

Efecto del nivel de inclusión de soya en la digestibilidad *in vitro* de la harina de piscidium de *Moringa oleifera*

Effect of the soybean inclusion rate on the *in vitro* digestibility of the meal from *Moringa oleifera* pods

I. L. Montejo¹, O. López¹, Tania Sánchez¹, S. Muetzel², K. Becker² y L. Lamela¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

E-mail: lenin@indio.atenas.inf.cu

²Universidad de Hohenheim, Alemania

Resumen

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de harina de soya, en forma de reactivo para simular el efecto de un concentrado proteínico, en la digestibilidad *in vitro* de la harina de piscidium (vainas) de moringa. Se evaluaron nueve tratamientos de piscidium de moringa:soya (100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; 50:50; 40:60; 20:80 y 0:100), con un diseño completamente aleatorizado y tres réplicas por cada tratamiento. Se observó un incremento en la producción de gas con el aumento del porcentaje de inclusión de soya; la digestibilidad verdadera tuvo un comportamiento similar. En cambio, la producción de biomasa microbiana alcanzó su mayor valor con la inclusión de la soya al 10%. Se concluye que la adición de la soya mejora la digestibilidad de las vainas de moringa, y que la eficiencia óptima de aprovechamiento de esta dieta se alcanza con la inclusión del 10% de soya.

Palabras clave: Digestibilidad, harinas, *Moringa oleifera*, soya

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effect of the inclusion of soybean meal, in this case in a way of a lab reactive, simulating a conventional protein concentrate, on the *in vitro* digestibility of the meal from *Moringa oleifera* pods. Nine treatments of *M. oleifera* pods:soybean were evaluated (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100), with a completely randomized design and three replications per treatment. An increase was observed in gas production with the increase of the soybean inclusion percentage; the true digestibility had a similar performance. On the contrary, the production of microbial biomass reached its higher value with the inclusion of 10% soybean. The addition of soybean is concluded to improve the digestibility of the *M. oleifera* pods, and the optimum utilization efficiency of this diet is reached with the inclusion of 10% soybean.

Key words: Digestibility, meals, *Moringa oleifera*, soybean

Introducción

Moringa oleifera, aunque es un árbol originario del sur del Himalaya, está ampliamente distribuida en todo el planeta. Ha sido plantada desde el nivel del mar hasta los 1 800 m de altura y se puede propagar por semilla o por estaca. Además de su plasticidad para adaptarse a varios tipos de ambiente y zonas climáticas, su

Introduction

Moringa oleifera, although originated in the southern Himalayas, is widely distributed throughout the planet. It has been planted from sea level to 1800 masl and can be propagated by seed or cuttings. In addition to its plasticity for adapting to several environment types and climate

importancia se debe a sus buenas características nutricionales y a su alta producción de biomasa fresca.

En los análisis realizados (*in vitro* e *in vivo*) no se han detectado valores significativos de compuestos secundarios con efectos antinutricionales ni inhibidores de tripsina, lectina y amilasa (Becker, 1995; Makkar y Becker, 1997; Gidamis *et al.*, 2003). Se encontró hasta un 10% de azúcares en materia seca y 9,5 MJ de energía metabolizable en las hojas por kilogramo de materia seca.

Esta planta tiene otros usos, tales como: floculante natural, energético, fuente de materia prima de celulosa y de hormonas reguladoras del crecimiento vegetal.

Según la cantidad de semillas por fruto y las semillas totales de un árbol, anualmente, se estimó que la producción de piscidium de una planta por año se encuentra entre 1 000 y 1 250 (Foidl *et al.*, 2003).

Las vainas son consideradas buenas fuentes de aminoácidos esenciales. Al parecer, las hojas y vainas también tienen un efecto positivo en la reducción del colesterol en sangre (Ghasi *et al.*, 2000).

La mezcla de los piscidium de moringa –en forma de harina– con la soya permite mejorar la calidad del alimento, y lograr el aprovechamiento nutricional de los piscidium. Por ello el objetivo de este trabajo fue determinar el porcentaje más eficiente de inclusión de soya, desde el punto de vista nutricional.

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de piscidium de moringa, molidos y secados en una estufa con circulación forzada. En la elaboración de los tratamientos se adicionó harina de soya para simular el efecto de un concentrado proteínico y se empleó el líquido ruminal de una vaca mestiza canulada, de 500 kg de PV.

