

## Macroarchitecture of digestive organs in rabbits fed with varying levels of moringa (*Moringa oleifera*) forage meal

### Macroarquitectura de órganos digestivos en conejos alimentados con niveles variables de harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*)

Y. Caro, Daymara Bustamante, L.E. Dihigo and J. Ly

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

*Email: ycaro@ica.co.cu*

Gastrointestinal morphology indices in 24 White New Zealand rabbits were examined, with an average weight of 2.0 kg, fattened *ad libitum* and randomly with varying levels (0.15 and 30 %) of moringa (*Moringa oleifera*) forage meal. There was not significant effect ( $P > 0.05$ ) of the treatment on the relative content of fresh digesta (average, 116.7 g/kg live weight). The weight of the entire empty digestive tract seemed to slightly decrease in a significant way ( $R^2$ , 0.884,  $P < 0.040$ ) with the introduction of moringa forage in the food (80.6, 79.8 and 76.1 g/kg live weight). There was not significant interdependence ( $P > 0.05$ ) between the relative weight of fresh digesta and the tract of the evaluated rabbits. The moringa forage determined a longer small intestine ( $P < 0.05$ ) with a lower linear density ( $P > 0.10$ ). It is concluded that the use of moringa forage meal to fatten rabbits can determine few changes in the gastrointestinal macroarchitecture of the animals.

**Key words:** rabbits, gastrointestinal tract, digestive organs, digesta

The use of tropical foliages in rabbit feeding is a subject of interest for countries in which conventional systems of rabbit production (McNitt *et al.* 2000) may not be sustainable if locally available foliar sources are not used (Dihigo *et al.* 2001, 2008, Phinmasan *et al.* 2004, Pok Samkol *et al.* 2005, Nieves 2008 and Nieves *et al.* 2009 a, b). Moringa (*Moringa oleifera*) is one of the tropical foliages that could be of interest to feed rabbits (Pérez *et al.* 2010). Moringa is a plant species whose foliage is characterized by having an appreciable protein level and, in turn, low cell wall content. This foliage usually has high *in vitro* ileal digestibility of N (Ly *et al.* 2001 and Mireles *et al.* 2017).

The yields of moringa foliage, as well as its chemical composition, have motivated the study of its nutritional value in rabbits in different tropics regions, particularly when the food is supplied in granular form or in multi-blocks (Odeyinka *et al.* 200, Nuhu 2010, Rodríguez 2010, Adenji and Lawal 2012 and Vivas 2014) and not as meal (Caro *et al.* 2018).

The gastrointestinal tract of rabbits has particularities that notably differentiate it from other farm animals. Its characteristics allow through the caecotrophy, the successful extraction of valuable nutrients from the forages that are supplied (Lebas *et al.* 1986 y Carabaño and Piquer 1998). From the morphological point of view, it has been found that the

Se examinaron índices de la morfología gastrointestinal en 24 conejos Nueva Zelanda Blanco, con peso promedio de 2.0 kg, engordados *ad libitum* y aleatoriamente con niveles variables (0.15 y 30 %) de harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*). No hubo efecto significativo ( $P > 0.05$ ) del tratamiento en el contenido relativo de digesta fresca (promedio, 116.7 g/kg peso vivo). El peso de todo el tracto digestivo vacío pareció decrecer ligeramente de una forma significativa ( $R^2$ , 0.884;  $P < 0.040$ ) con la introducción del forraje de moringa en el alimento (80.6, 79.8 y 76.1 g/kg peso vivo). No hubo interdependencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre el peso relativo de digesta fresca y del tracto de los conejos evaluados. El forraje de moringa determinó un intestino delgado más largo ( $P < 0.05$ ) con una densidad lineal menor ( $P > 0.10$ ). Se concluye que el uso de harina de forraje de moringa para engordar conejos puede determinar pocos cambios en la macroarquitectura gastrointestinal de los animales.

**Palabras clave:** conejos, tracto gastrointestinal, órganos digestivos, digesta

El uso de follajes tropicales en la alimentación cunícula es un tema de interés para países en los que los sistemas convencionales de producción de conejos (McNitt *et al.* 2000) pueden no ser sostenibles si no se utilizan fuentes foliares localmente disponibles (Dihigo *et al.* 2001, 2008; Phinmasan *et al.* 2004, Pok Samkol *et al.* 2005, Nieves 2008 y Nieves *et al.* 2009 a, b). El de la moringa (*Moringa oleifera*) es uno de los follajes tropicales que pudiera ser de interés para alimentar conejos (Pérez *et al.* 2010). La moringa es una especie vegetal cuyo follaje se caracteriza por tener un nivel proteico apreciable y a su vez, bajo contenido de pared celular. Este follaje suele tener alta digestibilidad ileal *in vitro* de N (Ly *et al.* 2001 y Mireles *et al.* 2017).

Los rendimientos del follaje de moringa, así como su composición química, han motivado el estudio de su valor nutritivo en conejos en distintas regiones del trópico, particularmente cuando el alimento se suministra en forma granulada o en multibloques (Odeyinka *et al.* 2008, Nuhu 2010, Rodríguez 2010, Adenji y Lawal 2012 y Vivas 2014) y no en forma de harina (Caro *et al.* 2018).

