

## Effect of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal on the productive performance and morphometry of the gastrointestinal tract of fattening pigs

## Efecto de la harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en el comportamiento productivo y morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en ceba

W. Caicedo<sup>1,2</sup>, J. Sanchez<sup>1</sup>, M. Pérez<sup>1</sup>, J. Vargas<sup>1</sup>, E. Samaniego<sup>1</sup>, E. Aragón<sup>1</sup>, and A. Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Tierra, Paso Lateral S/N Km 2 ½ Vía a Napo. Puyo, Pastaza, Ecuador;

<sup>2</sup>Granja Agropecuaria Caicedo, km 3 ½ Vía a Madre Tierra. Puyo, Pastaza, Ecuador.  
Email: orlando.caicedo@yahoo.es

In order to evaluate the effect of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal on the productive performance and morphometry of the gastrointestinal tract of fattening pigs, 16 castrated male animals as a result of an alternate crossbreeding of Largewhite x Duroc x Pietrain were used, with an initial liveweight of 69 kg. They were distributed into two equal groups of eight pigs and each pig constituted an experimental unit. Two treatments were evaluated: a control diet T0 (corn and protein concentrate of pigs) and T40 (substitution of corn in 40% for taro tuber meal), according to a completely randomized design, and an analysis of variance was also carried out. Daily food intake (DFI), daily weight gain (DWG), food conversion (FC), final weight (FW), carcass yield (CY) and dorsal fat (DF) were determined. In addition, the GIT, stomach, small intestine, large intestine, caecum and liver of the animals were weighed and measured. There was no effect ( $P > 0.05$ ) for the DFI, DWG, FC, CY and DF. Likewise, there was no effect ( $P > 0.05$ ) for the weight of the GIT, stomach, small intestine, large intestine, caecum and liver. There were also no differences ( $P > 0.05$ ) for the elongation of the GIT, small intestine, large intestine and cecum. Under the conditions of this study, the use of taro tuber meal as a partial substitution of corn in the diet is feasible, since it does not have a negative influence on the indicators of productive performance nor on the morphometry of the gastrointestinal organs of fattening pigs.

Keywords: *energy food, pig fattening, dehydration, taro byproducts*

Pig is an important component of many of the traditional diets because almost all parts of the pig can be consumed. It contributes to human nutrition because pork consumption has several benefits. For example, it constitutes a valuable source of proteins and essential amino acids that humans have to obtain from external sources, since they cannot synthesize them. In addition, intramuscular or subcutaneous pig fat constitutes a valuable energy source (FAO 2018).

One of the biggest problems faced by pig rearing is related to production cost, since it is based on cereals and soybean, causing the small producer not to obtain an economic return for raising the animals. In this context, it is necessary to look for alternative foods with good nutritional content, and that do not directly compete with those for humans (Caicedo *et al.* 2015).

Para evaluar el efecto de la harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en el comportamiento productivo y morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en ceba, se utilizaron 16 animales machos castrados producto del cruzamiento alterno de las razas Largewhite x Duroc x Pietrain, con un peso vivo inicial de 69 kg. Se distribuyeron en dos grupos iguales de ocho cerdos y cada cerdo constituyó una unidad experimental. Se evaluaron dos tratamientos: una dieta control T0 (maíz y concentrado proteico de cerdos) y T40 (sustitución del maíz en 40 % por harina de tubérculos de taro), según diseño completamente aleatorizado y se realizó análisis de varianza. Se determinó el consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimentaria (CA), peso final (PF), rendimiento de la canal (RC) y grasa dorsal (GD). Además, se efectuó el pesaje y medición del TGI, estómago, intestino delgado, intestino grueso, ciego e hígado de los animales. No se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) para el CDA, GDP, CA, RC y GD. No existió efecto ( $P > 0.05$ ) para el peso del TGI, estómago, intestino delgado, intestino grueso, ciego e hígado. Tampoco hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) para la elongación del TGI, intestino delgado, intestino grueso y ciego. En las condiciones de este estudio es viable el uso de la harina de tubérculos de taro en sustitución parcial del maíz en la dieta, por no hallar influencia negativa en los indicadores de comportamiento productivo ni en la morfometría de los órganos gastrointestinales de cerdos en ceba.

