

Effect of *Moringa oleifera* forage meal intake on digestive indicators of colostomized broilers

Efecto del consumo de harina de forraje de *Moringa oleifera* en indicadores digestivos de pollos de ceba colostomizados.

M. Almeida, M. Martínez Pérez and L.E. Dihigo Cuttis

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque

Email: malmeida@ica.edu.cu

In order to determine the effect of *Moringa oleifera* (moringa) forage meal intake cv. supergenius on digestive indicators in colostomized broilers, a total of 24 male broilers (hybrid EB34) of 47 d of age and 1.95 kg of live weight as average were used, and allocated in individual cages for metabolism. A completely randomized design with three treatments and eight repetitions was used. The treatments consisted of control diet (soybean-maize) and inclusion of 10 % and 20 % of moringa forage meal. It was demonstrated that the birds with 10 and 20% of moringa forage meal increased the dry matter ($P < 0.001$) and nitrogen ($P < 0.05$) intake with respect to the control diet. When determining the apparent digestibility of nutrients, there was decrease of dry matter, N and cell wall components (NDF, ADF and cellulose) with the intake of 20% of the fibrous source. The 10% inclusion did not differ from the control diet. When evaluating the gastrointestinal tract morphometric, the intake of moringa forage meal increased gizzard weight regarding the control diet ($P < 0.0001$) and the caeca reached the maximum lengths with a 20% inclusion. It was shown that the intake of 10 % of moringa forage meal did not affect the nutrients digestibility and caused higher digestive activity, when causing morphological modifications. This indicates beneficial results for the digestive physiology of broilers.

Key words: *birds, colostomy, nutrients digestibility, fibrous source, morphometric indicators*

The tropical zones have a wide variety of plant species that constitute a practical and economically viable alternative for the monogastric species feeding (Savón 2010). Among these species, fodder trees are highlight as a promising option for animal feeding, because of their high availability and nutritional value, superior to tropical grasses and, in several cases, to commercial concentrates (Amata and Lebari 2012). *Moringa oleifera* (moringa) is an attractive source for animal feeding, due to its high nutritional content, low content of secondary metabolites, adequate yield and ease of adaptation to tropical conditions (Makkar and Becker 1996, Martín *et al.* 2013, Valdivié *et al.* 2015).

However, in order to include fibrous sources in the birds feeding, it is necessary to know the nutritional components and the physical-chemical properties of the fiber. Both characteristics have physiological effects on the gastrointestinal tract, which because of its digestive condition does not allow the degradation

Para determinar el efecto del consumo de harina de forraje *Moringa oleifera* (moringa) vc. supergenius en indicadores digestivos en pollos de ceba colostomizados, se utilizaron 24 pollos de ceba, machos colostomizados (híbrido EB34), de 47 d de edad y 1.95 kg de peso vivo como promedio, alojados en jaulas individuales para metabolismo. Se utilizó diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y ocho repeticiones. Los tratamientos consistieron en dieta control (soya- maíz) e inclusión de 10 % y 20 % de harina de forraje de moringa. Se demostró que las aves con 10 y 20 % de harina de forraje de moringa incrementaron el consumo de materia seca ($P < 0.001$) y nitrógeno ($P < 0.05$) con respecto a la dieta control. Al determinar la digestibilidad aparente de los nutrientes, se observó disminución de materia seca, N y componentes de la pared celular (FND, FAD y celulosa) con el consumo de 20 % de la fuente fibrosa. El 10 % de inclusión no difirió respecto a la dieta control. Al evaluar la morfometría del tracto gastrointestinal, el consumo de la harina de forraje de moringa incrementó el peso de la molleja respecto a la dieta control ($P < 0.0001$) y los ciegos alcanzaron las máximas longitudes con 20 % de inclusión. Se demostró que el consumo de 10 % de harina de forraje de moringa no afectó la digestibilidad de los nutrientes y propició mayor actividad digestiva, al provocar modificaciones morfológicas. Esto indica resultados beneficiosos para la fisiología digestiva del pollo de ceba.

Palabras clave: *aves, colostomía, digestibilidad de nutrientes, fuente fibrosa, e indicadores morfométricos*

Las zonas tropicales cuentan con amplia variedad de especies vegetales que constituyen una alternativa práctica y económicamente viable para la alimentación de especies monogástricas (Savón 2010). Entre estas especies, los árboles forrajeros se destacan como una opción promisoría para la alimentación animal, por su alta disponibilidad y valor nutricional, superior a los pastos tropicales y, en varios casos, a los concentrados comerciales (Amata y Lebari 2012). La especie arbórea *Moringa oleifera* (moringa) constituye una fuente atractiva para la alimentación animal, debido a su alto contenido nutricional, bajo contenido de metabolitos secundarios, adecuado rendimiento y facilidad para adaptarse a las condiciones de la zona tropical (Makkar y Becker 1996, Martín *et al.* 2013, Valdivié *et al.* 2015).

Sin embargo, para incluir fuentes fibrosas en la alimentación de las aves, se requiere conocer los componentes nutricionales y las propiedades físico-químicas de la fibra. Ambas características tienen efectos fisiológicos en el tracto gastrointestinal, que por su

of high amounts of fiber (Gonzalvo *et al.* 2001, Ball *et al.* 2013). Therefore, this type of study must be complemented with the nutrients digestibility, either by *in vivo*, *In Vitro* and *in situ* methods (Savón 2005).

To determine the apparent digestibility *in vivo* of the proteins in broilers, it is required to separate excreta and urine by surgical methods, because in these species both excretions converge together, mixing the urinary and fecal nitrogen. The colostomy allows carrying out these studies, without contamination problems of both excretions (Belay *et al.* 1993).

The specialized literature reports a large number of researches on the use of forage meal from various fibrous sources and its effect on digestive indicators in whole broiler chickens (Martínez *et al.* 2008, Bustamante 2009, Savón 2010). However, there is no information about the effect of these indicators on colostomized chickens. The objective of this study was to evaluate the effect of *Moringa oleifera* forage meal intake on digestive indicators of colostomized broilers.

