

Effect of taro tubers silage (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) on the morphometry of the gastrointestinal tract of growing pigs

Efecto del ensilado de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento

W. Caicedo¹, R. Rodríguez², P. Lezcano³, J.C. Vargas¹, H. Uvidia¹, S. Valle¹, and L. Flores⁴

¹Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Tierra, km 2½ vía a Napo. Pastaza, Ecuador

²Universidad de Granma, Facultad de Medicina Veterinaria, Centro de Estudios de Producción Animal. Bayamo, Cuba

³Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Panamericana Sur km 1½.

Riobamba, Ecuador

Email: orlando.caicedo@yahoo.es

In order to know the effect of taro tubers silage on the morphometric and morphological indicators of the gastrointestinal tract (GIT) of growing pigs, a total of 24 pigs from the Landrace x Duroc x Pietrain commercial crossbreeding with an initial mean live weight of 25.65 ± 0.56 kg were used. The pigs were distributed according to a random block design in four treatments: T1 control diet (maize and soybean); T2, T3 and T4 (substitution in the diet of 33, 66 and 100 % of maize by taro silage of 8 d of production with whey and molasses B of sugarcane) with an equal number of animals per treatment. The results were processed by analysis of variance. The means were contrasted with the Duncan test ($P < 0.05$). The lowest weight ($P < 0.05$) of the GIT, large intestine, pancreas and higher weight of the stomach; caecum and liver were presented by the pigs that intake silage. The higher length of the GIT, small intestine and caecum was recorded in treatments T2, T3 and T4, respectively. It is suggested that it is feasible to use taro tubers silage in substitution of maize because there was no negative influence on the morphometry of the gastrointestinal organs of growing pigs.

Key words: *alternatives food, fermentation, digestive tract, pigs.*

Worldwide, in developing countries, including Ecuador, there is competition between man and monogastric species for the intake of various agricultural products (mainly cereals and soybean). To this, problems of seasonality and variation of prices in the market are added (Caicedo *et al.* 2017).

The interest in the use of alternative sources of pig feeding is a topic of great importance today (Ly *et al.* 2012). In this regard, it is necessary to perform morphometric evaluations of the gastrointestinal tract (GIT) of the animals to study the digestion pattern of these products (Reis *et al.* 2005 and Savón *et al.* 2008).

The use of commercially biological or synthetic prepared products has become a viable alternative for pig production (Mallo *et al.* 2010 and Starke *et al.* 2013). It is necessary to use products that, when included in the ration of growing pigs, achieve higher stability of the digestive system and better use of nutrients (Giang *et al.*

Para conocer el efecto del ensilaje de tubérculos de taro en los indicadores morfométricos y morfológicos del tracto gastrointestinal (TGI) de cerdos en crecimiento, se utilizó un total de 24 cerdos del cruce comercial Landrace x Duroc x Pietrain, con peso vivo promedio inicial de 25.65 ± 0.56 kg. Los cerdos se distribuyeron según diseño de bloques al azar en cuatro tratamientos: T1 dieta control (maíz y soya); T2, T3 y T4 (sustitución en la dieta de 33, 66 y 100 % del maíz por ensilado de taro de 8 d de producción con suero de leche y miel B de caña de azúcar) con igual número de animales por tratamiento. Los resultados se procesaron mediante análisis de varianza. Las medias se contrastaron con la prueba de Duncan ($P < 0.05$). El menor peso ($P < 0.05$) del TGI, intestino grueso, páncreas y mayor peso del estómago; ciego e hígado lo presentaron los cerdos que consumieron ensilado. El mayor largo del TGI, intestino delgado y ciego se registró en los tratamientos T2, T3 y T4, respectivamente. Se sugiere que es factible la utilización de ensilaje de tubérculos de taro en sustitución del maíz, por no encontrar influencia negativa en la morfometría de los órganos gastrointestinales de los cerdos en crecimiento.

Palabras clave: *alimentos alternativos, fermentación, tracto digestivo, porcinos.*

A nivel mundial, en países en vías de desarrollo, entre los que se puede citar Ecuador, existe competencia entre el hombre y las especies monogástricas por el consumo de varios productos agrícolas (cereales y soya, principalmente). A esto, se adicionan problemas de estacionalidad y variación de los precios en el mercado (Caicedo *et al.* 2017).

El interés por el uso de fuentes alternativas en la alimentación de ganado porcino es un tema de gran importancia en la actualidad (Ly *et al.* 2012). Al respecto, es necesario realizar valoraciones morfométricas del tracto gastrointestinal (TGI) de los animales para estudiar el patrón de digestión de estos productos (Reis *et al.* 2005 y Savón *et al.* 2008).

La utilización de productos preparados biológicos o sintéticos comerciales se ha convertido en una alternativa viable para la producción porcina (Mallo *et al.* 2010 y Starke *et al.* 2013). Resulta necesario utilizar productos que, al incluirlos en la ración de cerdos en crecimiento,

2010, Reyes *et al.* 2012 and Flores *et al.* 2015).