El tracto gastrointestinal de los conejos presenta particularidades que lo diferencian notablemente del de otros animales de granja. Sus características permiten mediante la cecotrofia, extraer con éxito nutrientes valiosos de los forrajes que le son suministrados (Lebas *et al.* 1986 y Carabaño y Piquer 1998). Desde el punto

different digestive segments grow at different speeds, between three and seven weeks of age (Lebas and Laplace 1972). From the point of view of the influence of food ingested by the rabbit, different characteristics of the macroarchitecture of the gastrointestinal tract have been associated with feeding strategies and with the yield of the carcasses (Gidenne *et al.* 2012), so the traits of the digestive organs may also have a practical interest.

Under feeding conditions with tropical forages, there is little information about the interdependence between this type of rabbit feeding and the morphological characteristics of the alimentary canal of animals, especially when rabbits are fed with moringa foliage (Odeyinka *et al.* 2008, Dougnon *et al.* 2012 and Odetola *et al.* 2012). The objective of this study was to determine if there are changes in the gastrointestinal macroarchitecture of rabbits fed with varying levels of moringa forage meal in the diet.

### Materials and Methods

The research was developed jointly in the Instituto de Ciencia Animal and in a non-state farm, of provincial reference, located in Madruga municipality, Mayabeque province, between June and August 2012.

The tree species *Moringa oleifera* accession Supergenius (India) was evaluated. This forage was obtained in the forage area from the Instituto de Ciencia Animal. It was established on typical red ferralitic soil, with rapid desiccation and uniform profile (Hernández *et al.* 1999).

*Experimental procedure.* In the Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistach Naya", belonging to the Instituto de Ciencia Animal, the cultivation of *M. oleifera* var. Supergenius was established. The sowing was manually done, at a density of 100 000 plants/ha in a circumscribed area of 200 m<sup>2</sup>. For the forage processing, the whole plant was sampled and a second cut was carried out about 60 d after the previous cut. The cut of this forage was manually made, at a height of 30 cm above soil level. The process of drying the material was done in the shade for a period of five days, in order to reduce the humidity.

To facilitate the drying of this material, as well as undesired fermentative processes, it was preceded to turning three times a day with a rake, taking into account a bedding height less than 30 cm. Then, it was reduced to a 3 mm particle size, in a hammer mill and the meal was stored in 50 kg jute sacks until use.

Samples were taken from six sacks, previously homogenized. In order to obtain a representative mixture of approximately 1 kg, the contents of the sack were spread on a clean and flat surface for random sampling. The particle size was reduced to 1 mm in a hammer mill and then passed through a sieve of equal

de vista morfológico, se ha encontrado que los distintos segmentos digestivos crecen con velocidades diferentes, entre tres y siete semanas de edad (Lebas y Laplace 1972). Desde el punto de vista de la influencia de los alimentos ingeridos por el conejo, distintas características de la macroarquitectura del tracto gastrointestinal han sido asociadas con las estrategias de alimentación y con el rendimiento de las canales (Gidenne *et al.* 2012), por lo que los rasgos de los órganos digestivos pueden tener también un interés práctico.

En condiciones de alimentación con forrajes tropicales, existe poca información sobre la interdependencia entre ese tipo de alimentación cunicula y las características morfológicas del canal alimentario de los animales, sobre todo cuando los conejos se alimentan con follaje de moringa (Odeyinka *et al.* 2008, Dougnon *et al.* 2012 y Odetola *et al.* 2012). El objetivo de este experimento fue determinar si existen cambios en la macroarquitectura gastrointestinal de conejos alimentados con niveles variables de harina de forraje de moringa en la dieta.

### Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló de forma conjunta en el Instituto de Ciencia Animal y en una finca no estatal, de referencia provincial, localizada en el municipio Madruga, provincia Mayabeque, entre junio y agosto de 2012.

Se evaluó la especie arbórea *Moringa oleifera* accesión Supergenius (India). Este forraje se obtuvo en el área forrajera del Instituto de Ciencia Animal. Se estableció sobre suelo ferralítico rojo típico, de rápida desecación y perfil uniforme (Hernández *et al.* 1999).

*Procedimiento experimental.* En la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistach Naya", perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, se estableció el cultivo de la *M. oleifera* var. Supergenius. La siembra se realizó de forma manual, a una densidad de 100 000 plantas/ha en un área circunscrita de 200 m<sup>2</sup>. Para el procesamiento del forraje, se muestreó la planta entera y se procedió a su segundo corte unos 60 d después del corte anterior. El corte de este forraje se realizó de forma manual, a una altura de 30 cm sobre el nivel del suelo. El proceso de secado del material se efectuó a la sombra por un período de cinco días, en aras de reducir la humedad del mismo.

Para facilitar el secado de este material, así como evitar procesos fermentativos indeseados, se procedió al volteado del mismo tres veces al día con un rastrillo, se tuvo en cuenta una altura de cama inferior a 30 cm. A continuación, se redujo a un tamaño de partícula a 3 mm, en un molino de martillo y la harina se almacenó en sacos de yute de 50 kg hasta su utilización.