Materials and Methods

Sowing and harvesting of Moringa oleifera cv. supergenius. Moringa seeds were sown in June at a density of 1 million ha⁻¹. The distance was 0.20 m x 0.70 m. No Irrigation and fertilization were applied. It was harvested at 60 d of age, at a height of 20 cm from the ground.

Drying and production of moringa forage meal. The material was cut and chopped to reduce humidity. It was spread in the shade for 7 d, at a height of 5 to 10 cm. It was turned three times a day to avoid the development of fermentative processes. Then, it was milled in a hammer mill to a particle size of 3 mm and it was stored in a 50 kg nylon bag in a cool place until their use. To determine the chemical and physical composition, a sample of different parts of the bag was made, with the purpose of forming a 100 g sample. The results are shown in table 1.

Analytical determinations of the moringa forage meal. The dry matter (DM), crude fiber (CF), ashes (A) and crude protein (CP) were determined using the techniques described by AOAC (2016). The fractionation of the neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose (HMC) and lignin, according to Goering and van Soest (1970). The techniques described by Savón *et al.* (1999) were used to determine the water adsorption capacity (WAC),

condición digestiva no permite degradar altas cantidades de fibra (Gonzalvo *et al.* 2001, Ball *et al.* 2013). Es por ello que este tipo de estudio se debe complementar con la digestibilidad de los nutrientes, ya sea por métodos *in vivo*, *In Vitro* e *in situ* (Savón 2005).

Para determinar la digestibilidad *in vivo* aparente de las proteínas en pollos de ceba, se requiere independizar la excreta y la orina mediante métodos quirúrgicos, ya que en estas especies ambas excreciones convergen conjuntamente, mezclándose el nitrógeno urinario y el fecal. La colostomía permite llevar a cabo estos estudios, sin problemas de contaminación de ambas excreciones (Belay *et al.* 1993).

La literatura especializada informa de numerosas investigaciones acerca de la utilización de la harina de forraje de diversas fuentes fibrosas y su efecto en indicadores digestivos en pollos de ceba enteros (Martínez *et al.* 2008, Bustamante 2009, Savón 2010). Sin embargo, no existe información sobre el efecto de estos indicadores en pollos colostomizados. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del consumo de harina de forraje de *Moringa oleifera* en indicadores digestivos de pollos de ceba colostomizados.

Materiales y Métodos

Siembra y cosecha de Moringa oleifera cv. supergenius. Las semillas de moringa se sembraron en junio a densidad de un millón/ha⁻¹. La distancia fue de 0.20 m x 0.70 m. No se aplicó riego ni fertilización. Se cosechó a los 60 d de edad, a altura de 20 cm del suelo.

Secado y elaboración de la harina de forraje de moringa. El material se cortó y troceó para reducir la humedad. Se extendió a la sombra durante 7 d, a una altura de 5 a 10 cm. Se volteó tres veces al día para evitar el desarrollo de procesos fermentativos. Seguidamente, se molió en molino de martillo a tamaño de partícula de 3 mm y se conservó en saco de nailon de 50 kg en un lugar fresco hasta su utilización. Para determinar la composición química y física se hizo un muestreo de diferentes partes del saco, con el propósito de conformar una muestra de 100 g. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Determinaciones analíticas de la harina de forraje de moringa. Se determinó la materia seca (MS), fibra bruta (FB), cenizas (C) y proteína bruta (PB) mediante las técnicas descritas por la AOAC (2016). El fraccionamiento de la fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), celulosa, hemicelulosa (HMC) y lignina, de acuerdo con Goering y van Soest (1970). Se utilizaron las técnicas descritas por Savón

Table 1. Chemical –physical composition of moringa forage meal (%)

DM	A	CP	Ca	Pt	NDF	ADF	HMC	Lignin	Cellulose
87.77	14.16	20.24	2.27	0.45	50.37	39.10	11.27	8.10	33.20
Physical properties									
Volume (mL/g)	Solubility(%)	WAC (g/g)							
3.62	26.64	6.59							

packing volume and solubility. The estimated value of the metabolizable energy (ME) of moringa forage meal was 7.5 MJ / kg of DM.

Animals and experimental diets. Twenty – four male broilers (hybrid EB34), of 47 d of age and 1.95 kg of LW as average were used. They were allocated in individuals cages for metabolism, with dimensions of 40 x 40 x 40 cm. The experimental diets for the finishing phase were formulated according to the requirements for this category (NRC 1994). The treatments consisted of control diet (soybean -maize) and inclusion of 10 and 20 % of moringa forage meal (table 2). During the evaluation period, the animals were given water treated with sodium hypochlorite at 0.1 %, which was offered by automatic teat drinking troughs. The animals were vaccinated against Gumboro, at 5 and 10 d of age, and against Newcastle at 12 d of born.

et al. (1999) para determinar la capacidad de adsorción de agua (CAA), volumen de empaqueo y solubilidad. El valor estimado de la energía metabolizable (EM) de la harina de forraje de moringa fue 7.5 MJ/kg de MS.

Animales y dietas experimentales. Se utilizaron 24 pollos de ceba machos (híbrido EB34), de 47 d de edad y 1.95 kg de PV como promedio. Se alojaron en jaulas individuales para metabolismo, con dimensiones de 40 x 40 x 40 cm. Las dietas experimentales para la fase de acabado se formularon según los requerimientos para esta categoría (NRC 1994). Los tratamientos consistieron en dieta control (soya- maíz) e inclusión 10 y 20 % de harina de forraje de moringa (tabla 2). Durante el período de evaluación, los animales dispusieron de agua tratada con cloro al 0.1 %, que se ofertó por bebederos automáticos de tetina. El lote se vacunó contra Gumboro, a los 5 y 10 d de edad, y contra Newcastle a los 12 d de nacidos.