The objective of this research was to know the effect of taro tubers silage on the morphometric and morphological indicators of the gastrointestinal tract (GIT) of growing pigs.

Materials and Methods

Location of the experimental area and edaphoclimatic. The study was developed in accordance with the directives for Animal Welfare from Ecuador Republic and the experimental protocol, according to Yin *et al.* (2004). The study was carried out in the facilities of the "Agricultural Farm Caicedo", located in Tarqui parish, Pastaza province, Ecuador. This region has a semi-warm or humid subtropical climate, with rainfall ranging between 4000 and 4500 mm annually. It is located at a height of 850 m o.s.l, with an average relative humidity of 87 % and an average minimum and maximum temperature of 20 to 28 °C (INAMHI 2013).

Silage preparation. The silage preparation was carried out with waste tubers. The tubers were washed and ground in fresh form in a mixed mill, provided with blades and a 2.5 cm sieve to obtain particles of the same size. The fermentation preparation was performed according to Caicedo (2013) recommendations (table 1).

Tabla 1. Silage formulation

Raw matters	% inclusion
Chopped taro tubers	68
Molasses B (83°Brix)	5
Whey	27
Total	100

For the silage preparation, the raw matters were weighed in a CARDINAL digital balance, with 100 kg capacity. They were deposited in a clean plastic tank, with 200 kg capacity. The components were added in the following order: chopped tubers, molasses B (83 °Brix) 5 % and whey. They were manually mixed homogeneously, with a wood spatula for 15 min, at an environmental temperature of 25 °C. Later, they were closed and stored indoors, protected from sunlight (Caicedo 2013).

Animals, treatments and housing. Twenty - four pigs from the Landrace x Duroc x Pietarin commercial crossbreed, with an initial mean live weight of 25.65 ± 0.56 kg were used. The animals were randomly housed in individual pens 0.80 m x 1.0 m (0.8 m²) for 33 d (five of diet adaptation and 28 of experimentation). They were distributed at the rate of six pigs per treatment, each pen constituted an experimental unit. Each pen was provided with a hopper feeder located in a stable with 1.6 m high walls and plastic floor. Water was *ad libitum* in teat drinking troughs, the average environmental temperature

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 2, 2017.

logren mayor estabilidad del sistema digestivo y mejor aprovechamiento de los nutrientes (Giang *et al.* 2010, Reyes *et al.* 2012 y Flores *et al.* 2015).

El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto del ensilaje de tubérculos de taro en los indicadores morfométricos y morfológicos del tracto gastrointestinal (TGI) de cerdos en crecimiento.

Materiales y Métodos

Localización del área experimental y características edafoclimáticas. El estudio se desarrolló de acuerdo con las directivas para Bienestar Animal de la República de Ecuador y el protocolo experimental, según Yin *et al.* (2004). El trabajo se realizó en las instalaciones de la Granja Agropecuaria "Caicedo", ubicada en la parroquia Tarqui, provincia de Pastaza, Ecuador. Esta zona tiene un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 4000 y 4500 mm anuales. Se encuentra a una altitud de 850 msnm, con humedad relativa media de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 20 a 28 °C (INAMHI 2013).

Preparación del ensilado. La preparación del ensilaje se realizó con tubérculos de desecho. Los tubérculos se lavaron y molieron frescos en un molino mixto, provisto de cuchillas y criba de 2.5 cm para obtener partículas de iguales dimensiones. La preparación del fermentado se realizó según las recomendaciones de Caicedo (2013) (tabla 1).

Para la elaboración del ensilado, las materias primas se pesaron en una balanza digital marca CARDINAL, con capacidad para 100 kg. Se depositaron en un tanque plástico limpio, con disponibilidad para 200 kg. Los ingredientes se adicionaron en el orden siguiente: tubérculos picados, miel B (83 °Brix) 5 % y suero de leche. Los componentes se mezclaron de manera homogénea, manualmente, con la utilización de una paleta de madera, durante 15 min, a temperatura ambiente de 25 °C. Después, se cerraron y almacenaron bajo techo, protegidos de la luz solar (Caicedo 2013).

Animales, tratamientos y alojamiento. Se utilizaron 24 cerdos del cruce comercial Landrace x Duroc x Pietarin, con peso vivo promedio inicial de 25.65 ± 0.56 kg. Los animales se alojaron al azar en corrales individuales de 0.80 m x 1.0 m (0.8 m²) durante 33 d (cinco de adaptación a las dietas y 28 en experimentación). Se distribuyeron a razón de seis cerdos por tratamiento, cada corraleta constituyó una unidad experimental. Cada corral estuvo provisto de un comedero tipo tolva, situado en un establo con paredes de 1.6 m de altura y piso plástico. El agua

was 25 °C.