La toma de muestras se realizó de seis sacos, previamente homogenizados. Con el objetivo de obtener una mezcla representativa de aproximadamente 1 kg, se esparció el contenido del saco sobre una superficie limpia y plana para tomar muestras al azar. El tamaño de partícula se redujo a 1 mm en un molino de martillo y luego, se pasó por un tamiz de igual medida para

size to ensure a uniform size. The mixture was packed in glass bottles with a hermetic seal and stored at room temperature until further analysis (Herrera *et al.* 1986). The composition of the material under study is shown in table 1.

asegurar un tamaño uniforme. La mezcla se envasó en frascos de cristal con cierre hermético y se almacenó a temperatura ambiente hasta su análisis posterior (Herrera *et al.* 1986). La composición del material en estudio se muestra en la tabla 1.

Table 1. Proximal composition of moringa forage meal

Indicators	% dry base
DM	88.24
Ashes	11.88
Lignin	7.12
ADF	29.17
NDF	40.11
Crude protein , N x 6.25	21.49
Cellulose	22.05
Hemicellulose	10.94
Ca	2.90
P	0.38

*Animals and experimental diets.* Twenty-four White New Zealand male rabbits of 45 d of age and initial live weight of  $\pm 885$  g were used. The animals were allocated in individual galvanized wire metal cages, equipped with a linear feeder and an automatic nipple drinker. The total duration of the experiment was 45 d.

The composition of the experimental diets is shown in table 2. The diets were formulated according to the nutritional needs of protein and energy, established by Machado *et al.* (2011). They were isoproteic and isoenergetic. The treatments consisted on a control diet and the inclusion of 15 % and 30 % moringa forage meal. The diets were supplied as meal. During the experimental period the animals had food and water *ad libitum*. The food was offered in two portions (8:00 a.m. and 6:00 p.m.) daily.

*Experimental procedure.* The animals were slaughtered at the end of the period with 90 d of age and average weight  $\pm 2.0$  kg. After the laparotomy, the digestive tract was ligated in different places to avoid movements of digesta and four segments were isolated: stomach, small intestine, caecum and colon/rectum. The organs were weighed full and empty. The difference between both weights was considered as the content of fresh digesta.

*Morphometric indicators.* The fresh weight of the gastrointestinal tract and each digestive organ was expressed as weight relative to live weight (g/kg) and percentage contribution of the digestive organs with respect to the total weight of the gastrointestinal tract (GIT), in %. The length of the intestinal segments was expressed relative to live weight (cm/kg), while the linear density was determined as relative weight of the intestines between their relative lengths (g/cm).

The digestive content of the stomach and caecal

*Animales y dietas experimentales.* Se utilizaron 24 conejos machos Nueva Zelanda Blanco, de 45 d de edad, con peso vivo inicial de  $\pm 885$  g. Los animales se alojaron en jaulas metálicas individuales de alambre galvanizado, provistas de un comedero lineal y un bebedero automático de tetina. La duración total del experimento fue de 45 d.

La composición de las dietas experimentales se muestra en la tabla 2. Las dietas se formularon según las necesidades nutricionales de proteína y energía, establecidos por Machado *et al.* (2011). Las mismas fueron isoproteicas e isoenergéticas. Los tratamientos consistieron en una dieta control y la inclusión de 15 % y 30 % harina de forraje de moringa. Las dietas se suministraron en forma de harina. Durante el período experimental los animales dispusieron de alimento y agua *ad libitum*. El alimento se ofreció en dos raciones (8:00 a.m. y 6:00 p.m.) de forma diaria.

*Procedimiento experimental.* Los animales se sacrificaron al final del período con 90 d de edad y peso promedio  $\pm 2.0$  kg. Después de la laparatomía, el tracto digestivo se ligó en distintos sitios para evitar movimientos de digesta y se aislaron cuatro segmentos: estómago, intestino delgado, ciego y colon/recto. Los órganos se pesaron llenos y vacíos. La diferencia entre ambos pesos se consideró como el contenido de digesta fresca.

*Indicadores morfológicos.* El peso fresco del tracto gastrointestinal y de cada órgano digestivo se expresó como peso relativo al peso vivo (g/kg) y contribución porcentual de los órganos digestivos con respecto al peso total del tracto gastrointestinal (TGI), en %. La longitud de los segmentos intestinales se expresó relativa al peso vivo (cm/kg), mientras que la densidad lineal se determinó como peso relativo de los intestinos entre su longitud relativa (g/cm).

El contenido digestivo estomacal y cecal se expresó

Table 2. Chemical composition of experimental diets (percent in dry base)

Indicator	Moringa forage meal , %		
	0	15	30
Ingredients			
Wheat bran	34.80	25.80	19.80
Soybean meal	18.00	17.00	13.00
Maize meal	19.00	20.00	27.00
Sugarcane meal	10.00	10.00	-
Citrus meal	5.00	5.00	5.00
Moringa meal	-	15.00	30.00
Peanut shell	8.00	2.00	-
Vegetable oil	2.50	2.50	2.50
CaCO <sub>3</sub>	0.40	0.40	0.40
CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1.30	1.30	1.30
NaCl	0.40	0.40	0.40
Vitamins and minerals <sup>1</sup>	0.40	0.40	0.40
DL-methionine	0.20	0.20	0.20
Calculated composition			
Crude protein , Nx6.25	16.07	15.94	16.07
Raw fiber	14.04	14.17	13.99
DE, MJ/kg of DM	10.30	10.38	10.46

<sup>1</sup> Each kg contains: vitamin A, 12 000 UI; vitamin D3, 2000 UI; vitamin B2, 4160 UI, niacin, 16 700 UI, pantothenic acid , 8200 UI; vitamin B6, 3420 UI; folic acid, 0.98 g; vitamin B12, 16 mg; vitamin K, 1560 UI; vitamin E, 16 g; BHT, 8.50 g; cobalt, 0.75 g, copper; 3.50 g, iron, 9.86 g; manganese, 6.52 g; sodium, 0.87 g; zinc, 42.4 g; selenium, 6.60

was expressed as relative weight to liveweight (g/kg) as well as the percentage contribution of the stomach and caecum with respect to the total weight of the GIT (%).