Table 2. Experimental diets corresponding to the period from 35 to 65 days of age

Ingredients (kg)	Control	Moringa forage meal, %	
	Soybean- maize	10	20
Maize meal	63.50	57.20	54.20
Soybean meal (44 %CP)	29.70	25.00	18.00
¹ Moringa FM	-	10.00	20.00
Calcium phosphate	0.90	0.90	0.90
Calcium carbonate	1.20	1.20	1.20
Common salt (NaCl)	0.20	0.20	0.20
Soybean meal	4.00	5.00	5.00
Premixture	0.50	0.50	0.50
² vitamins-minerals			
	Calculated analysis		
CP (%)	18.77	18.33	17.95
ME (MJ/kg)	13.40	13.26	13.04
NDF (%)	4.59	8.22	12.84

¹Moringa forage meal. ²Vitamin supplement: vit.A, 10 000 IU; vit D3, 2 000IU; vit. E, 10 mg; vit. K, 2 mg; thiamine, 1mg; riboflavin, 5 mg; vit B12, 15.4 ug; nicotinic acid, 125 mg; calcium pantothenate, 10mg; folic acid, 0,25 mg; biotin, 0.02 mg. Mineral suplement: selenium ,0.1 mg; iron, 40 mg; copper, 12 mg; zinc, 120 mg; magnesium, 100 mg; iodine, 2.5 mg, cobalt,75 mg.

Surgical procedure. Twenty-four birds, at 47 d of age, were colostomized according to the method described by Belay *et al.* (1993), and were allocated in individual cages for metabolism. Before surgery, they underwent fasting: 12 h for food and two hours for water. To facilitate the surgery, the birds were sedated with intramuscular Midazolam (0.5 mg / kg LW) and Ketamine (10 mg / kg LW). In the incision area, 3 mL of 2 % Lidocaine was infiltrated as a local anesthetic. They were maintained postoperative for five days, with doses of Forticillin 20 000 IU / kg (0.1 mL / kg) intramuscular as an antibiotic. The birds intake 50% of the experimental diet during the postoperative period. The water was ad libitum.

Procedimiento quirúrgico. Se colostomizaron 24 aves, a los 47 d de edad, según el método descrito por Belay *et al.* (1993), y se mantuvieron alojadas en las jaulas individuales para metabolismo. Antes de la cirugía, se sometieron a ayuno: 12 h para el alimento y dos horas para el agua. Para facilitar la manipulación operatoria, las aves se sedaron con Midazolam (0.5 mg/kg PV) y Ketamina (10 mg /kg PV) intramuscular. En la zona de incisión, se infiltraron 3 mL de Lidocaína 2% como anestésico local. Se mantuvieron en postoperatorio durante cinco días, con dosis de Forticillin de 20 000 UI/ kg (0.1 mL/kg) intramuscular como antibiótico. Las aves consumieron durante el postoperatorio 50 % de la dieta experimental. El agua se mantuvo a voluntad.

Determination of apparent digestibility of nutrients.

After the birds were recovered, 170 g / animal / d of food were supplied in the morning. The rejection to calculate the intake was daily checked.

For chemical analysis of excreta, approximately 25% excreta sample per animal was taken for four days to form a single sample and stored at -20 °C until the analysis. Then, the samples were oven dried at 60 °C and milled in a hammer mill at a particle size of 1 mm. The mathematical equation proposed by Matterson *et al.* (1965) was used for the calculation.

$$\text{Digestibility, \%} = \frac{\text{intake} - \text{fecal excretion}}{\text{intake}} \times 100$$

Morphometric indicators. The animals were weighed and slaughtered at 65 d by the method of bleeding the jugular vein, two hours after ingestion of the food. The digestive organs were weighed, full and empty, in Sartorius ISO 9001 digital technical balance. The weights were expressed as relative to live weight (g / kg LW).

Experimental design and statistical analysis. A completely randomized design with three treatments and eight replications of one animal was used. For the statistical analysis of the results, the computerized statistical program of Balzarini *et al.* (2012) was used. In the necessary cases, the comparison between means was made by the Duncan (1955) test.

Results and Discussion

Table 3 shows the intake and digestibility of DM and N. The birds which intake moringa forage meal increased the DM intake ($P < 0.001$) with respect to the control diet. According to Hetland *et al.* (2002) and Costa *et al.* (2009), when fibrous ingredients are included in the diet of broilers, this performance is observed, due to the fiber decreases the caloric density of the ration. Therefore, the birds increase the intake to maintain the energetic requirements.

When evaluating the intake, the birds with a 10% inclusion of moringa forage meal showed the highest nutrient intake. This performance is associated with the physicochemical properties of the source, which determine the digestive capacity of the fiber, which is limited by the anatomo-physiological specificities of the

Determinación de la digestibilidad aparente de nutrientes. Después de recuperadas las aves, se suministraron 170 g/animal/d de alimento durante la mañana. Se controló diariamente el rechazo para calcular el consumo.

Para los análisis químicos de las excretas, se tomó durante cuatro días, aproximadamente, 25 % de muestra de excreta por animal para conformar una muestra única y se conservó a -20 °C hasta el momento de los análisis. Posteriormente, las muestras se secaron en estufa a 60 °C y se molieron en molino de martillo a tamaño de partícula de 1 mm. Para el cálculo se utilizó la ecuación matemática propuesta por Matterson *et al.* (1965).

$$\text{Digestibilidad, \%} = \left(\frac{\text{consumo} - \text{excreción fecal}}{\text{consumo}} \right) \times 100$$

Indicadores morfométricos. A los 65 d, los animales se pesaron y sacrificaron por el método de desangrado de la vena yugular, dos horas después de la ingestión del alimento. Los órganos digestivos se pesaron, llenos y vacíos, en balanza técnica digital Sartorius ISO 9001. Los pesos se expresaron como relativos al peso vivo (g/kg PV).

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos y ocho repeticiones de un animal. Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa estadístico computarizado de Balzarini *et al.* (2012). En los casos necesarios, La comparación entre medias se realizó mediante la dócima de Duncan (1955).