Palabras clave: *alimento energético, ceba porcina, deshidratación, subproductos de taro.*

El cerdo es un componente importante de muchas de las dietas tradicionales porque casi todas las partes del cerdo se pueden consumir. Son varios los beneficios que aporta a la nutrición humana el consumo de carne de cerdo y entre ellos se pudiera decir que constituye una valiosa fuente de proteínas y aminoácidos esenciales que los seres humanos tienen que obtener de fuentes externas, dado que no los pueden sintetizar, además la grasa de cerdo, ya sea intramuscular o subcutánea, constituye una valiosa fuente de energía (FAO 2018).

Uno de los mayores problemas que enfrenta la crianza de cerdos está vinculado al costo de producción, ya que esta se basa en cereales y soya, provocando que el pequeño productor no obtenga rédito económico por la crianza de los animales. En este entorno, es necesario buscar alimentos alternativos con buen contenido de

In Pastaza province, in the Ecuadorian Amazon Region (EAR), there is a great availability of alternative foods, among which taro tubers stand out, with a cultivation area of 200 hectares and an average yield of 38 t/ha. Out of these, 80 % is used for the export market and domestic consumption, while the remaining 20 % are by-products of tubers that do not meet the standards of form and size established by the market for human consumption (GADPP 2014).

These tubers have a good nutrient content and have lower cost than cereals (Caicedo *et al.* 2015). However, in their natural state, they have a high content of humidity and secondary metabolites, so it is necessary to perform drying processes for the preparation of meals and, in this way, obtain improvements in the use of these nutrients for pig fattening (Sánchez *et al.* 2018).

The several parts that compose the GIT of pigs are specialized to perform different functions, which are ingestion, digestion, absorption and excretion of food. Some reports state that pigs that have alternative diets suffer changes of the gastrointestinal tract (Savón *et al.* 2008 and Ly *et al.* 2014). In this sense, it is necessary to carry out morphometric evaluations of the GIT of these animals, to study the digestion pattern of these foods. Other studies report that the intake of alternative foods stimulates the pancreas to secrete digestive juice, pepsin production in the stomach and bile secretion in the liver, so these physiological aspects could cause morphometric changes with a greater development of these organs (Mejía 2017).

The objective of this study was to evaluate the effect of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal on the productive performance and morphometry of the gastrointestinal tract (GIT) of fattening pigs.

### Materials and Methods

**Location.** This study was carried out in the Programa de Porcinos del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) of the Universidad Estatal Amazónica (UEA). CIPCA is located in the Ecuadorian Amazon Region (EAR), between Pastaza and Napo provinces. This area has a semi-warm or humid subtropical climate, with precipitations ranging between 4,000 and 5,000 mm per year. It is located at an altitude of 584 meters above sea level, with relative humidity of 87% and average minimum and maximum temperature of 18 to 36 °C (Uvidia *et al.* 2014).

**Preparation of taro meal.** Taro tubers were acquired in Teniente Hugo Ortiz parish and did not meet the size, shape, or weight requirements for sale in the market for human consumption. Subsequently, they were transferred to CIPCA and then washed for 30 minutes in a 3 % solution of hypochlorite in the water, cleaned and drained. Later, they were placed under cover for 2 h and cut into slices. Pre-drying was carried out under

nutrientes, y que no compitan directamente con los de uso para la población humana (Caicedo *et al.* 2015).

En la provincia de Pastaza de la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), existe gran disponibilidad de alimentos alternativos, entre los que se destacan los tubérculos de taro, con una superficie de cultivo de 200 hectáreas y rendimiento promedio de 38 t/ha. De estos, el 80 % se utiliza para el mercado de exportación y consumo interno, mientras que el 20 % restante lo constituyen subproductos de tubérculos que no cumplen con los estándares de forma y tamaño que establece el mercado para consumo humano (GADPP 2014).

Estos tubérculos poseen buen contenido de nutrientes y tienen menor costo en relación con los cereales (Caicedo *et al.* 2015). Sin embargo, en estado natural poseen alto contenido de humedad y metabolitos secundarios, por lo que es necesario realizar procesamientos de secado para la elaboración de harinas y, de esta forma, obtener mejoras en el aprovechamiento de los nutrientes en la ceiba porcina (Sánchez *et al.* 2018).