*Experimental design and statistical analysis.* A completely randomized design with three treatments and eight repetitions was used. The animal represented the experimental unit. The data of the evaluated indices were processed using the analysis of variance technique according to a simple classification, or regression (Steel *et al.* 1997). In the necessary cases, the means were compared by the Tukey test. Statistical packages of Minitab (2018) and InfoStat version 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012) were used.

### Results and Discussion

The data related to the weight of the full and empty digestive organs are shown in tables 3 and 4. In general, the preponderant role-played by the stomach and the caecum corresponded to their percentage contribution to the weight of the entire tract, which is already known (Lebas and Laplace 1972 and Carabaño and Piquer 1998).

The percentage contribution of the full stomach differed between treatments (table 3). The obtained results are comparable with those published by Diz (2013), who evaluated the inclusion of 20, 30 and 40 % of moringa forage meal in a commercial

como peso relativo al peso vivo (g/kg) así como la contribución porcentual del estómago y ciego con respecto al peso total del TGI (%).

*Diseño experimental y análisis estadístico.* Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y ocho repeticiones. El animal representó la unidad experimental. Los datos de los índices evaluados se procesaron mediante la técnica del análisis de varianza según una clasificación simple, o de regresión (Steel *et al.* 1997). En los casos necesarios, las medias se compararon mediante la dócima de Tukey. Se emplearon los paquetes estadísticos de Minitab (2018) e InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

### Resultados y Discusión

Los datos relacionados con el peso de los órganos digestivos llenos y vacíos se muestran en las tablas 3 y 4. En líneas generales, el papel preponderante desempeñado por el estómago y el ciego se correspondió con su contribución porcentual al peso de todo el tracto, lo que ya es conocido (Lebas y Laplace 1972 y Carabaño y Piquer 1998).

La contribución porcentual del estómago lleno difirió entre tratamientos (tabla 3). Los resultados obtenidos son comparables con los publicados por Diz (2013), quien evaluó la inclusión de 20, 30 y 40 % de harina de forraje de moringa en un concentrado comercial.

Table 3. Relative weight (g fresh/kg live weight) and percentage contribution of full digestive organs of rabbits fed with moringa forage meal

Indicator	Moringa forage meal , %			SE $\pm$	P
	0	15	30		
n	8	8	8	-	-
Live weight , kg	2.08	1.90	2.04	0.05	0.057
	Relative weight				
Stomach	50.04	60.54	53.03	3.42	0.105
Small intestine	39.06	38.50	35.99	1.68	0.403
Caecum	79.28	73.65	80.69	4.49	0.512
Colon/rectum	27.80	23.72	24.52	1.31	0.090
Gastrointestinal tract	196.18	196.41	194.23	6.40	0.965
	Percentage contribution				
Stomach	25.41 <sup>a</sup>	30.77 <sup>b</sup>	27.38 <sup>ab</sup>	1.41	0.041
Small intestine	19.98	19.64	18.65	0.88	0.549
Caecum	40.45	37.46	41.34	1.57	0.212
Colon/rectum	14.16	12.13	12.63	0.58	0.053

<sup>ab</sup> Means without common letter in the same row significantly differ from each other (P<0.05)

Table 4. Relative weight (g fresh/kg live weight) and percentage contribution of empty digestive organs of rabbits fed with moringa forage meal

Indicator	Moringa forage meal , %			SE $\pm$	P
	0	15	30		
n	8	8	8	-	-
Stomach	15.08	14.41	13.49	0.65	0.242
Small intestine	27.75	28.13	26.72	1.50	0.791
Caecum	19.42	21.78	21.55	0.92	0.163
Colon/rectum	18.42 <sup>b</sup>	15.50 <sup>a</sup>	14.36 <sup>a</sup>	0.84	0.007
Gastrointestinal tract	80.67	79.82	76.12	2.32	0.357
	Percentage contribution				
Stomach	18.65	18.18	17.73	0.72	0.670
Small intestine	34.20	35.10	35.08	1.22	0.838
Caecum	24.20 <sup>a</sup>	27.28 <sup>b</sup>	28.31 <sup>b</sup>	1.01	0.023
Colon/rectum	22.95 <sup>b</sup>	19.44 <sup>a</sup>	18.88 <sup>a</sup>	1.01	0.019

<sup>ab</sup> Means without common letter in the same row significantly differ from each other (P<0.05)

concentrate. In contrast, Dihigo *et al.* (2001) reported a decrease in the weight of this organ, with the inclusion of 30 and 45 % of sugarcane meal replacing alfalfa in diets for rabbits in fattening. Similarly, Albert (2006) observed a similar trend in guinea pigs that received erythrin forage meal, and explained that this effect could be given by the physical-chemical properties of the fibrous source under study and by the reduction of the digesta permanence.