Resultados y Discusión

La tabla 3 muestra el consumo y la digestibilidad de MS y N. Las aves que consumieron harina de forraje de moringa incrementaron el consumo de MS ($P < 0.001$) con respecto a la dieta control. Según Hetland *et al.* (2002) y Costa *et al.* (2009), cuando se incluyen ingredientes fibrosos en la dieta de pollos de ceba, se observa este comportamiento, debido a que la fibra disminuye la densidad calórica de la ración. Por tanto, las aves incrementan el consumo para mantener los requerimientos energéticos.

Al evaluar el consumo del nitrógeno, la aves con 10 % de inclusión de harina de forraje de moringa mostraron el mayor consumo del nutriente. Este comportamiento se asocia a las propiedades físico-químicas de la fuente, que determinan la capacidad digestiva de la fibra, que se halla limitada por las particularidades anatómo-fisiológicas

Table 3. Intake and apparent digestibility of the dry matter (ADDM) and apparent digestibility of nitrogen (ADN) in colostomized broilers that intake moringa forage meal.

Indicators	Treatments			Probability
	Control	10 % Moringa FM	20 % Moringa FM	
Intake, DM (g/d)	114.77 ^a	138.78 ^b	134.5 ^b	5.23 P=0.0084
Intake, N (g/d)	25.74 ^a	30.66 ^b	22.65 ^a	1.30 P=0.0011
ADDM (%)	77.99 ^b	74.56 ^{ab}	71.30 ^a	1.46 P=0.0393
ADN (%)	79.46 ^b	78.63 ^b	73.10 ^a	1.26 P=0.0033

^{ab}Means with different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

gastrointestinal tract of this species (Duke 1997).

Generally, there is an increase in the volume of fiber and the WAC in the non-conventional sources with respect to corn, which shows that these foods are lower probability to be solubilized in water (van Soest 1994). Hence, the limitation of intake is attributed to the volume supplied by the fiber to the ration, which is related to the alteration of the stimulus that regulates it, so there is an inverse relationship between them. Thus, those foods that have longer stay in the stomach, have lower intake and vice versa (Savón 2005).

Bustamante (2014) achieved a decrease in nutrient intake when evaluating 10 % of inclusion in broiler under similar physiological conditions. The comparison of the results can be related to the solubility and voluminosity of the source, since it showed a lower value (20.81 % and 6.92 mL/g) than reached in this study (table 1). This corroborates the preponderant function that these properties play in relation to intake (Savón 2010). The variability between the properties is also related to the edaphoclimatic conditions, the maturity of the plant at the time of cutting, as well as the leaf-stem ratio of diets. (Nouman *et al.* 2014).

The fraction of intake food that does not appear in the feces reveals the food digestibility (Duarte 2011). The birds that intake 20 % of moringa forage meal decreased the apparent digestibility of DM ($P < 0.05$) with respect to the control diet. On the other hand, it did not differ with 10 % inclusion. The results show that some of the nutrients in the diet of higher percent of moringa were not available for use by birds.

There are several factors that influence on the digestibility of the diet DM and its nutrients. Among them are the physiological state, the intestinal transit speed, the composition and fiber level, intake duration, and the composition and quantity of the existing microflora (Bach Knudsen *et al.* 2012).

Apparently, in these results influenced the level of forage inclusion, which contributed to the diets neutral detergent fiber (NDF) content higher than 10 %. This corroborates the reducing effect of the fibrous sources on the digestibility of this indicator (Dierick *et al.* 1989).

The apparent digestibility of nitrogen decreased with the intake of 20 % of inclusion ($P < 0.001$). This result could be influenced by the decamation processes of the intestinal mucosa, due to the mechanical erosion exerted by the fiber, as well as the increase of the excretion (Souffrant 2001). The high-fiber diets can cause a significant increase in the secretion of endogenous fluids, in order to overcome the negative effects on digestion (Bach Knudsen *et al.* 2012). This is associated with the semiliquid consistency of the excreta, suggesting an increase in the speed of passage of the liquid phase. This may also favor the release of soluble nutrients from the digestive tract, which reduces digestibility by the increase in its excretion

del tracto gastrointestinal de esta especie (Duke 1997).

Generalmente, se observa aumento del volumen de la fibra y de la CAA en las fuentes no convencionales con respecto al maíz, lo que demuestra que estos alimentos tienen menor probabilidad de solubilizarse en agua (van Soest 1994). De ahí, que la limitación del consumo se atribuya al volumen que aporta la fibra a la ración, lo que se relaciona con la alteración de los estímulos que lo regulan, por lo que existe una relación inversa entre ambos. Así, aquellos alimentos que poseen mayor tiempo de permanencia en el estómago, tienen menor consumo y viceversa (Savón 2005).

Bustamante (2014) logró disminución del consumo del nutriente al evaluar 10 % de inclusión en pollo de ceba en condiciones fisiológicas similares. La contraposición de los resultados se puede relacionar con la solubilidad y voluminosidad de la fuente, ya que mostró un valor inferior (20.81 % y 6.92 mL/g) a lo alcanzado en este estudio (tabla 1). Esto corrobora la función preponderante que desempeñan estas propiedades respecto al consumo (Savón 2010). La variabilidad entre las propiedades también se relaciona con las condiciones edafoclimáticas, el estado de madurez de la planta en el momento del corte, así como con la proporción hoja-tallo de las dietas (Nouman *et al.* 2014).

La fracción de alimento consumido que no aparece en las heces revela la digestibilidad del alimento (Duarte 2011). Las aves que consumieron 20 % de harina de forraje de moringa disminuyeron la digestibilidad aparente de la MS ($P < 0.05$) respecto a la dieta control. En cambio, no difirió con 10 % de inclusión. Los resultados expresan que parte de los nutrientes en la dieta de mayor por ciento de moringa no se encontraban disponibles para su utilización por parte de las aves.

Existen diversos factores que influyen en la digestibilidad de la MS de la dieta y sus nutrientes. Entre ellos se encuentran el estado fisiológico, la velocidad de tránsito intestinal, composición y nivel de fibra, la duración del consumo, y la composición y cantidad de la microflora existente (Bach Knudsen *et al.* 2012).