Diseño y muestras. El diseño fue completamente aleatorizado, con nueve tratamientos (tabla 1) y tres réplicas. Se utilizó la ecuación $Y_{ij} = \mu + F_i + e_{ij}$.

zones, its importance is due to its good nutritional qualities and high production of fresh biomass.

In the *in vitro* and *in vivo* analysis conducted no significant values of secondary compounds with antinutritional effects or trypsin, lectin and amylase inhibitors have been detected (Becker, 1995; Makkar and Becker, 1997; Gidamis *et al.*, 2003). Up to 10% sugars in dry matter and 9,5 MJ of metabolizable energy were found in the leaves per kilogram of DM.

This plant has other uses, such as: natural flocculant, energetic, source of cellulose raw material and of plant growth-regulating hormones.

According to the quantity of seeds per fruit and total seeds of a tree, annually, the pod production of a plant per year was estimated to be between 1 000 and 1 250 (Foidl *et al.*, 2003).

The pods are considered good sources of essential aminoacids. Seemingly, the leaves and pods have also a positive effect on the reduction of cholesterol in blood (Ghasi *et al.*, 2000).

The mixture of the *M. oleifera* pods –as meal-with soybean allows improving the feed quality, and achieving the nutritional utilization of the pods. For such reason, the objective of this work was to determine the most efficient percentage of soybean inclusion, from the nutritional point of view.

Materials and Methods

Samples of *M. oleifera* pods were taken, ground and dried in a forced-air oven. In the elaboration of the treatments, soybean meal was added to simulate the effect of a protein concentrate feed and the rumen liquid of a cannulated rustic cow, 500 kg LW, was used.

Design and samples. The design was completely randomized, with nine treatments (table 1) and three replications.

The equation $Y_{ij} = \mu + F_i + e_{ij}$ was used.

The mathematical model used to describe the evolution of the microbial fermentation, through the cumulative gas production, was the one described by France *et al.* (1993):

$$Y = A(1 - \text{Exp}(-b(t-L) - c(\sqrt{t} - \sqrt{L})))$$

Where: Y is the cumulative gas production (mL/g of incubated DM), A is the fermentation

Tabla 1. Mezclas evaluadas y alimentos que las componen (%).

Table 1. Evaluated mixtures and feed-stuffs that compose them (%).

Tratamiento	Piscidium de moringa	Soya
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	40	60
8	20	80
9	0	100

El modelo matemático para describir la evolución de la fermentación microbiana, a través de la producción de gas acumulada, fue el descrito por France *et al.* (1993):

$$Y = A (1 - \text{Exp}(-b(t-L) - c(\sqrt{t} - \sqrt{L})))$$

Donde: Y es la producción de gas acumulada (mL/g de MS incubada), A es el potencial de fermentación en las condiciones de incubación (asíntota de la curva, mL/g de MS incubada), t es el tiempo de incubación (h), b es una tasa constante (h^{-1}), L es la fase *Lag* de la fermentación (h) y c es otra tasa constante ($\text{h}^{-1/2}$).

La evaluación del potencial nutricional de la harina de los piscidium de moringa con diferentes porcentajes de soya se realizó mediante la técnica de digestibilidad *in vitro* por producción de gas (Close y Menke, 1986; Blümmel, 2001). Los análisis de laboratorio se hicieron según las normas de la AOAC (1995), en el Instituto de Producción Animal del Trópico y Subtrópico de la Universidad de Hohenheim, Alemania.

Resultados y Discusión

Un árbol de moringa puede producir más de 1 000 piscidium por año (Foidl *et al.*, 2001; Fuglie, 2001), con una productividad mayor de 7 kg de piscidium por planta, por lo que su uso industrial –al cosechar las semillas para la extracción de aceite– puede generar un problema de contaminación en lugar de ser una tecnología amigable con el medio ambiente, si no se aprovecha para potenciar la producción animal.

potential under the incubation conditions (asymptote of the curve, mL/g of incubated DM), t is the incubation time (h), b is a constant rate (h^{-1}), L is the *Lag* phase of fermentation (h) and c is another constant rate ($\text{h}^{1/2}$).

The evaluation of the nutritional potential of the meal from *M. oleifera* pods with different soybean percentages was conducted through the *in vitro* gas production digestibility technique (Close and Menke, 1986; Blümmel, 2001). The laboratory analyses were made according to the rules of the AOAC (1995), at the Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics of the University of Hohenheim, Germany.