A feeding scale was used according to the nutritional requirements of the animals, using a standard that covered their energy and protein needs (Rostagno *et al.* 2011). The pigs received the food from the early hours of the morning (8.00 a.m.). The treatments that intake silage first received the dry food and an hour later the silage was offered *ad libitum* (Lezcano *et al.* 2014).

The treatments consisted on 4 experimental diets: T1 (control diet) based on maize-soybean; T2, T3, T4 (substitution of 33, 66 and 100 % of maize by taro silage, 8 days of production). Diets were formulated according to NRC (2012) recommendations (table 2).

Morphometric evaluations of GIT and accessory organs. At the end of the experiment period (28 d), the

estuvo disponible a voluntad en bebederos del tipo tetina, la temperatura ambiente promedio fue de 25 °C.

Se utilizó una escala de alimentación de acuerdo con las exigencias nutricionales de los animales, mediante una norma que cubrió sus necesidades de energía y proteína (Rostagno *et al.* 2011). Los cerdos recibieron el alimento desde las primeras horas de la mañana (8.00 a.m.). Los tratamientos que consumieron ensilaje recibieron primeramente el alimento seco, y una hora después se ofertó el ensilaje de forma tal que dispusieran de este a libre voluntad (Lezcano *et al.* 2014).

Los tratamientos consistieron en 4 dietas experimentales: T1 (dieta control) a base de maíz-soya; T2, T3, T4 (sustitución del 33, 66 y 100 % del maíz por ensilado de taro, de 8 días de producción). Las dietas se formularon según las recomendaciones de NRC (2012) (tabla 2).

Tabla 2. Composition and nutritional contribution of diets (%)

Ingredients	Levels of maize substitution , %			
	0	33	66	100
Maize	65.0	43.55	22.1	-
Wheat bran	8.5	8.0	7.0	6.0
Soy meal	24.0	24.5	24.69	25.16
Silage food	-	21.45	42.9	65.0
Vegetable oil	1.0	1.0	1.5	2.0
L-Lysine	-	-	0.25	0.27
L-Tryptophan	-	-	0.06	0.07
Dicalcium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5
Calcium carbonate	0.5	0.5	0.5	0.5
Sodium chloride	0.3	0.3	0.3	0.3
Mineral premixture ¹	0.1	0.1	0.1	0.1
Choline chloride	0.1	0.1	0.1	0.1
Calculated contribution				
ME(MJ Kg DL ⁻¹)	13.80	13.80	13.80	13.80
CP, %	18.0	18.0	18.0	18.0
Calcium, %	0.66	0.66	0.64	0.64
Phosphorous , %	0.56	0.56	0.55	0.55
Lysine, %	0.98	0.98	0.98	0.98
Methionine +Cystine, %	0.55	0.55	0.54	0.54
Tryptophan, %	0.17	0.17	0.16	0.16
Arginine, %	0.45	0.45	0.44	0.44
Threonine, %	0.59	0.59	0.58	0.58

¹Each kg: contains: vitamin A, 4125 U.I.; vitamin D3,900 U.I.; vitamin E, 24,8 UI; vitamin K3, 1,80 mg; vitamin B1, 060 mg; vitamin B2, 1,88 mg; pantothenic acid, 9 mg; nicotinic acid, 18 mg; folic acid, 0,180 mg; vitamin B6, 1,20 mg; vitamin B12, 0,012 mg; biotin 0,060 mg; choline, 120mg; manganese, 64 mg; copper 7,2 mg; iron, 48 mg; zinc, 66 mg; selenium, 0,22 mg; iodine, 0,60 mg.

animals were fasted for 8 h and weighed. Later they were slaughtered by using an electric stun and cardiac puncture bleeding (Ly *et al.* 2013). For the collection of intestinal samples, immediately the abdomen was opened from the sternum to the pubis and the entire GIT was exposed (Li *et al.* 2009 and Hou *et al.* 2010).

Valoraciones morfométricas del TGI y órganos accesorio. Al finalizar el período de experimentación (28 d), los animales se dejaron en ayuno de 8 h y se pesaron. Posteriormente se sacrificaron mediante el uso de un aturdidor eléctrico y desangramiento por punción cardíaca (Ly *et al.* 2013). Para la colección de

The GIT was divided into stomach, small intestine, large intestine and caecum. The organs were isolated and emptied and the digestive content of the different sections of the GIT were not taken into account. Later, they were weighed in a Camry scale, with accuracy of ± 1 g and measured with measuring tape, with fidelity of 1 cm (Ayala *et al.* 2014). In addition, the liver and pancreas weight of these animals were recorded. The means of weights and longitudes were analyzed as relative weight.