Al parecer, en estos resultados influyó el nivel de inclusión del forraje, que aportó a las dietas un contenido de fibra neutro detergente (FND) superior a 10 %. Esto corrobora el efecto reductor de las fuentes fibrosas en la digestibilidad de este indicador (Dierick *et al.* 1989).

La digestibilidad aparente del nitrógeno disminuyó con el consumo de 20 % de inclusión ($P < 0.001$). Este resultado pudo estar influenciado por los procesos de decamación de la mucosa intestinal, debido a la erosión mecánica que ejerce la fibra, así como al incremento de la excreción (Souffrant 2001). Las dietas con alto contenido de fibra pueden provocar incremento significativo en la secreción de fluidos endógenos, con El propósito de vencer los efectos negativos en la digestión (Bach Knudsen *et al.* 2012). A esto se asocia la consistencia semilíquida de las excretas, lo que sugiere incremento de la velocidad de pasaje de la fase líquida. Esto también podría favorecer la salida de nutrientes solubles del

(Itzá *et al.* 2010).

Dunkley *et al.* (2007) reported that high fiber sources, when included in the diet of monogastric animals, favor the fermentative processes in the caeca, and contribute to increase the great microbial diversity. In this sense, Martínez *et al.* (2008), Martínez (2010), when feeding broilers with forage meal of dolico and mucuna, respectively, reported stimulation of fungal populations, which caused modifications of the microbial concentrations in the caeca. To this is added, the protein from the cell walls of the fiber, which cannot be degraded, which contributes to increase nitrogen excretion.

When evaluating fiber digestibility (table 4), it was found that the birds efficiently used the diet which contains 10 % of inclusion. Dierick *et al.* (1989), Duke (1997), Jiménez-Moreno *et al.* (2011) reported that adult chickens after a process of adaptation to fiber tenors may increase the digestibility of these components.

No differences in hemicellulose digestibility were

tracto digestivo, lo que reduce la digestibilidad por el incremento en su excreción (Itzá *et al.* 2010).

Dunkley *et al.* (2007) informaron que las fuentes altas en fibra, cuando se incluyen en la dieta de los animales monogástricos, favorecen los procesos fermentativos en los ciegos, y contribuyen a incrementar la gran diversidad microbiana. En este sentido, Martínez *et al.* (2008), Martínez (2010), al alimentar pollos de ceba con harina de forraje de dólico y mucuna, respectivamente, informaron estimulación de las poblaciones fúngicas, que provocaron modificaciones de las concentraciones microbianas en los ciegos. A esto se añade, la proteína proveniente de las paredes celulares de la fibra, que no puede ser degradada, lo que contribuye a aumentar la excreción de nitrógeno.

Al evaluar la digestibilidad de la fibra (tabla 4), se constató que las aves utilizaron con eficiencia la dieta que contenía 10 % de inclusión. Dierick *et al.* (1989), Duke (1997), Jiménez-Moreno *et al.* (2011) informaron que los pollos adultos después de un proceso de adaptación a los tenores de fibras pueden llegar a aumentar la digestibilidad de estos componentes.

Table 4. Apparent fecal digestibility of the fibrous components in colostomized broilers that intake moringa forage meal.

Indicators (%)	Treatments			Probability
	Control	10% Moringa FM	20% Moringa FM	
ADNDF	55.10 ^b	53.27 ^b	47.55 ^a	1.62 P=0.0090
ADADF	46.79 ^b	47.12 ^b	40.07 ^a	1.54 P=0.0057
ADCellulose	38.98 ^b	35.17 ^{ab}	33.07 ^a	1.47 P= 0.0305
ADHemicellose	62.50	61.25	63.21	3.35 P=0.9161

^{a,b}Means with different letters indicate significant differences for P<0.05

reported between treatments. This fraction possesses higher hygroscopic power, due to its branched structure with presence of hydrophilic groups. This property retains humidity, which favors digestion by cellulases of microbial origin (von Heimendahl *et al.* 2010).

However, when increasing the inclusion level of moringa in the diet, the apparent digestibility of the neutral detergent fiber (ADNDF) (P <0.001) and apparent digestibility of the acid detergent fiber (ADADF) (P <0.001) decreased.

According to Renteria-Flores *et al.* (2008), the high intake of these components limits the microbial use of the fiber, increases the fecal mass and accelerates the intestinal passage speed. In this way it contributes to the lower digestive use of the fibrous fraction by the animal. These components are part of the insoluble fraction of fiber, which regulates the function of the gastrointestinal tract of monogastric animals (Potty 1996).

In terms of the gastrointestinal tract and its function, it should highlighted that the birds have recycling sites of the fibrous particles, which allow them to use more efficiently the dietary fiber, by delaying transit through the tract, reexposing the digesta to digestive secretions and to increase its digestibility, unique condition of

No se informaron diferencias en la digestibilidad de hemicelulosa entre tratamientos. Esta fracción posee mayor poder higroscópico, debido a su estructura ramificada con presencia de grupo hidrofílicos. Esta propiedad retiene la humedad, lo que favorece la digestión por parte de las celulasas de origen microbiano (von Heimendahl *et al.* 2010). Sin embargo, al incrementar el nivel de inclusión de moringa en la dieta, disminuyó la digestibilidad aparente de la fibra neutro detergente (DAFND) (P<0.001) y la digestibilidad aparente de la fibra ácido detergnete (DAFAD) (P < 0.001).

Según Renteria-Flores *et al.* (2008), el alto consumo de estos componentes limita la utilización microbiana de la fibra, incrementa la masa fecal y acelera la velocidad de pasaje intestinal. De esta forma contribuye a la menor utilización digestiva de la fracción fibrosa por el animal. Estos componentes forman parte de la fracción insoluble de la fibra, que regula la función del tracto gastrointestinal de animales monogástricos (Potty 1996).