Results and Discussion

A *M. oleifera* tree can produce more than 1 000 pods per year (Foidl *et al.*, 2001; Fuglie, 2001), with a productivity higher than 7 kg of pods/plant, for which its industrial use –when harvesting the seeds for oil extraction– can generate a contamination problem instead of being an environment-friendly technology, if it is not utilized to enhance animal production.

The chemical composition of the *M. oleifera* pod and of soybean is shown in table 2. The crude protein content of the former was 30,32 g/kg DM and coincides with the report by Mendieta-Araica (2011), which could have occurred due to the drying methods used, such as sunlight and shade (Murro *et al.*, 2003; Kakengi *et al.*, 2007; Olugbemi *et al.*, 2010). The dry matter values coincide with the ones reported by Foidl *et al.* (2001).

In literature it is reported that with drying the crude fraction is removed and a highly digestible product is obtained, with a high nutrient content (Nouala, 2004; Sarwatt *et al.*, 2004; Douala *et al.*, 2006). In addition, the cell wall content is significantly increased (Atega *et al.*, 2003), which was observed in the values found in this study.

Figure 1 shows the gas production of the evaluated treatments; as the soybean inclusion percentage increased, the *in vitro* gas production also increased, which is in correspondence with the characteristics of the incubated feedstuffs. This is due to the fact that, when incubating a

La composición química del piscidium de moringa y de la soya se muestra en la tabla 2. El contenido de proteína bruta del primero fue de 30,32 g/kg de MS y coincide con el reportado por Mendieta-Araica (2011), lo cual pudo deberse a los métodos de secado que se emplearon, como el sol y la sombra (Murro *et al.*, 2003; Kakengi *et al.*, 2007; Olugbemi *et al.*, 2010). Los valores de materia seca coinciden con lo reportado por Foidl *et al.* (2001).

En la literatura se informa que con el secado se remueve la fracción más cruda y se obtiene un producto altamente digestible, con un contenido de nutrientes elevado (Nouala, 2004; Sarwatt *et al.*, 2004; Douala *et al.*, 2006). Además se incrementa de manera significativa el contenido de la pared celular (Atega *et al.*, 2003), lo cual se apreció en los valores hallados en el presente estudio.

En la figura 1 se observa la producción de gas de los tratamientos evaluados; a medida que aumentó el porcentaje de inclusión de soya se incrementó la producción de gas *in vitro*, lo cual se corresponde con las características de los alimentos incubados. Esto se debe a que, al incubar una mayor cantidad de materia seca, hay más materia prima para el desarrollo de la actividad microbiana y ello trae consigo un aumento de la degradación del alimento, lo cual se percibe en un incremento de la producción de gas.

La inclusión de la soya, aun cuando incrementa la producción de gas, no es un indicio de que se aproveche el alimento que se evalúa, ya que la degradación de la dieta que se incuba tiene dos salidas: 1) la que aprovechan los microorganismos para nutrirse y formar estructuras celulares, que al final son utilizadas por el animal al incrementarse la proteína posruminal (Foidl *et al.*, 2001), y 2) los nutrientes que no

higher amount of dry matter, there is more raw material for the development of microbial activity, and this brings about an increase of feed degradation, which is perceived in an increase of gas production.

The inclusion of soybean, in spite of increasing the gas production, does not indicate that the evaluated feedstuff is utilized, because the degradation of the incubated diet has two outputs: 1) that which is utilized by microorganisms to be nourished and form cell structures, which are eventually used by the animal by increasing post-ruminal protein (Foidl *et al.*, 2001), and 2) the nutrients which do not become biomolecule structures, are turned into gas, which is not really a utilization of the evaluated feed.

For such reason, it is necessary to calculate or estimate the true digestibility of the *M. oleifera* pods. Figure 2 shows an increase of the true digestibility, proportional to the inclusion of up to 100% soybean, which is digested in more than 98%. This is in correspondence with the statement by Blümmel (2000), who proved that digestibility increases due to the high protein content of the evaluated material.

However, this does not mean that those are the most adequate proportions for ruminants to make an optimum utilization of the nutrients contained in the diet; this is due to the imbalance between energy and the protein evaluated, because as there is not a balance between these indicators the rumen does not function well (Agabriel *et al.*, 2007).

In order to have a more accurate evaluation regarding what animals utilize of the diet and the evaluated nutrients, the calculation of the microbial protein which can be obtained with each treatment under study was made. When analyzing the production of microbial protein

Tabla 2. Composición bromatológica (g/kg de MS).