Statistical analysis and experimental design. The experiment was developed according to random block design. The animals were blocked by weight. The analysis of variance was performed according to Steel *et al.* (1997) recommendations. In cases where significant differences were found ($P < 0.05$), the means were contrasted by the Duncan (1955) test. The analyses were done with the application of the statistical program Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Results

Table 3 shows the relative weight of the GIT and accessory organs of pigs fed with taro tubers silage, expressed in g kg^{-1} of body weight. There was not effect ($P > 0.05$) with respect to body weight and relative weight of the small intestine. However, for GIT, stomach, large intestine, caecum, liver and pancreas, there were differences ($P < 0.05$) between treatments. Pigs fed the control diet had the highest weight of GIT. The pigs that intake silage had lower weight of the GIT, large intestine and pancreas. These animals reached higher weight of the stomach, and liver.

Regarding the longitudinal measurements of digestive organs in cm (table 4), there were no differences ($P > 0.05$) with respect to the prolongation of the large intestine. In the measurements of GIT, small intestine and caecum there were differences ($P < 0.05$). The higher length of the GIT small

las muestras intestinales, inmediatamente el abdomen se abrió del esternón al pubis y se expuso el TGI completo (Li *et al.* 2009 y Hou *et al.* 2010).

El TGI se dividió en estómago, intestino delgado, intestino grueso y ciego. Los órganos se aislaron y vaciaron y no se tomó en cuenta el contenido digestivo de las diferentes secciones del TGI. Posteriormente, se pesaron en una balanza marca Camry, con precisión de ± 1 g y se midieron con cinta métrica, con fidelidad de 1 cm (Ayala *et al.* 2014). Además, se registró el peso del hígado y páncreas de estos animales. Las medias de los pesos y longitudes se analizaron como peso relativo.

Análisis estadístico y diseño experimental. El experimento se desarrolló según diseño de bloques al azar. Los animales se bloquearon por el peso. El análisis de varianza se realizó de acuerdo con las recomendaciones de Steel *et al.* (1997). En los casos en que se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), las medias se contrastaron por la prueba de Duncan (1955). Los análisis se hicieron con la aplicación del programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados

En la tabla 3 se muestra el peso relativo del TGI y de órganos accesorios de cerdos alimentados con ensilado de tubérculos de taro, expresado en g kg^{-1} de peso corporal. No se observó efecto ($P > 0.05$) con respecto al peso corporal y peso relativo del intestino delgado. Sin embargo, para el TGI, estómago, intestino grueso, ciego, hígado y páncreas se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. Los cerdos alimentados con la dieta control tuvieron el mayor peso del TGI. Los cerdos que consumieron ensilaje tuvieron menor peso del TGI, intestino grueso y páncreas. Estos animales alcanzaron mayor peso del estómago, ciego e hígado.

En relación con las medidas longitudinales de órganos digestivos en cm (tabla 4), no hubo diferencias ($P > 0.05$) con respecto a la prolongación del intestino grueso. En las medidas del TGI, intestino delgado y ciego hubo diferencias

Tabla 3. Relative weight of the GIT and accessory organs of growing pigs, fed with taro tubers silage g kg^{-1} of body weight[†]

Variables	Inclusion levels of silage, %				SE $\pm$	P
	Control	33	66	100		
n	6	6	6	6		
Body weight, kg	49.18	49.33	49.22	49.27	0.24	P=0.9740
GIT	41.75 ^b	38.65 ^a	38.56 ^a	38.60 ^a	0.19	P<0.0001
Stomach	4.94 ^a	5.25 ^b	5.24 ^b	5.24 ^b	0.03	P<0.0001
Small intestine	18.85	18.74	18.69	18.71	0.09	P=0.6293
Large intestine	17.96 ^a	14.67 ^b	14.63 ^b	14.64 ^b	0.08	P<0.0001
Caecum	1.73 ^b	1.82 ^a	1.82 ^a	1.82 ^a	0.01	P<0.0001
Liver	17.26 ^b	20.97 ^a	20.93 ^a	20.95 ^a	0.10	P<0.0001
Pancreas	0.74 ^b	0.50 ^a	0.50 ^a	0.50 ^a	0.003	P<0.0001

[†]Empty and fresh weight of organs

ab Means with different letters in the same raw differ to $P < 0.05$ according to Duncan (1955)

Tabla 4. Longitudinal measurements of digestive organs in cm kg⁻¹ of body weight of growing pigs, fed with taro tubers silage

Variables	Inclusion levels of silage , %				SE ±	P Value
	Control	33	66	100		
n	6	6	6	6		
Body weight , kg	49.18	49.33	49.22	49.27	0.24	P=0.9740
GIT ⁺	31.84 ^b	33.29 ^a	33.21 ^a	33.24 ^a	0.16	P<0.0001
Small intestine	24.77 ^b	26.15 ^a	26.09 ^a	26.11 ^a	0.13	P<0.0001
Large intestine	7.06	7.14	7.12	7.13	0.04	P=0.4446
Caecum	0.38 ^b	0.42 ^a	0.42 ^a	0.42 ^a	0.001	P<0.0001

⁺ From the duodenum to the rectum

ab Different letters in the same row differ to P<0.05 according to Duncan (1955)

intestine and caecum were showed by pigs that intake silage.