There was an increase in the percentage contribution of the caecum, as well as a decrease in the relative weight and in the percentage contribution of the empty colon/rectum (table 4) in the animals that intake moringa forage meal with respect to the control. De Blas *et al.* (2002) suggest that the level and type of dietary fiber

En contraposición, Dihigo *et al.* (2001) informaron disminución en el peso de este órgano, con la inclusión de 30 y 45 % de harina de caña de azúcar en sustitución de la alfalfa en dietas para conejos en ceba. De igual forma, Albert (2006) observó una tendencia similar en cuyes que recibieron harina de forraje de eritrina, y explicó que este efecto pudiera estar dado por las propiedades físico-químicas de la fuente fibrosa en estudio y por la reducción de la permanencia de la digesta.

Se observó incremento en la contribución porcentual del ciego, así como disminución en el peso relativo y en la contribución porcentual del colon/recto vacío (tabla 4) en los animales que consumieron harina de forraje de moringa con respecto al control. De Blas *et al.* (2002) sugieren que el nivel y tipo de fibra de la dieta influyen

influence on the accumulation of digesta in the caecum through its effect on intestinal motility. This performance is determined by the selective process of the fibrous particles that is performed in the caecal-colic segment, as part of the cecotrophy (Gidenne 1996).

Table 5 shows the longitudinal measurements of the different segments of the intestinal tract.

en la acumulación de digesta en el ciego a través de su efecto sobre la motilidad intestinal. Este comportamiento está determinado por el proceso selectivo de las partículas fibrosas que se realiza en el segmento cecocólico, como parte de la cecotrofia (Gidenne 1996).

En la tabla 5 se expresan las medidas longitudinales de los diferentes segmentos del tracto intestinal.

Table 5. Longitudinal measurements of empty digestive organs of rabbits fed with moringa forage meal

Indicator	Moringa forage meal, %			SE ±	P
	0	15	30		
n	8	8	8	-	-
	Relative length, cm/kg live weight				
Small intestine	159.80 <sup>a</sup>	177.99 <sup>b</sup>	166.35 <sup>ab</sup>	4.06	0.015
Caecum	28.06	30.83	28.81	1.03	0.170
Colon/rectum	61.06	64.62	60.78	1.91	0.304
	Linear density, g/cm				
Small intestine	0.17	0.16	0.16	0.01	0.446
Caecum	0.70	0.71	0.76	0.04	0.479
Colon/rectum	0.30 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.01	0.008

<sup>ab</sup> Means without common letter in the same row significantly differ from each other (P<0.05)

The relative length of the small intestine did not differ (P> 0.05) between the treatments in which the different levels of moringa forage meal were included, but with 15 % of this forage differences were observed (P= 0.015) with respect to the control, in which the moringa was absent. In the moringa treatments, the linear density of colon/rectum was lower (P = 0.008). This could be due to the physical-chemical properties of the moringa forage meal. Yu and Chiou (1997) noted that the thickness of the muscle tunic increases because of the distension that causes high levels of fiber in the intestinal segments. In the particular case of moringa, a higher digestibility of the diet (Caro *et al.* 2018) could imply the presence of lower content of digesta in the posterior regions of the tract, modifying the gastrointestinal architecture as a whole.

Table 6 shows the results corresponding to the fresh digesta of rabbits.

With respect to the relative weight of digesta, this was significantly higher (P = 0.069) in the treatment with 15 % of moringa forage with respect to the control, while these two did not differ from that corresponding to 30 % of tree forage. The percentage contribution of the relative weight of the stomach content showed the same effect (P = 0.025). In contrast, the percent of the relative weight of caecal digesta expressed an opposite effect, with a lower value for 15 % of moringa forage in relation to the treatment without moringa (P = 0.084). This could reflect a change in the site of the gastrointestinal macroarchitecture where the digestive processes of rabbits fed with moringa forage meal take place, with greater importance for the gastric area with

La longitud relativa del intestino delgado no difirió (P>0.05) entre los tratamientos en los que se incluyeron los diferentes niveles de harina de forraje de moringa, pero con 15 % de este forraje se observaron diferencias (P=0.015) con respecto al control, en el que la moringa estaba ausente. En los tratamientos con moringa, la densidad lineal del colon/recto fue menor (P=0.008). Esto se pudiera deber a las propiedades físico-químicas de la harina de forraje de moringa. Yu y Chiou (1997) señalaron que el espesor de la túnica muscular aumenta a causa de la distensión que provoca altos niveles de fibra en los segmentos intestinales. En el caso particular de la moringa, una mayor digestibilidad de la dieta (Caro *et al.* 2018) pudiera implicar la presencia de menor contenido de digesta en las regiones posteriores del tracto, modificando así la arquitectura gastrointestinal en su conjunto.

En la tabla 6 se muestran los resultados correspondientes a la digesta fresca de los conejos.

Con respecto al peso relativo de digesta, este fue significativamente mayor (P=0.069) en el tratamiento con 15% de forraje de moringa con respecto al control, mientras que estos dos no difirieron del correspondiente al 30% del forraje arbóreo. La contribución porcentual del peso relativo del contenido estomacal mostró igual efecto (P=0.025). En cambio, el por ciento del peso relativo de digesta cecal expresó un efecto contrario, con valor menor para el 15 % de forraje de moringa en relación con el tratamiento sin moringa (P=0.084). Esto podría reflejar un cambio en el sitio de la macroarquitectura gastrointestinal donde tienen lugar los procesos digestivos de conejos alimentados con harina de forraje de moringa, con mayor importancia para el área gástrica con respecto a la cecal.