En términos del tracto gastrointestinal y su función, se debe destacar que las aves presentan sitios de reciclaje de las partículas fibrosas, que les permiten usar más eficientemente la fibra dietética, al atrasar el tránsito a través del tracto, reexponer la digesta a las secreciones

this species (Savón 2005). The surgical modification of the colon could influence on these physiological mechanisms and, therefore, in these results. Hence, the need to perform studies on the digestive use of these components in broilers.

Duke (1997) reported that fibrous sources favor morphological modifications of the gastrointestinal tract. In this study, when evaluating the relative weight (g/kg) of its segments, it was found that the gizzards, full and empty, increased their weight in relation to the control diet ($P < 0.0001$), which corresponded to the intake of fiber (figure 1). Being this organ the mechanical stomach of birds, it acts as a filter and allows the passage of particles to the duodenum in function of their characteristics, so that the fiber remains longer retained until reaching a particle size determined, probably, by the pylorus diameter (Svihus 2011, Ball *et al.* 2013).

digestivas e incrementar su digestibilidad, condición única de esta especie (Savón 2005). La modificación quirúrgica del colon pudiera influir en estos mecanismos fisiológicos y, por tanto, en estos resultados. De ahí la necesidad de realizar estudios sobre la utilización digestiva de estos componentes en pollos de ceba enteros.

Duke (1997) informo que las fuentes fibrosas propician modificaciones morfológicas del tracto gastrointestinal. En este estudio, al evaluar los pesos relativos (g/kg) de sus segmentos, se constató que las mollejas, llenas y vacías, incrementaron su peso con respecto a la dieta control ($P < 0.0001$), los que estuvieron en correspondencia con el consumo de fibra (figura 1). Al ser este órgano el estómago mecánico de las aves, actúa como filtro y permite el paso de partículas al duodeno en función de sus características, por lo que la fibra permanece mayor tiempo retenida hasta alcanzar un tamaño de partícula determinado, probablemente, por

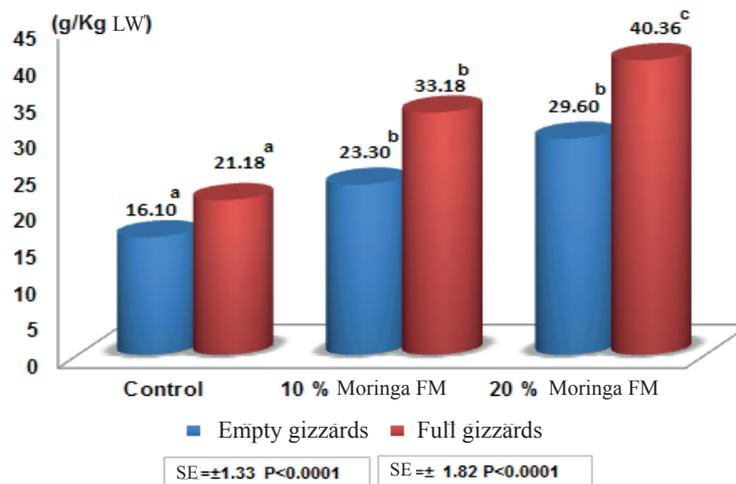


Figure 1. Weights relative to the LW (g/kg) of full and empty gizzards of the gastrointestinal tract of colostomized broilers that intake moringa forege meal.

As the level of NDF increased, the digesta was retained longer in the organ, while the particles reached the required size to advance into the small intestine. The inclusion of the fibrous source caused an increase in the number and intensity of the contractions and favored the development and hypertrophy of the muscular tissue that forms the gizzard, as reported by Rodríguez *et al.* (2006). The obtained results reflect more work and time of permanence in the organ.

Table 5 shows the relative length (cm/kg) of the caeca of the birds which intake the control diet and 10 % of inclusion did not differ from each other. In contrast, the group of birds with 20 % of the tree increased the lengths of the caeca. Apparently the increase of the source, propitiated the increase of the function of these organs.

These sections within the digestive tract are the only place where the digestion of the fiber occurs, given the fermentative activity of the bacteria and cellulolytic fungi present there (Rodríguez *et al.* 2012). The increase of the fiber intake caused a physiological adjustment, as

el diámetro del píloro (Svihus 2011, Ball *et al.* 2013).

Al incrementarse el nivel de FND, la digesta se retuvo mayor tiempo en el órgano, mientras las partículas alcanzaban el tamaño requerido para avanzar hacia el intestino delgado. La inclusión de la fuente fibrosa ocasionó aumento en el número e intensidad de las contracciones y favoreció desarrollo e hipertrofia del tejido muscular que conforma la molleja, tal y como informaron Rodríguez *et al.* (2006). Los resultados obtenidos reflejan mayor trabajo y tiempo de permanencia en el órgano.

La tabla 5 muestra la longitud relativa (cm/kg) de los ciegos de las aves que consumieron la dieta control y 10 % de inclusión no difirieron entre sí. En cambio, el grupo de aves con 20 % de la arbórea incrementó las longitudes de los ciegos. Al parecer el incremento de la fuente, propició el aumento de la función de estos órganos.

Estas secciones dentro del tubo digestivo son el único lugar donde se produce la digestión de la fibra, dada la actividad fermentativa que poseen las bacterias y hongos celulolíticos presentes allí (Rodríguez *et al.* 2012). El

Table 5. Lengths relatives to LW of the caeca of colostomized broilers that intake moringa forage meal.

Organs (cm)	Treatments				Probability
	Control	10 %	Moringa FM	20 % MoringaFM	
Right cecum	6.30 ^a		6.45 ^a	9.10 ^b	0.53 P=0.0015
Left cecum	6.80 ^a		7.15 ^a	9.79 ^b	0.54 P=0.0013

^{a,b}Means with different letters indicate significant differences for P<0.05

a response to the permanence time of fibrous particles in these organs and to the action of the microbial mass and the final products of the fermentation (Eastwood 1992, Svihus *et al.* 2013). The response depends on the physical form and the chemical nature of the fiber, its processing, besides the adaptation and characteristics of the animal (Savón *et al.* 2007)

The caeca are emptied twice a day, so limiting the retention time and cellulolysis. In addition, the cecal sphincter expects that particles higher than 1 mm will not penetrate the caeca, causing the low fiber digestibility of some poultry feed (Duke 1997). Similar result was observed in this study, with the inclusion of 20 % of the tree in the ration (table 4).