Table 2. Bromatological composition (g/kg de MS).

Alimento	MS	Ceniza	PB	Lípidos	FND	FAD
Piscidium de moringa	912,24	41,39	30,32	16,46	747,14	635,57
Reactivo	935,81	65,98	908,30	10,69	-	-

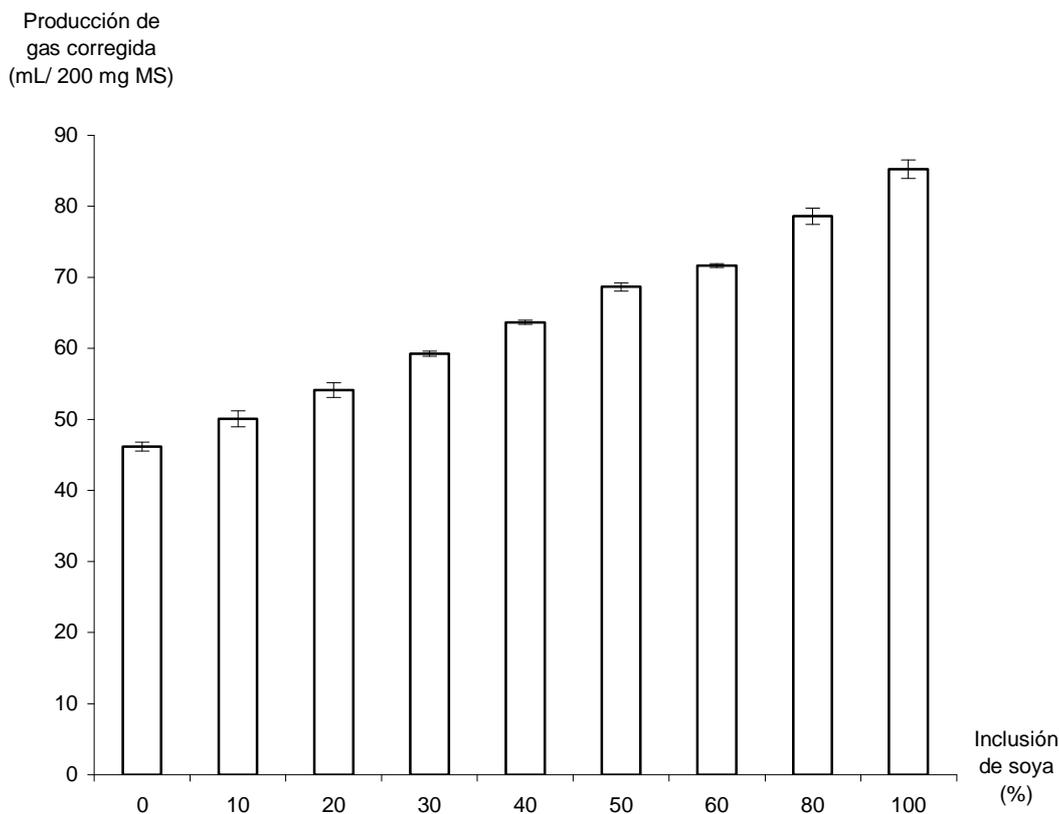


Fig. 1. Producción de gas *in vitro* de los piscidium de moringa.

Fig. 1. *In vitro* gas production of the *M. oleifera* pods.

pasan a formar estructuras de biomoléculas se convierten en gas, que no es realmente un aprovechamiento de lo que se evalúa.

Por ese motivo, es necesario calcular o estimar cuál es la digestibilidad verdadera de las vainas de moringa. En la figura 2 se observa un incremento de la digestibilidad verdadera, proporcional a la inclusión de soya hasta el 100%, que se digiere a más del 98%. Ello está en correspondencia con lo planteado por Blümmel (2000), quien demostró que la digestibilidad se incrementa por el alto contenido de proteína del material evaluado.

Sin embargo, esto no significa que esas sean las proporciones más adecuadas para que los rumiantes hagan un aprovechamiento óptimo de los nutrientes que contiene la dieta; ello se debe al desbalance entre la energía y la proteína que se evalúa en cada tratamiento, pues al no existir un equilibrio entre estos indicadores no hay un

(fig. 3), the values decreased as the soybean inclusion percentage increased.