Discussion

The control treatment showed the highest weight of GIT in relation to treatments that included different levels of silage in the diet. Ly *et al.* (2014a) reported that the highest increase in the GIT weight is related to lower digestibility of DM and OM consequently, since more energy is required for the maintenance of the them (Lallès *et al.* 2007). Therefore, there must be adequate correspondence between the structure and the function of the GIT of the animals (Lykke *et al.* 2012).

The pigs that intake silage showed the lower weight of the GIT, large intestine and pancreas. Ly *et al.* (2011) state that the growing pigs fed with alternative foods may show a marked increase in absolute length and relative weight of the GIT. However, a GIT, large intestine and pancreas lighter, as evidenced by including silage in the pigs diet, is a product of a high colonization of lactic bacteria. These factors influence on the digestive and absorptive processes that take place in the intestine and, therefore, on the decrease of these organs weight (Paez *et al.* 1998 and Ayala *et al.* 2010) and on the increase of gain and feed conversion of animals (Yang *et al.* 2015).

The weight of the stomach, caecum and the liver increased ($P < 0.05$) in the pigs that intake silage, an effect that can be associated with the higher volume of food intake by the animals to satisfy their requirements (Ly and Torres 2011 and Ayala *et al.* 2014). At the nutritional level, this does not have a marked influence on nutrients use, since the silages contain lactic bacteria that help to improve the diet use pattern (Ojeda-García *et al.* 2016) through the production of the enzymes α -amylase, arabinose, cellulase, dextranase, levansucrase, maltase, alkaline protease, neutral protease and β -glucanase (Giang *et al.* 2011), β -galactosidase and lactic dehydrogenase, which produce lactic acid (Tannock 2005) and metabolism of non-volatile organic acids during the fermentation process (Anbazhagan *et al.* 2013).

($P < 0.05$). El mayor largo del TGI, intestino delgado y ciego lo presentaron los cerdos que consumieron ensilaje.

Discusión

El tratamiento control presentó el mayor peso del TGI con relación a los tratamientos que incluyeron diferentes niveles de ensilaje en la dieta. Ly *et al.* (2014a) manifestaron que el mayor aumento del peso del TGI se relaciona con menor digestibilidad de la MS y MO consecuentemente, pues se requiere mayor utilización energética para el mantenimiento del mismo (Lallès *et al.* 2007). Por tanto, debe existir adecuada correspondencia entre la estructura y la función del TGI de los animales (Lykke *et al.* 2012).

Los cerdos que consumieron ensilaje presentaron el menor peso del TGI, intestino grueso y páncreas. Ly *et al.* (2011) aseveran que los cerdos en crecimiento ceba, alimentados con alimentos alternativos pueden mostrar incremento notable en el largo absoluto y en el peso relativo del TGI. No obstante, un TGI, intestino grueso y páncreas más livianos, como se evidenció al incluir ensilado en la dieta de los cerdos, es producto de una alta colonización de bacterias lácticas. Estas influyen en los procesos digestivos y absorptivos que se llevan a cabo en el intestino y por ende, en la disminución del peso de estos órganos (Páez *et al.* 1998 y Ayala *et al.* 2010) y en el aumento de la ganancia y conversión alimentaria de los animales (Yang *et al.* 2015).

El peso del estómago, ciego e hígado se incrementó ($P < 0.05$) en los cerdos que consumieron ensilado, efecto que se puede asociar al mayor volumen de alimento que consumieron los animales para satisfacer sus requerimientos (Ly y Torres 2011 y Ayala *et al.* 2014). A nivel nutritivo, esto no tiene una influencia marcada en el aprovechamiento de los nutrientes, ya que los ensilados contienen bacterias lácticas que ayudan a mejorar el patrón de aprovechamiento de la dieta (Ojeda-García *et al.* 2016) mediante la producción de las enzimas α -amilasa, arabinosa, celulasa, dextranasa, levansucrasa, maltasa, proteasa alcalina, proteasa neutra y β -glucanasa (Giang *et al.* 2011), β -galactosidasa y deshidrogenasa láctica, que producen el ácido láctico (Tannock 2005) y el metabolismo de ácidos orgánicos no volátiles durante el proceso de fermentación (Anbazhagan *et al.* 2013).

Los trabajos de Jurado *et al.* (2011) y Londoño *et al.*

The studies of Jurado *et al.* (2011) and Londoño *et al.* (2016) confirm these results, who, when using different strains of probiotics in the feeding of growing pigs, observed a significant increase in the weight and development of these digestive organs, and in the percentages of nutrient digestibility, particularly energy, protein, calcium and phosphorus, which are considered the most expensive in pig feeding. The lactic acid produced by these microorganisms contributes to the digestion processes of the fiber, as it transforms the dietary fiber or mucopolysaccharides into simple sugars, short chain fatty acids, production of vitamins K, B12 and folic acid; bile acid recirculation and transformation of potential carcinogens (DiBaise *et al.* 2008). In this study, the silages contained lactic bacteria provided by the whey.