Taking into account the above, the results allow concluding that the inclusion of 10 % of moringa forage meal in diets for colostomized broilers did not affect the digestibility of nutrients, and caused higher digestive activity by causing morphological modifications in the digestive organs. This shows beneficial results for the digestive physiology of broilers. It was shown that 20 % of inclusion limited the digestive use in this category.

Acknowledgments

Thanks to the technicians Alejandro Albelo, Félix Sierra, Yolaine Rodríguez and Lucía Sarduy for the support to the work done.

incremento del consumo de fibra provocó un ajuste fisiológico, como respuesta del tiempo de permanencia de partículas fibrosas en estos órganos y a la acción de la masa microbiana y los productos finales de la fermentación (Eastwood 1992, Svihus *et al.* 2013). La magnitud de la respuesta depende de la forma física y de la naturaleza química de la fibra, su procesamiento, además de la adaptación y características del animal (Savón *et al.* 2007).

Los ciegos se vacían dos veces al día, por lo que se pudiera limitar el tiempo de retención y la celulolisis. A esto se añade que el esfínter cecal prevé que las partículas mayores de 1mm no penetren a los ciegos, siendo la causa de la baja digestibilidad de la fibra de algunos piensos avícolas (Duke 1997). Resultado similar se observó en este estudio, con la inclusión de 20 % de la arbórea en la ración (tabla 4).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, los resultados permiten concluir que la inclusión de 10 % de harina de forraje de moringa en dietas para pollos de ceba colostomizados no afectó la digestibilidad de los nutrientes, y propició mayor actividad digestiva al provocar modificaciones morfológicas en los órganos digestivos. Esto evidencia resultados beneficiosos para la fisiología digestiva del pollo de ceba. Se demostró que 20 % de inclusión limitó la utilización digestiva en esta categoría.

Agradecimientos

Se agradece a los técnicos Alejandro Albelo, Félix Sierra, Yolaine Rodríguez y Lucía Sarduy por el apoyo al trabajo realizado.

References

- Amata, I. A. & Lebari, T. A. 2012. "Comparative evaluation of the amino acid profile and anti-nutritional content of the leaves of four selected browse plants in the tropics". *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(1): 107–111, ISSN: 2231-4490.
- Bach Knudsen, K. E., Hedemann, M. S. & Laerke, H. N. 2012. "The role of carbohydrates in intestinal health of pigs". *Animal Feed Science and Technology*, 173(1–2): 41–53, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeeds.2011.12.020.
- Ball, M. E. E., Owens, B. & McCracken, K. J. 2013. "Chemical and Physical Predictors of the Nutritive Value of Wheat in Broiler Diets". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(1): 97–107, ISSN: 1011-2367, 1976-5517, DOI: 10.5713/ajas.2012.12178.
- Balzarini, M. G., Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L., Tablada, M., Guzmán, W. & Robledo, C. W. 2012. *InfoStat*. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Belay, T., Bartels, K. E., Wiernusz, C. J. & Teeter, R. G. 1993. "A Detailed Colostomy Procedure and its Application to Quantify Water and Nitrogen Balance and Urine Contribution to Thermobalance in Broilers Exposed to Thermoneutral and Heat-Distressed Environments". *Poultry Science*, 72(1): 106–115, ISSN: 0032-5791, 1525-3171, DOI: 10.3382/ps.0720106.
- Bustamante, G. D. 2009. Evaluación del valor nutritivo de la planta arbórea *Morus alba* y su efecto en el comportamiento biológico de pollos de ceba. Graduated Thesis, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 86 p.
- Bustamante, G. D. 2014. Efecto del aditivo biológico Vitafer en utilización del nitrógeno en pollos de ceba que consumen harina de forraje de *Moringa oleifera* var supergenius. M.Sc. Thesis, Instituto Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 78 p.