Mc Loughlin (2010) stated that depending on the rumen pH, the dry matter intake level and the ration digestibility, for a correct balance of degradable protein in rumen (DPR/energy in rumen) between 70 and 130 g of DPR per kilogram of the total digestible nutrients (TDN) ingested are necessary.

The dry matter and protein percentages contributed by each feedstuff to the treatment were calculated.

Taking into consideration that the buffer used for setting the technique guarantees the maintenance of the rumen pH, that the incubated feed to be evaluated is equivalent to the dry matter intake and that 100% of *M. oleifera* pods and 100% of soybean have 46 and 99% digestibility, respectively, the calculated parameters were related; the only value found in the range of 70-130 g of DPR/kg of TDN

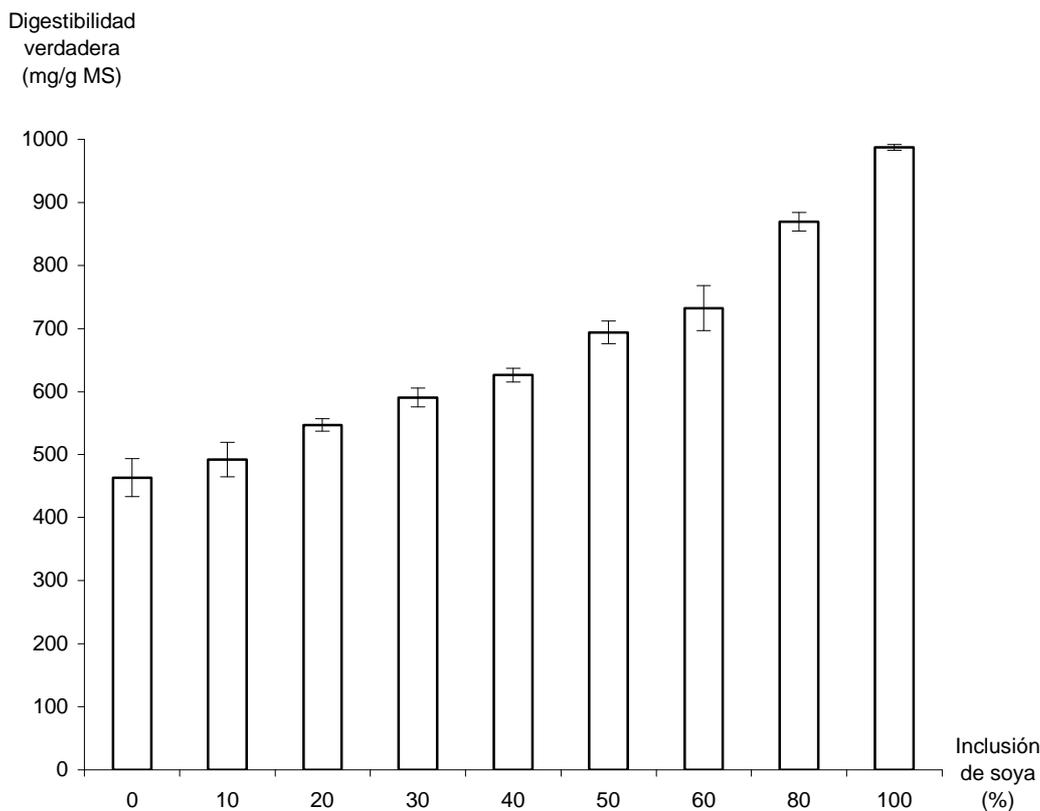


Fig. 2. Digestibilidad verdadera *in vitro* de los piscidium de moringa.
 Fig. 2. *In vitro* true digestibility of the *M. oleifera* pods.

buen funcionamiento del rumen (Agabriel *et al.*, 2007).

Para tener una valoración más acertada de lo que los animales aprovechan de la dieta y los nutrientes que se evalúan, se realizó el cálculo de la proteína microbiana que se puede llegar a obtener con cada tratamiento en estudio. Al analizar la producción de proteína microbiana (fig. 3), los valores disminuyeron a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de soya.

Mac Loughlin (2010) planteó que en dependencia del pH ruminal, el nivel de consumo de materia seca y la digestibilidad de la ración, para un correcto balance de proteína degradable en el rumen (PDR/energía en rumen) son necesarios entre 70 y 130 g de PDR por kilogramo del total de nutrientes digestibles (TND) ingeridos.