The pigs that intake silage showed higher length of the GIT, small intestine and caecum. Studies with molasses (Ly 2014) and protein molasses (Ly *et al.* 2012) determined a GIT and small intestine slightly more elongated, while the large intestine and caecum were not modified with the maize and soybean diet. The elongation of the small intestine and caecum of pigs is associated with better traits of productive performance in pigs (Ly *et al.* 2013, 2014a). The microflora of the intestine provides a barrier against pathogens through the bacteriocins production (Turroni *et al.* 2008), reduction of ruminal pH, immune systemic response and non-specific intestinal barrier reinforcement (Ng *et al.* 2009 and Tlaskalová-Hogenová *et al.* 2011).

It is suggested that it is feasible to use taro tubers silage instead of maize for not finding a negative influence on the morphometry of the gastrointestinal organs of growing pigs.

Acknowledgments

Thanks to The National Secretariat of Higher Education, Science, Technology and Innovation (SENESCYT) from Ecuador for financing the development of this research.

(2016) confirman estos resultados, quienes al utilizar diferentes cepas de probióticos en la alimentación de cerdos en crecimiento, observaron aumento significativo en el peso y desarrollo de estos órganos digestivos, y en los porcentajes de digestibilidad de nutrientes, particularmente de la energía, proteína, calcio y fósforo, que se consideran los más costosos en la alimentación del cerdo. El ácido láctico producido por estos microorganismos contribuye a los procesos de digestión de la fibra, ya que transforma la fibra dietética o mucopolisacaridos en azúcares simples, ácidos grasos de cadena corta, producción de vitaminas K, B12 y ácido fólico; la recirculación de ácidos biliares y la transformación de carcinógenos potenciales (DiBaise *et al.* 2008). En este estudio, los ensilados contenían bacterias lácticas aportadas por el suero de leche.

Los cerdos que consumieron ensilaje presentaron mayor largo del TGI, intestino delgado y ciego. Estudios desarrollados con miel rica (Ly 2014) y miel proteica (Ly *et al.* 2012) determinaron un TGI e intestino delgado ligeramente más elongados, mientras que el intestino grueso y ciego no se modificaron con la dieta basada en maíz y soya. El alargamiento del intestino delgado y ciego de los cerdos se asocia con mejores rasgos de comportamiento productivo en el ganado porcino (Ly *et al.* 2013, 2014a). La microflora del intestino proporciona una barrera contra los patógenos mediante la producción de bacteriocinas (Turroni *et al.* 2008), la reducción del pH ruminal, la contestación sistémica inmune y el refuerzo de la barrera intestinal no específica (Ng *et al.* 2009 y Tlaskalová-Hogenová *et al.* 2011).

Se sugiere que es factible el uso del ensilaje de tubérculos de taro en sustitución del maíz, por no encontrar influencia negativa en la morfometría de los órganos gastrointestinales de los cerdos en crecimiento.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de Ecuador por el financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

References

- Anbazhagan, K., Sasikumar, P., Gomathi, S., Priya, H. p. & Selvam, G. s. 2013. "In vitro degradation of oxalate by recombinant *Lactobacillus plantarum* expressing heterologous oxalate decarboxylase". Journal of Applied Microbiology, 115(3): 880–887, ISSN: 1365-2672, DOI: 10.1111/jam.12269.
- Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Dihigo, L. E., Milián, G., Herrera, M. & Ly, J. 2014. "Development of the digestive organs in piglets born from sows consuming probiotic before farrowing and during lactation Cuban Journal of Agricultural Science, 48(2): 133–136, ISSN: 0034-7485, 2079-3480.
- Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Martínez, M., Dihigo, L. E., Hernández, L. E. & García, E. 2010. "El Rol de los Probióticos en Indicadores Morfométricos de Órganos Internos en Cerdos en Crecimiento". Revista Computadorizada de Producción Porcina, 17(1): 32–34, ISSN: 1026-9053.
- Caicedo, W. 2013. Potencial nutritivo del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. M.Sc. Thesis, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 60 p.
- Caicedo, W., Vargas, J. C., Uvidia, H., Samaniego, E., Valle, S., Flores, L., Moyano, J. & Aguiar, S. 2017. "Physicochemical, biological and organoleptic indicators in banana silage (*Musa sapientum*) for pig feeding". Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1): 85–92, ISSN: 2079-3480.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012,

