 1686 pp.
- Schwartz, H.M. y Gilchrist, F.M.C. 1975. Microbial interactions with the diet and the host animal. In: *Digestion and metabolism in the ruminant* (eds. I. W. McDonald and A.C. Warner), p. 165-180. Univ. of New England Publishing Unit, Armidale.

- Staples, C.R., Emanuele, S.M. y Prine, G.M. 1997. Intake and nutritive value of Florigraze rhizoma peanut silage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. V.80 p.541-549.
- Terrill, T.H., Gelaye, S., Mahotiere, S., Amoah, E.A., Miller, S., Gates, R.N. y Windham, W.R. 1996. Rhizoma peanut and alfalfa productivity and nutrient composition in Central Georgia. *Agronomy Journal*. V.88 p. 485-488.
- Udén, P. y Van Soest, P.J. 1984. Investigation of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *Journal of Animal Science*. V.58 (1) p. 213-221.
- Valencia, E., Williams, M.J., Chase, C.C. Jr., Sollenberger, L.E., Hammond, A.C., Kalmbacher, R.S. y Kunkle, W.E. 2001. Pasture management effects on diet composition and cattle performance on continuously stocked rhizoma peanut-mixed grass swards. *Journal of Animal Science*. V.79 p. 2456-2464.
- Van Soest, P.J. 1975. Physico-chemical aspects of fibre digestion. In: *Digestion and metabolism in the ruminant* (eds. I. W. McDonald and A. C. I. Warner), p. 351-356. The University of New England Publishing Unit, Armidale.
- Varel, V.H. y Kreikemeier, K. K. 1995. Technical Note: Comparison of in vitro and in situ digestibility methods. *Journal of Animal Science*. V.73 p. 578-582.
- Vélez Santiago, J., Arroyo Aguilú, J.A., Fuentes, F. y Torres, A. 1984. Evaluation of eight alfalfa cultivars in a cumulic haplustolls of southern Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. V. 68 p. 121-130.
- Vélez Santiago, J., Arroyo Aguilú, J.A., Torres Rivera, S. y Corchado Juarbe, N. 1983. Performance and chemical composition of 18 nondormant alfalfa cultivars at the Lajas valley. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. V. 67 p. 204-212.
- Vicente-Chandler, J., Caro Costas, R., Abruña, F. y Silva, S. 1983. Producción y utilización intensiva de las forrajeras en Puerto Rico. *Boletín* 271.
- Weakley, D.C., Stern, M.D. y Satter, L.D. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *Journal of Animal Science*. V.56 (1) p. 493-507.
- Wiktorsson, H. 1971. The effect on milk yield of different levels of roughage to dairy cows. *Swedish J. Agr. Res.* V.1 p. 105-114.
- Williams, M.J., Hammond, A.C. y Kunkle, W.E. 1990. Rhizoma Perennial Peanut (*Arachis glabrata*) based animal production systems for the Caribbean basin. *Caribbean Food Crops Society. 26th Annual Meeting*. p. 611-624.

Williams, M.J., Hammond, A.C., Kunkle, W.E. y Spreen, T.H. 1991. Stocker Performance on Continuously Grazed Mixed Grass-Rhizoma Peanut and Bahiagrass Pastures. *J. Prod. Agric.* V.4 p.19-24.