Se calculó el porcentaje de materia seca y de proteína que aporta cada uno de los alimentos al

(Mac Loughlin, 2010) was obtained with the proportion that included 10% soybean meal (approximately 124 g/kg of incubated DM), which coincided with the proportion with higher production of microbial protein (fig. 3). This corroborated that it is necessary to do an energy balance in diets, coinciding with the statement by Posada and Noguera (2005).

The results had direct repercussion on the nutritional utilization made by the ruminants when consuming this mixture, and on the utilization of the harvest residue of *M. oleifera* seeds.

Conclusions

The inclusion of 10% soybean was the most efficient from the nutritional point of view, because it improved the digestibility of the meal of *M. oleifera* pods and increased the microbial biomass.

--End of the English version--

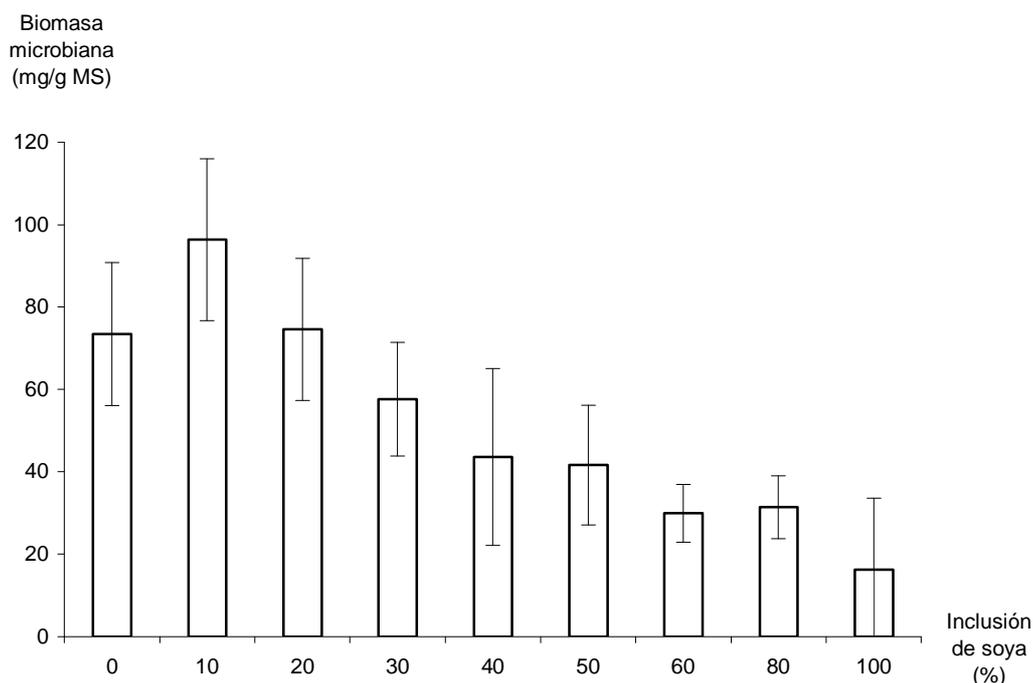


Fig. 3. Estimación de la biomasa microbiana producida *in vitro*.

Fig. 3. Estimation of the microbial biomass produced *in vitro*.

tratamiento. Teniendo en cuenta que el *buffer* que se usa para el montaje de la técnica garantiza mantener el pH ruminal, que el alimento incubado para evaluar es equivalente al consumo de materia seca y que el 100% de piscidium de moringa y el 100% de soja tienen 46 y 99% de digestibilidad, respectivamente, se relacionaron los parámetros calculados; el único valor hallado en el rango de 70-130 g de PDR/kg de TND (Mac Loughlin, 2010) se obtuvo con la proporción que incluyó la harina de soja al 10% (aproximadamente 124 g/kg de MS incubada), que coincidió con la de mayor producción de proteína microbiana (fig. 3). Con esto se corroboró que es necesario hacer un balance de energía en las dietas, lo cual coincide con lo planteado por Posada y Noguera (2005).

Los resultados repercutieron directamente en el aprovechamiento nutricional que hicieron los rumiantes al consumir esta mezcla, y en la utilización del residuo de las cosechas de semillas de moringa.

Conclusiones

La inclusión de un 10% de soja fue la más eficiente desde el punto de vista nutricional, ya que mejoró la digestibilidad de la harina de piscidium de moringa e incrementó la biomasa microbiana.