Table 6. Relative weight (fresh g/kg live weight)1 of the digesta content in the digestive organs of rabbits fed with moringa forage meal

Indicator	Moringa forage meal , %			SE ±	P
	0	15	30		
n	8	8	8	-	-
	Relative weight, g/kg				
Stomach	34.96 <sup>a</sup>	46.13 <sup>b</sup>	39.55 <sup>ab</sup>	3.22	0.069
Small intestine	11.31	10.37	9.26	1.72	0.706
Caecum	59.86	51.87	59.15	4.18	0.345
Colon/rectum	9.38	8.22	10.15	1.37	0.609
Gastrointestinal tract	115.51	116.59	118.11	6.08	0.954
	Percentage contribution				
Stomach	30.20 <sup>a</sup>	39.56 <sup>b</sup>	33.78 <sup>ab</sup>	2.25	0.025
Small intestine	9.88	8.77	7.78	1.48	0.607
Caecum	51.70 <sup>b</sup>	44.59 <sup>a</sup>	49.94 <sup>ab</sup>	2.22	0.084
Colon/rectum	8.22	7.08	8.50	1.12	0.638

<sup>ab</sup> Means without common letter in the same row significantly differ from each other (P<0.05)

respect to the caecal. Dihigo (2007) observed a similar performance when evaluating the effect of different percentages of dehydrated citrus pulp and sugarcane meal on the morphophysiological indicators of the rabbit.

In this study, there was not significant interdependence ( $R^2$ , 0.004,  $P > 0.05$ ) between the relative weight of the fresh digesta and the empty segments of the entire digestive tract. Probably this effect was not significant ( $P > 0.05$ ), due to the high variability found in this measure. There was also no significant effect of the treatment on the relative weight of all fresh digesta (average, 116.7 g/kg live weight). On the other hand, the relative weight of this tract seemed to slightly decrease in a linear way ( $R^2$ , 0.884,  $P < 0.040$ ) with the introduction of moringa forage in the diet (figure 1).

Knowing the gastrointestinal macroarchitecture of the rabbit could have immediate practical consequences,

Dihigo (2007) observó un comportamiento similar al evaluar el efecto de diferentes porcentajes de pulpa de cítrico deshidratada y harina de caña en los indicadores morfofisiológicos del conejo.

En este experimento no se encontró interdependencia significativa ( $R^2$ , 0.004;  $P > 0.05$ ) entre el peso relativo de la digesta fresca y los segmentos vacíos de todo el tracto digestivo. Probablemente este efecto no fue significativo ( $P > 0.05$ ), debido a la alta variabilidad encontrada en esta medida. Tampoco hubo efecto significativo del tratamiento en el peso relativo de toda la digesta fresca (promedio, 116.7 g/kg peso vivo). En cambio, el peso relativo de este tracto pareció disminuir ligeramente de una forma lineal ( $R^2$ , 0.884;  $P < 0.040$ ) con la introducción del forraje de moringa en la dieta (figura 1).

Conocer la macroarquitectura gastrointestinal del conejo pudiera tener consecuencias inmediatas prácticas,

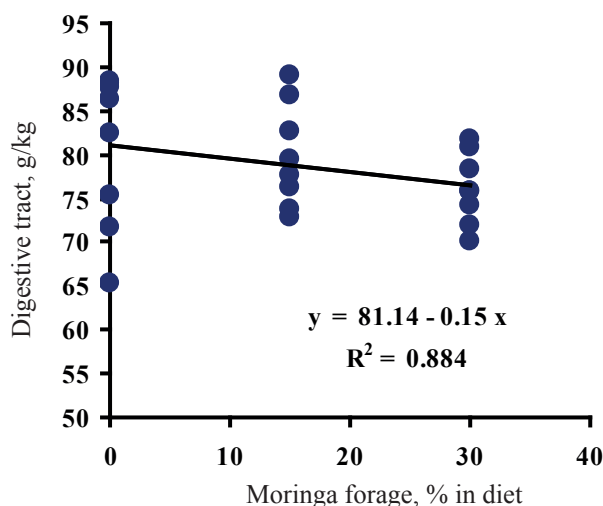


Figure 1. Interdependence between moringa forage in diet and the digestive tract of rabbits in fattening ( $S_{yx}$ ,  $\pm 6.46$ ,  $P < 0.040$ ).

from the point of view not so much of the nutritional physiology as of the carcass yield of rabbits. In this sense, the data provided would be a contribution to this knowledge. It is known that in the rabbit there is an inverse relation between the carcass yield and the weight of the digestive organs (De Blas 1992, Lambertini *et al.* 2006 and Cornejo *et al.* 2016). As a demonstration, Kuzelov and Atanosoca (2011) found that the weight of the digestive tract could constitute 17.6 % of the animal weight. In the particular case of rabbits fed with moringa foliage, Dougnon *et al.* (2012) found that the digestive tract ponderally decreased with the increase of foliage in the food, while the opposite occurred with the carcass yield.