- Costa, F. G. P., da Costa, J. S., de Castro, G. C., Fontana, F.-L. D., da Cunha, L.-N. R. & de Sousa, Q. B. J. 2009. "Metabolizable energy levels for semi-heavy laying hens at the second production cycle". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(5): 857–862, ISSN: 1806-9290, DOI: 10.1590/S1516-35982009000500011.
- Dierick, N. A., Vervaeke, I. J., Demeyer, D. I. & Decuyper, J. A. 1989. "Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply". *Animal Feed Science and Technology*, 23(1–3): 141–167, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/0377-8401(89)90095-3.
- Duarte, B. 2011. Métodos de avaliação de alimentos para aves. Graduated Thesis, Universidade federal de Goiás, Goiânia, 40 p.
- Duke, G. E. 1997. "Gastrointestinal physiology and nutrition in wild birds". *The Proceedings of the Nutrition Society*, 56(3): 1049–1056, ISSN: 0029-6651.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Dunkley, K. D., Dunkley, C. S., Njongmeta, N. L., Callaway, T. R., Hume, M. E., Kubena, L. F., Nisbet, D. J. & Ricke, S. C. 2007. "Comparison of *In Vitro* Fermentation and Molecular Microbial Profiles of High-Fiber Feed Substrates Incubated with Chicken Cecal Inocula". *Poultry Science*, 86(5): 801–810, ISSN: 0032-5791, 1525-3171, DOI: 10.1093/ps/86.5.801.
- Eastwood, M. A. 1992. "The Physiological Effect of Dietary Fiber: An Update". *Annual Review of Nutrition*, 12(1): 19–35, ISSN: 0199-9885, 1545-4312, DOI: 10.1146/annurev.nu.12.070192.000315.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. 1970. *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications)*. (ser. Agriculture Handbook, no. ser. 379), USA: U.S. Agricultural Research Service, 24 p., Google-Books-ID: yn8wAAAAYAAJ, Available: <https://books.google.co.uk/books/about/Forage_Fiber_Analyses_apparatus_Reagents.html?id=yn8wAAAAYAAJ>, [Consulted: January 5, 2017].
- Gonzalvo, S., Nieves, D., Ly, J., Macías, M., Carón, M. & Martínez, V. 2001. "Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos". *Livestock Research for Rural Development*, 13(2), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd13/2/gonz132.htm>>, [Consulted: January 5, 2017].
- Hetland, H., Svihus, B. & Olaisen, V. 2002. "Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens". *British Poultry Science*, 43(3): 416–423, ISSN: 0007-1668, 1466-1799, DOI: 10.1080/00071660120103693.
- Itzá, M. F., Lara, P. E., Magaña, M. Á. & Sanginés, J. R. 2010. "Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda". *Zootecnia Tropical*, 28(4): 477–488, ISSN: 0798-7269.
- Jiménez-Moreno, E., Chamorro, S., Frikha, M., Safaa, H. M., Lázaro, R. & Mateos, G. G. 2011. "Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age". *Animal Feed Science and Technology*, 168(1–2): 100–112, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.013.
- Latimer, G. W. 2016. *Official methods of analysis of AOAC International*. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Makkar, H. P. S. & Becker, K. 1996. "Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves". *Animal Feed Science and Technology*, 63(1): 211–228, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(96)01023-1.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E. & Puls, J. 2013. "Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica". *Pastos y Forrajes*, 36(2): 137–149, ISSN: 0864-0394.
- Martínez, M., Savón, L., Dihigo, L. E., Rodríguez, R., Sierra, F., Orta, M., Hernández, Y., Rodríguez, V., Domínguez, M. & Sarduy, L. 2008. "Morphometric indicators of gastrointestinal tract and its accessory organs with the inclusion of foliage of *Lablab purpureus* in the rations for broiler chickens". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 42(2): 191–194, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, P. M. 2010. Caracterización de la harina de forraje de *Mucuna* sp. y su efecto en la fisiología digestiva del pollo de ceba. Ph.D. Thesis, Instituto Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 55 p.
- Matterson, L. D., Potter, L. M., Stutz, M. W. & Singsen, E. P. 1965. "The metabolizable energy of feed ingredients for chickens". *Res. Rep. Conn. Agric. Exp. Stn.*, (7), p. 11, Available: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19671403742>>, [Consulted: January 5, 2017].
- National Research Council (NRC) 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 176 p., ISBN: 978-0-309-04892-7, Available: <<https://www.nap.edu/catalog/2114/nutrient-requirements-of-poultry-ninth-revised-edition-1994>>, [Consulted: January 5, 2017].
- Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T. & Alcayde, M. A. C. 2014. "Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review". *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(1): 1–14, ISSN: 1300-011X.
- Potty, V. H. 1996. "Physio-chemical aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibres - a critical appraisal". *Journal of Food Science and Technology*, 33(1): 1–18, ISSN: 0022-1155.
- Rentería-Flores, J. A., Johnston, L. J., Shurson, G. C. & Gallaher, D. D. 2008. "Effect of soluble and insoluble fiber on energy digestibility, nitrogen retention, and fiber digestibility of diets fed to gestating sows". *Journal of Animal Science*, 86(10): 2568–2575, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2007-0375.
- Rodríguez, R., Martínez, M., Valdivié, M., Cisneros, M., Cárdenas, M. & Sarduy, L. 2006. "Morphometry of the gastrointestinal tract and its accessory organs in laying hens fed feedstuffs containing proteinic sugarcane meal". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 40(3): 361–365, ISSN: 2079-3480.
- Rodríguez, Z., Martínez, M., Sarmiento, L., Pérez, M., Dihigo, L. E., Núñez, O., Herrera, F. R. & Hernández, Y. 2012. "Meal of *Mucuna deeringiana* forage on some physiological microbial groups and fermentative indicators of the cecum of broiler

- chickens". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(2): 193–198, ISSN: 2079-3480.
- Savón, L. 2005. "Tropical roughages and their effect on the digestive physiology of monogastric species". Cuban Journal of Agricultural Science, 39(Spp.): 463, ISSN: 2079-3480.
- Savón, L. 2010. Harinas de forrajes tropicales. Fuentes potenciales para la alimentación de especies monogástricas. Ph.D. Thesis, Instituto Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 251 p.
- Savón, L., Gutiérrez, O., González, T. & Orta, M. 1999. Manual de caracterización físico-química de alimentos. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 33 p.
- Savón, L., Scull, I., Orta, M. & Martínez, M. 2007. "Integral foliage meals of three tropical legumes for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening". Cuban Journal of Agricultural Science, 41(4): 359–361, ISSN: 2079-3480.
- Souffrant, W. B. 2001. "Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig". Animal Feed Science and Technology, 90(1–2): 93–102, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00199-7.
- Svihus, B. 2011. "The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability". World's Poultry Science Journal, 67(02): 207–224, ISSN: 0043-9339, 1743-4777, DOI: 10.1017/S0043933911000249.
- Svihus, B., Choct, M. & Classen, H. L. 2013. "Function and nutritional roles of the avian caeca: a review". World's Poultry Science Journal, 69(02): 249–264, ISSN: 0043-9339, 1743-4777, DOI: 10.1017/S0043933913000287.
- Valdiviá, M. I., Bustamante, D., Caro, Y., Dihigo, L. E., Ly, J. & Savón, L. 2015. "*Moringa oleifera* in the feeding of non ruminant". In: Tree Forages (Mulberry, Moringa and Tithonia) in animal feeding in Latinoamerican, Cuba and Caribbean region, FAO, in edition.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Comstock Pub., 476 p., ISBN: 978-0-8014-2772-5.
- von Heimendahl, E., Breves, G. & Abel, H. 2010. "Fiber-related digestive processes in three different breeds of pigs". Journal of Animal Science, 88(3): 972–981, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2009-2370.

Received: July 6, 2016