Las diversas partes que conforman el TGI de los cerdos están especializadas para realizar diferentes funciones, las cuales son ingestión, digestión, absorción y excreción de los alimentos. Hay reportes que los cerdos que se alimentan con dietas alternativas sufren modificaciones del tracto gastrointestinal (Savón *et al.* 2008 and Ly *et al.* 2014). En este sentido, es necesario realizar evaluaciones morfométricas del TGI de los animales, para estudiar el patrón de digestión de estos alimentos. Otros estudios informan que el consumo de alimentos alternativos estimula el páncreas para que segregue jugo digestivo, el estómago para la producción de pepsina y el hígado para la secreción de la bilis, por lo que estos aspectos fisiológicos podrían provocar cambios morfométricos con mayor desarrollo de estos órganos (Mejía 2017).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en el comportamiento productivo y morfometría del tracto gastrointestinal (TGI) de cerdos en ceiba.

### Materiales y Métodos

**Ubicación.** El presente estudio se realizó en el Programa de Porcinos del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica (UEA). El CIPCA está ubicado en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), entre las provincias Pastaza y Napo. Esta zona tiene un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que fluctúan entre 4000 y 5000 mm anuales. Se encuentra situado a de 584 msnm altitud, humedad relativa de 87% y temperatura mínima y máxima promedio de 18 a 36 °C (Uvidia *et al.* 2014).

**Elaboración de la harina de tubérculos de taro.** Los tubérculos de taro se adquirieron en la parroquia Teniente Hugo Ortiz y no cumplían con el tamaño, forma, ni el peso que requiere para su venta en el mercado para consumo humano. Posteriormente, se trasladaron hacia

plastic cover for 8 h and after that, they were dried in an industrial rotary dryer (Burmester brand) at 70 °C for two hours. Finally, it was milled in a semi-industrial mill (TRAPS brand, TRF 300G model) with a mesh of 0.25 mm, packed in hermetic bags and stored for 10 days before use.

*Management of animals and facilities.* Animals were managed according to the guidelines of Bienestar Animal de la República de Ecuador (AGROCALIDAD 2017) and the experimental protocol according to Sakomura and Rostagno (2007). For this study, 16 castrated male animals, resulting from an criss crossing of Largewhite x Duroc x Pietrain were used, with an initial liveweight of 69 kg, distributed into two groups of eight pigs each, and every pig was considered as an experimental unit. Animals were housed in individual metal cages of 1.80 m x 0.60 m (1.08 m<sup>2</sup>) for 33 days (five of adaptation to diets and 28 in experimentation). Each pen was provided with a hopper feeder and a nipple drinker water troughs, located in a barn with walls of 1.2 m high and concrete floor. Water was available at will and mean room temperature in the unit was 25 °C.

*Food management.* Treatments consisted of two diets: a control diet T0 (corn and protein concentrate for pigs) and T40 (substitution of corn for 40 % of taro tuber meal). Diets were formulated according to NRC (2012) for fattening pigs (table 1). Intake was adjusted according to the liveweight of animals (Rostagno *et al.* 2011). Food was provided twice a day, at 8:00 am and 3:00 pm, divided into two equal parts. Productive indicators. After being selected for the experiment, pigs were dewormed with Fenbendazole at a rate of 10 g 100 kg LW<sup>-1</sup>. Animals were individually weighed every

el CIPCA y seguidamente se realizó el lavado por 30 minutos en una solución al 3 % de hipoclorito en el agua, se limpiaron y escurrieron. Después, se colocaron bajo cubierta por 2 h y se trocearon en forma de rodajas. Se realizó pre-secado bajo cubierta de plástico por 8 h y posterior, el secado en secador rotativo industrial (marca Burmester) a 70 °C por dos horas. Por último, se molió en un molino semi-industrial (marca TRAPS, modelo TRF 300G) con malla de 0.25 mm, se empacó en fundas herméticas y se almacenó por 10 días antes de su uso.