Referencias bibliográficas

- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA
- Agabriel, C. *et al.* 2007. Principes de rationnement des ruminants. En Alimentation des bovines, ovins et caprins. Besoins des animaux-Valeur des aliments. INRA. Éditions Quae. Paris, Francia. p. 9
- Atega, T. *et al.* 2003. Nutritive value of leaf meals from fodder trees and shrubs as affected by drying methods. PCARRD Highlights, Philippines
- Becker, K. 1995. Studies on utilization of *Moringa oleifera* leaves as animal feed. Institute for Animal production in the Tropics and Subtropics. University of Hohenheim, Germany. Vol. 480, p. 15
- Belli, R. *et al.* 2009. La transición hacia la sostenibilidad. Reducción del impacto futuro del sector ganadero sobre la pobreza y la biodiversidad. EDISA. Managua, Nicaragua. 150 p.

- Blümmel, M. 2000. Predicting the partitioning of fermentation products by combined *in vitro* gas volume and true substrate degradability measurements: opportunities and limitations. Invited paper for the EAAP Satellite Symposium Gas Production: Fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity. Wageningen, The Netherlands. p. 248
- Blümmel, M. 2001 Complementing *in vitro* gas volume measurements by residual substrate determinations for more comprehensive studies of microbial substrate degradation: opportunities and limitations. Habilitationsschrift University of Hohenheim, Germany. 300 p.
- Close, W. & Menke, K.H. 1986. Selected topics in animal nutrition. 2nd ed. Institute for Animal Nutrition. University of Hohenheim, Germany. 170 p.
- Foidl, N. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: The miracle tree –The multiple attributes of *Moringa*. (Ed. L.J. Fuglie). CTA/CWS. Dakar, Senegal. p. 45
- Foidl, N. *et al.* 2003. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foidl16.htm>. [11/11/2011]
- France, M. *et al.* 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.* 163:99
- Fuglie, L.J. 2001 The miracle tree, the multiple attributes of moringa. 1ra. ed. CTA/CWS. Dakar, Senegal. 172 p.
- Ghasi, S. *et al.* 2000. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed wistar rats. *J. of Ethno pharmacology.* 69:21
- Gidamis, A. *et al.* 2003. Nutrients and antinutrients contents in raw and cooked leaves and mature pods of *Moringa oleifera* Lam. *Ecology and Food Nutrition.* 42:1
- Kakengi, A. *et al.* 2007. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livestock Research for Rural Development.* 19:120
- Mac Loughlin, R. J. 2010. Requerimientos de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. MC2005, Investigación y Desarrollo Agropecuario. <http://www.produccion-animal.com.ar>. [23/3/2012]
- Makkar, H. & Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. of Agric. Sci.* 128:311
- Mauricio, R. *et al.* 2008. Silvopastoral systems as a sustainable alternative to animal production in the tropics. In: *Opportunities and challenges for smallholder ruminant systems in Latin America*. Resources management, food safety, quality and market access. (Eds. O. Castelán *et al.*). Universidad Autónoma del estado de México. p. 187
- Mendieta-Araica, B. 2011. *Moringa oleifera* as an alternative fodder for dairy cows in Nicaragua. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Murro, J. *et al.* 2003. *Moringa oleifera* leaf meal can replace cottonseed cake in the concentrate mix fed with Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay for growing sheep. *Livestock Research for Rural Development.* 15:11
- Nouala, F. 2004. Comparison of plant cell degrading community in the rumen of N'Dama and N'Dama*Jersey crossbred cattle in relation to *in vivo* and *in vitro* cell wall degradation. *PhD Thesis*. University of Hohenheim. Germany
- Nouala, F. *et al.* 2006. The influence of *Moringa oleifera* leaves as substitute to conventional concentrate on the *in vitro* gas production and digestibility of groundnut hay. *Livestock Research for Rural Development.* 18:9
- Olugbemi, T. *et al.* 2010. Effect of moringa (*Moringa oleifera*) inclusion in cassava based diets fed to broilers chickens. *Int. J. of Poultry Sci.* 9:363
- Posada, S. L. & Noguera, R. R. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development.* 17 (4). <http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.htm>
- Sarwatt, S. *et al.* 2004. *Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for smallholders dairy cows fed Napier grass. *Livestock Research for Rural Development.* 16:6
- Steinfeld, H. *et al.* 2006. Livestock's long shadow. Environmental Issues and Options. FAO. Rome. 390 p.

Recibido el 29 de noviembre del 2011

Aceptado el 4 de abril del 2012