Although the evaluation of the carcasses was not an objective of this study, the data of the gastrointestinal macroarchitecture, from the point of view of the weight of the full digestive organs, could suggest, like those of Dougnon *et al.* (2012) advantages for a higher yield in the animals carcass. However, Nuhu (2010) found that while the carcass yield was 62 and 66 %, with 0 and 20 % of moringa leaves meal, these two treatments determined 16.4 and 16.3 g/kg of live weight for the weight of the full digestive tract. Due to the limited availability of results on this subject, it is obvious that more research is needed.

It is concluded that the use of moringa forage meal to fatten rabbits can determine few changes in the gastrointestinal macroarchitecture of animals. In this species, the digestive physiology of the use of tree forage from tropical nature, locally available, such as moringa, should be researched in detail.

### Acknowledgments

Thanks to the rabbit breeder Gerardo Piloto for providing the animals and facilitating their facilities for the development of the research.

desde el punto de vista no tanto de la fisiología nutricional como del rendimiento en canal de los conejos. En este sentido, los datos aquí brindados serían una contribución a este conocimiento. Se sabe que en el conejo existe una relación inversa entre el rendimiento de la canal y el peso de los órganos digestivos (De Blas 1992; Lambertini *et al.* 2006 y Cornejo *et al.* 2016). Como demostración, Kuzelov y Atanosoca (2011) hallaron que el peso del tracto digestivo podía constituir 17.6 % del peso del animal. En el caso particular de conejos alimentados con follaje de moringa, Dougnon *et al.* (2012) hallaron que el tracto digestivo disminuía ponderalmente con el aumento del follaje en el alimento, mientras que lo contrario ocurría con el rendimiento de la canal.

Aunque no fue objetivo de este experimento la evaluación de las canales, los datos de macroarquitectura gastrointestinal, desde el punto de vista del peso de los órganos digestivos llenos, pudieran sugerir al igual que los de Dougnon *et al.* (2012) ventajas por un mayor rendimiento en canal de los animales. No obstante, Nuhu (2010) halló que mientras el rendimiento de la canal era 62 y 66 %, con 0 y 20 % de harina de hojas de moringa, estos dos tratamientos determinaron 16.4 y 16.3 g/kg de peso vivo para el peso del tracto digestivo lleno. Debido a la poca disponibilidad de resultados sobre este tema, es obvio que se necesita de más investigación.

Se concluye que el uso de harina de forraje de moringa para engordar conejos puede determinar pocos cambios en la macroarquitectura gastrointestinal de los animales. En esta especie, debiera investigarse en detalle la fisiología digestiva del uso de un forraje arbóreo de naturaleza tropical, disponible localmente, como lo es el de moringa.

### Agradecimientos

Se agradece al cunicultor Gerardo Piloto por proveer los animales y facilitar sus instalaciones para el desarrollo de la investigación.

### References

- Adenji, A.A. & Lawal, M. 2012. Effects of replacing groundnut cake with *Moringa oleifera* leaf meal in the diets of grower rabbits. *International Journal of Molecular Veterinary Research*, 2(3):8-13.
- Albert, A. 2006. Evaluación biofisiológica de las especies *Trichantera gigantea*; *Morus alba* y *Erythrina poeppigiana* en cuyes, en la región de Topes de Collantes. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. p. 40-53.
- Carabaño, R. & Piquer, J. 1998. The digestive system of the rabbit. In: *The Nutrition of the Rabbit* (C. De Blas y J. Wiseman, editors). CAB International Publishing. Wallingford, p. 1-16.
- Caro Y, Bustamante D, Dihigo L E & Ly J 2018: Digestibilidad aparente de nutrientes en dietas de forraje de *Moringa oleifera* para conejos en crecimiento. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30, Article #1. Retrieved February 7, 2018, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd30/1/ycar30001.html>
- Cornejo, J.G., Rodríguez, L.T., Pro, A., González, F., Conde, V.F., Ramírez, M.E., López, E. & Hernández, A.S. 2016. Efecto del ayuno *ante mortem* en el rendimiento de la canal y calidad de la carne de conejo. *Archivo de Zootecnia*, 65(250):171-175.
- De Blas, C. 1992. Factores que determinan el rendimiento y la calidad de la canal en conejos. *Mundo Ganadero*, 7:70-75.
- De Blas, C., García, J. & Carabaño, R. 2002. Avances en nutrición de Conejos. Revisión a las principales peculiaridades sistema digestivo de los conejos, que son responsables, entre otras causas, de la complejidad de esta producción. In: XXVII Symposium de Cunicultura de ASESCU. *Boletín de Cunicultura* 122:1-9.
- Dihigo, L. E. 2007. Caracterización físico-química de productos tropicales y su impacto en la morfofisiología digestiva