*Manejo de animales e instalaciones.* Los animales se manejaron según las líneas directivas para Bienestar Animal de la República del Ecuador (AGROCALIDAD 2017) y el protocolo experimental de acuerdo a Sakomura y Rostagno (2007). Para este estudio, se utilizaron 16 animales machos castrados producto del cruzamiento alterno de las razas Largewhite x Duroc x Pietrain, con peso vivo inicial de 69 kg, distribuidos en dos grupos iguales de ocho cerdos y cada cerdo constituyó una unidad experimental. Los animales se alojaron en jaulas metálicas individuales de 1.80 m x 0.60 m (1.08 m<sup>2</sup>) durante 33 días (cinco de adaptación a las dietas y 28 en experimentación). Cada corral estaba provisto de un comedero tipo tolva y un bebedero de tetina, situados en un establo con paredes de 1.2 m de altura y piso de concreto. El agua estuvo disponible a voluntad, la temperatura ambiental promedio en la nave fue de 25 °C.

*Manejo de la alimentación.* Los tratamientos consistieron en dos dietas: una dieta control T0 (maíz y concentrado proteico de cerdos) y T40 (sustitución del maíz en 40 % por harina de tubérculos de taro). Las dietas se formularon de acuerdo con la NRC (2012) para cerdos en ceba (tabla 1). Se ajustó el consumo de acuerdo con el peso vivo de los animales (Rostagno *et al.* 2011). El alimento se proporcionó dos veces al día,

Table 1. Composition and contribution of the experimental diets under dry basis (DB)

Ingredients, %	Levels of substitution of corn for taro tuber meal, %	
	0	40
Yellow corn	63	23
Wheat meal	9.0	9.0
Taro tuber meal	-	40
Protein concentrate for pigs	27	27
Mineral premix for pigs <sup>1</sup>	0.5	0.5
Sodium chloride	0.5	0.5
Calculated nutrients		
ME, kJ g MS <sup>-1</sup>	13.71	13.12
CP, %	15.84	15.79
CF, %	3.23	3.70
Cost, dollars kg DM <sup>-1</sup>	0.60	0.50

<sup>1</sup>Premix of vitamins and minerals for finishing pigs (Vit A, 2,666,660 UI; Vit D3, 533,300 UI; Vit E, 4,667 UI; Vit K3, 1,200 mg; Vit B1, 200 mg; Vit B2, 13,336 mg; Vit B6, 133 mg; Vit B12, 6.667 µg; Folic acid, 34 mg; Niacin, 10,000 mg; Pantothenic, 666.666 mg; Biotin, 20 mg; Choline, 62 g; Iron, 40 mg; Copper, 86.805 mg; Cobalt, 334 mg; Manganese, 30,000 mg; Zinc, 46,666 mg; Selenium, 67 mg; Iodine, 400 mg; Antioxidant, 40 g; Vehicle qsp, 1,000 g); 2BHT; 3Calculation based on NRC (2012).

Source: created by the authors

14 days on a 200 kg capacity Cardinal scale. Productive performance indicators under study were daily food intake (DFI), daily weight gain (DWG), food conversion (FC) and final weight (FW) according to Lezcano *et al.* (2014), and carcass yield (CY) and back fat (BF) regarding Paredes *et al.* (2017).

*Morphometric evaluations of the GIT and accessory organs.* At the end of the 28-day experimental period, animals were fasted for 8 h and weighed later. Subsequently, they were sacrificed with the use of an electric stunner and bleeding by cardiac puncture (Ly *et al.* 2013). For the collection of intestinal samples, the abdomen was immediately opened from the sternum to the pubis and the complete GIT was exposed (Hou *et al.* 2010).

The GIT was divided into stomach, small intestine, large intestine and caecum. The organs were isolated and emptied (Grecco *et al.* 2018). The digestive contents of different sections of the GIT were not taken into account. Weights were recorded on a Camry scale with an accuracy of  $\pm 1$  g and measured with a tape measure with a fidelity of 1 cm (Ayala *et al.* 2014). In addition, liver weight was recorded and means of weights and lengths were analyzed as relative weight to the liveweight.