- [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- DiBaise, J. K., Zhang, H., Crowell, M. D., Krajmalnik-Brown, R., Decker, G. A. & Rittmann, B. E. 2008. "Gut Microbiota and Its Possible Relationship With Obesity". *Mayo Clinic Proceedings*, 83(4): 460–469, ISSN: 0025-6196, DOI: 10.4065/83.4.460.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Flores, L., Elías, A., Proaño, F., Granizo, G., Medina, Y., López, S., Herrera, F. & Caicedo, W. 2015. "Effects of a commercial antibiotic and a microbial preparation on the productive performance and pigs health during fattening". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(3): 377–388, ISSN: 0034-7485.
- Giang, H. H., Viet, T. Q., Ogle, B. & Lindberg, J. E. 2010. "Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria". *Livestock Science*, 129(1–3): 95–103, ISSN: 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2010.01.010.
- Giang, H. H., Viet, T. Q., Ogle, B. & Lindberg, J. E. 2011. "Effects of Supplementation of Probiotics on the Performance, Nutrient Digestibility and Faecal Microflora in Growing-fattening Pigs". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(5): 655–661, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.2011.10238.
- Hou, Y., Wang, L., Ding, B., Liu, Y., Zhu, H., Liu, J., Li, Y., Wu, X., Yin, Y. & Wu, G. 2010. "Dietary α -ketoglutarate supplementation ameliorates intestinal injury in lipopolysaccharide-challenged piglets". *Amino Acids*, 39(2): 555–564, ISSN: 0939-4451, 1438-2199, DOI: 10.1007/s00726-010-0473-y.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2013. Hidrología. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Available: <<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/hidrologia/>>, [Consulted: September 28, 2017].
- Jurado, H., Castaño, D. & Ramírez, C. 2011. "Evaluación de *Lactobacillus plantarum* en intestino grueso de lechones por microscopía electrónica y química sanguínea". *Revista MVZ Córdoba*, 16(2): 2538–2548, ISSN: 0122-0268.
- Lallès, J.-P., Bosi, P., Smidt, H. & Stokes, C. R. 2007. "Weaning — A challenge to gut physiologists". *Livestock Science*, 108(1): 82–93, ISSN: 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.091.
- Lezcano, P. P., Berto, D. A., Bicudo, S. J., Curcelli, F., Figueiredo, P. G. & Valdivie, M. I. N. 2014. "Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 41–47, ISSN: 0188-7890.
- Li, P., Kim, S. W., Li, X., Datta, S., Pond, W. G. & Wu, G. 2009. "Dietary supplementation with cholesterol and docosahexaenoic acid affects concentrations of amino acids in tissues of young pigs". *Amino Acids*, 37(4): 709–716, ISSN: 0939-4451, 1438-2199, DOI: 10.1007/s00726-008-0196-5.
- Londoño, P. S., Lallès, J.-P. & Parra Suescún, J. 2016. "Effect of probiotic strain addition on digestive organ growth and nutrient digestibility in growing pigs". *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 69(2): 7911–7918, ISSN: 2248-7026, 0304-2847, DOI: 10.15446/rfna.v69n2.59136.
- Ly, J. 2014. "High-test molasses or maize as an energy source from growing pigs. Status of digestive organs". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(3): 271–275, ISSN: 0034-7485.
- Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. & Delgado, E. 2014a. "Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(3): 134–139, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J., Almaguel, R., Lezcano, P. & Delgado, E. 2014b. "Miel rica o maíz como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Interdependencia entre rasgos de comportamiento, digestibilidad rectal y órganos digestivos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(2): 66–69, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J., Almaguel, R., Romero, A. M. & Delgado, E. 2013. "Distribución de digesta en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de levadura torula y miel rica. Influencia del peso corporal". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 20(3): 143–146, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J., Ayala, L., Hidalgo, K., Rodríguez, B., Caro, Y., Romero, A. M. & Delgado, E. 2012. "Digestibilidad rectal y macroarquitectura gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula y miel rica. Influencia del peso corporal". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(4): 246–250, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J., Díaz, C., Macías, M., Santana, I., Martínez, O. & Domínguez, H. 2011. "Evidencias de interdependencia entre índices morfométricos de órganos digestivos y digesta en cerdos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 18(1): 63–67, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J. & Torres, M. A. 2011. "Fructose metabolism in pigs fed sugar cane molasses". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 18(1): 252–254, ISSN: 1026-9053.
- Lykke, M., Hother, A., Sangild, P. T., Michaelsen, K. F., Friis, H., Molgaard, D. F. & Thymann, T. 2012. "Severe acute malnutrition (SAM) in early life reduces gut function and structure". In: XII International Symposium on Digestive Physiology of Pigs, Keystone, CO, USA: Keystone Resort and Conference Center, p. 88, Available: <<https://www.yumpu.com/en/document/view/5903256/xii-12th-international-symposium-digestive-physiology-of-pigs>>, [Consulted: September 28, 2017].
- Mallo, J. J., Rioperez, J. & Honrubia, P. 2010. "The addition of *Enterococcus faecium* to diet improves piglet's intestinal microbiota and performance". *Livestock Science*, 133(1–3): 176–178, ISSN: 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2010.06.057.
- Ng, S. C., Hart, A. L., Kamm, M. A., Stagg, A. J. & Knight, S. C. 2009. "Mechanisms of action of probiotics: Recent advances". *Inflammatory Bowel Diseases*, 15(2): 300–310, ISSN: 1078-0998, DOI: 10.1002/ibd.20602.
- NRC (National Research Council) 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed., call no. SF396.5 .N87 2012, Washington, D.C, USA: National Academies Press, 400 p., ISBN: 978-0-309-22423-9.
- Ojeda-García, F., Blanco-Betancourt, D., Cepero-Casas, L. & Rosales-Izquierdo, M. 2016. "Efecto de la inclusión de un biopreparado de microorganismos eficientes (IHplus®) en dietas de cerdos en ceba". *Pastos y Forrajes*, 39(2): 119–124, ISSN: 0864-0394.
- Páez, J. M., Hernández, M., Macías, M., Mederos, C. M., Martínez, R. M. & Ly, J. 1998. "A note on the morphometry of the