- del conejo. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Dihigo, L.E., Savón, L., Hernández, Y., Domínguez, M. & Martínez, M. 2008. Physicochemical characterization of mulberry (*Morus alba*), citrus (*Citrus sinensis*) pulp, and sugarcane (*Saccharum officinarum*) meals for the feeding of rabbits. Cuban Journal of Agricultural Science, 42(1): 65-68.
- Dihigo, L.E., Savón, L., Orta, M. & Dormynich, F.S. 2001. Morphometric studies of the gastrointestinal tract and internal organs of rabbits consuming sugar cane meals. Cuban Journal of Agricultural Science, 35(4):361-365.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>
- Diz, R. 2013. Comportamiento productivo de conejos que consumen harina de forraje de *Moringa oleifera*. Master Thesis. Instituto de Ciencia Animal.
- Doungnon, T.J., Aboh, B.A., Kpodékon, T.M., Honvou, S. & Youssao, I. 2012. Effects of substitution of pellet of *Moringa oleifera* to commercial feed on rabbit's digestion, growth performance and carcass trait. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(9): 15-19.
- Gidenne, T. 1996. Nutritional and ontogenic factors affecting rabbit caeco-colic digestive physiology. In: Proceedings of 6th World Rabbit Congress. Toulouse, AFC/INRA p. 13-28.
- Gidenne, T., Combes, S. & Fortun-Lamothe, L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behavior, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. Animal 6(9): 1407-1419.
- Hernández, A.; Pérez, J.M. & Busch, O. 1999. Nueva versión de la genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGROINFOR-MINAG. La Habana. Cuba. p. 64.
- Herrera, R., González, S., García, M., Ríos, C. & Ojeda, F. 1986. Análisis químico del pasto. In: Los pastos en Cuba. Segunda Edición. EDICA. p. 701.
- Kuzelov, A & Atanosova, E. 2011. Participation of main parts and internal organs in rabbit meat. Biotechnology in Animal Husbandry, 27(1):55-61.
- Lambertini, L., Vignola, G., Badiani, A., Zaghini, G. & Formigoni, A. 2006. The effect of journey time and stocking density during transport on carcass and meat quality in rabbits. Meat Science, 72(4):641-646.
- Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R. & De Rochambeau, H. 1986. The Rabbit. Husbandry, Health and Production. Roma, p. 235.
- Lebas, F. & Laplace, J.P. 1972. Mensurations viscérales chez le lapin. 1. Croissance du foie, des reins et des divers segments intestinaux entre 3 et 11 semaines d'âge. Annales de Zootechnie, 81(1):37-47.
- Ly, J, Samkol, P. & Preston, T. R. 2001. Nutritional evaluation of tropical leaves for pigs: Pepsin/pancreatin digestibility of thirteen plant species. Livestock Research for Rural Development. Volume 13, Article #48. Retrieved February 7, 2018, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd13/5/ly135.htm>
- Machado, L.C., Motta, W., Scapinello, C., Sangoi, M. & Castro, A. 2011. Manual de formulação de ração e suplementos para coelhos. Associação Científica Brasileira de Cunicultura. 24 p. ISBN 978-85-912388-1-1.
- McNitt, J., Patton, N., Lukefahn, S. & Checke, F. (2000). Rabbit Production. 8va ed. Interstate Publishers, Inc. 483 p.
- Minitab. 2018. User's Guide, Available: <http://www.minitab.com>
- Mireles, S., Moreno, E., Pok Samkol, Caro, Y & Ly, J. 2017. Cut age and N balance in pigs fed with *Moringa oleifera* foliage meal. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(2):191-196.
- Nieves, D. 2008. Evaluación de recursos alimenticios tropicales alternativos para conejos (*Oryctolagus cuniculus*). Trabajo de grado presentado como requisito final para optar al título de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. 117 p.
- Nieves, D., Moncada, I., Terán, O., González, C., Silva, L. & Ly, J. 2009a. Parámetros digestivos en conejos de engorde alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. Digestibilidad ileal. Bioagro, 21(1): 33-40.
- Nieves, D., Terán, O., Vivas, M., Arciniegas, G., González, C. & Ly, J. 2009b. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. Revista Científica, FCV-LUZ. 19(2): 173-180.
- Nuhu, F. 2010. Effect of moringa leaf meal (molm) on nutrient digestibility, growth, carcass and blood indices of weaner rabbits. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the award of Master of Science degree in Animal Nutrition. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi. 107 p.
- Odetola, O.M., Adetola, O.O., Ijadunola, T.I., Adedeji, O.Y. & Adu, O.A. 2012. Utilization of moringa (*Moringa oleifera*) leaves meal as a replacement for soya bean meal in rabbit's diets. Scholarly Journal of Agricultural Science, 2(3):309-313.
- Odeyinka, S.M., Oyedele, O.J., Adeleke, T.O. & Odedire, T.A. 2008. Reproductive performance of rabbits fed *Moringa oleifera* as a replacement for *Centrosema pubescens*. In: 9th World Rabbit Congress. Verona, p. 411-415.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N. & Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera* Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes, 33(4):1-20.
- Phimmasan, H., Pok, Samkol & Ly, J. 2004. A note on the estimation of metabolites in hard faeces of rabbits. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 11(1):38-42.
- Pok Samkol, Bun Y & Ly J 2005. Physico-chemical properties of tropical tree leaves may influence its nutritive value for monogastric animal species. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 12(1):31-34.
- Rodríguez, W.J. 2010. Evaluación de bloques multinutricionales con tres niveles de follaje de teberinto como fuente proteica sobre el consumo y rendimiento en canal de conejos en la fase de engorde. El Salvador, San Salvador. 42 p.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. & Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw

- and Hill Book Company In Company (segunda edición). New York, p. 666.
- Vivas, J.A. 2014. Efecto de la inclusion de harina de hojas de *Moringa oleifera* en la alimentación de conejos en desarrollo. Master Thesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, 67 p.
- Yu, B. & Chiou, W.S. 1997. The morphological changes of intestinal mucosa in growing rabbits. *Laboratory Animals*, 31: 254-263.

**Received: April 9, 2018**