- digestive system in piglets weaned with sugar cane high-test molasses”. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 5(2): 31–37, ISSN: 1026-9053.
- Reis, de S. T. C., Guerrero, C. M. de J., Aguilera, B. A. & Mariscal, L. G. 2005. “Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados”. *Técnica Pecuaria en México*, 43(3): 309–321, ISSN: 0040-1889.
- Reyes, I., Figueroa, J. L., Cobos, M. A., Sánchez-Torres, M. T., Zamora, V. & Cordero, J. L. 2012. “Probiótico (*Enterococcus faecium*) adicionado a dietas estándar y con baja proteína para cerdos”. *Archivos de Zootecnia*, 61(236): 589–598, ISSN: 0004-0592, DOI: 10.4321/S0004-05922012000400011.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F. de, Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. de T. & Euclides, R. F. 2011. *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos - Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 3rd ed., Viçosa, MG, Brasil: Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia, 259 p., Available: <<https://es.scribd.com/document/150712962/01-TABLAS-BRASILENAS-PARA-AVES-Y-CERDOS-2011>>, [Consulted: September 28, 2017].
- Savón, L., Mora, L., Dihigo, L., Rodríguez, V., Rodríguez, Y., Scull, I., Hernández, Y. & Ruiz, T. 2008. “Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba”. *Zootecnia Tropical*, 26(3): 387–390, ISSN: 0798-7269.
- Starke, I. C., Pieper, R., Neumann, K., Zentek, J. & Vahjen, W. 2013. “Individual responses of mother sows to a probiotic *Enterococcus faecium* strain lead to different microbiota composition in their offspring”. *Beneficial Microbes*, 4(4): 345–356, ISSN: 1876-2883, 1876-2891, DOI: 10.3920/BM2013.0021.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. & Dickey, D. A. 1997. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. (ser. McGraw-Hill series in probability and statistics), 3rd ed., call no. QA276 .S82 1997, New York, USA: McGraw-Hill, 666 p., ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Tannock, G. W. 2005. *Probiotics and Prebiotics: Scientific Aspects*. Norfolk, UK: Caister Academic Press, 230 p., ISBN: 978-1-904455-01-1, Google-Books-ID: UOvStP6CY70C, Available: <<https://www.caister.com/pro3>>, [Consulted: September 28, 2017].
- Tlaskalová-Hogenová, H., Štěpánková, R., Kozáková, H., Hudcovic, T., Vannucci, L., Tučková, L., Rossmann, P., Hrnčír, T., Kverka, M., Zákostelská, Z., Klimešová, K., Přibyllová, J., Bártová, J., Sanchez, D., Fundová, P., Borovská, D., Šrůtková, D., Zidek, Z., Schwarzer, M., Drastich, P. & Funda, D. P. 2011. “The role of gut microbiota (commensal bacteria) and the mucosal barrier in the pathogenesis of inflammatory and autoimmune diseases and cancer: contribution of germ-free and gnotobiotic animal models of human diseases”. *Cellular and Molecular Immunology*, 8(2): 110–120, ISSN: 1672-7681, 2042-0226, DOI: 10.1038/cmi.2010.67.
- Turróni, F., Ribbera, A., Foroni, E., van Sinderen, D. & Ventura, M. 2008. “Human gut microbiota and bifidobacteria: from composition to functionality”. *Antonie van Leeuwenhoek*, 94(1): 35–50, ISSN: 0003-6072, 1572-9699, DOI: 10.1007/s10482-008-9232-4.
- Yang, F., Hou, C., Zeng, X. & Qiao, S. 2015. “The Use of Lactic Acid Bacteria as a Probiotic in Swine Diets”. *Pathogens*, 4(1): 34–45, ISSN: 2076-0817, DOI: 10.3390/pathogens4010034.
- Yin, Y.-L., Deng, Z.-Y., Huang, H.-L., Li, T. J. & Zhong, H.-Y. 2004. “The effect of arabinoxylanase and protease supplementation on nutritional value of diets containing wheat bran or rice bran in growing pig”. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13(3): 445–461, ISSN: 1230-1388, DOI: 10.22358/jafs/67611/2004.

Received: February 8, 2017