*Statistical analysis and experimental design.* The experiment was managed according to a completely randomized design. The analysis of variance was carried out according to recommendations of Steel *et al.* (1997). In the cases in which significant differences ( $P < 0.05$ ) were found, means were contrasted by Fisher (1954) test. Analyzes were conducted with the application of the statistical program Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

## Results

*Productive indicators.* No differences ( $P > 0.05$ ) were found among treatments for the productive indicators under study: DFI, DWG, FC, FW, CY and DF (table 2).

*Morphometric indicators.* Table 3 shows the relative weight of GIT and accessory organs of fattened pigs fed

a las 8:00 am y 3:00 pm, dividido en dos partes iguales.

*Indicadores Productivos.* Luego de seleccionados para el experimento, los cerdos se desparasitaron con Fenbendazol a razón de 10 g 100 kg PV<sup>-1</sup>. Los animales se pesaron de forma individual cada 14 días en una báscula marca Cardinal de 200 kg de capacidad. Los indicadores de comportamiento productivo en estudio fueron consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimentaria (CA) y peso final (PF) de acuerdo con Lezcano *et al.* (2014), y rendimiento de la canal (RC) y grasa dorsal (GD) según Paredes *et al.* (2017).

*Valoraciones morfométricas del TGI y órganos accesorios.* Al finalizar el período de experimentación de 28 días, los animales se dejaron en ayuno por 8 h y se pesaron. En lo posterior, se sacrificaron con el uso de un aturridor eléctrico y desangramiento por punción cardíaca (Ly *et al.* 2013). Para la recolección de las muestras intestinales, inmediatamente el abdomen se abrió del esternón al pubis y se expuso el TGI completo (Hou *et al.* 2010).

El TGI se dividió en estómago, intestino delgado, intestino grueso y ciego. Los órganos se aislaron y vaciaron (Grecco *et al.* 2018), y no se tomó en cuenta el contenido digestivo de las diferentes secciones del TGI. Los pesos se registraron en una balanza marca Camry con precisión de  $\pm 1$  g y se midieron con una cinta métrica con fidelidad de 1 cm (Ayala *et al.* 2014). Además, se registró el peso del hígado de los animales. Las medias de los pesos y longitudes se analizaron como peso relativo al peso vivo.

*Análisis estadístico y diseño experimental.* El experimento se manejó según diseño completamente aleatorizado. 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 Fisher (1954). Los análisis se hicieron con la aplicación del programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

## Resultados

*Indicadores productivos.* No se encontró diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para los indicadores productivos en estudio: CDA, GDP, CA, PF, RC y GD (tabla 2).

Table 2. Productive indicators of fattening pigs fed with taro tuber meal

Variables	Levels of substitution of corn for taro tuber meal, %		SE $\pm$	P value
	0	40		
Initial weight (kg)	69.00	69.00	0.70	P=0.9999
DFI (kg)	2.96	2.95	0.01	P=0.6985
DWG (kg pig <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	0.98	0.98	0.02	P=0.9999
FC (kg kg <sup>-1</sup> )	3.01	3.00	0.05	P=0.9475
FW (kg)	96.50	96.00	0.43	P=0.8699
CY (kg)	81.06	80.81	0.72	P=0.8323
DF (mm)	21.05	22.5	0.01	P=0.5572

DFI (daily food intake), DWG (daily weight gain), FC (food conversion), FW (final weight), CY (carcass yield), DF (dorsal fat), SE (standard error).

with taro tuber meal, expressed in  $\text{g kg}^{-1}$  of body weight. There were no differences ( $P > 0.05$ ) for the weight of the GIT, stomach, small intestine, large intestine, caecum and liver.

Table 4 shows the longitudinal measurements of digestive organs in  $\text{cm kg}^{-1}$  of body weight of fattening pigs fed with taro tuber meal. There was no effect ( $P > 0.05$ ) among treatments for the elongation of the GIT, small intestine, large intestine and caecum of animals.

*Indicadores morfológicos.* En la tabla 3 se muestra el peso relativo del TGI y de órganos accesorios de cerdos en ceba, alimentados con harina de tubérculos de taro, expresados en  $\text{g kg}^{-1}$  de peso corporal. No existió diferencias ( $P > 0.05$ ) para el peso del TGI, estómago, intestino delgado, intestino grueso, ciego e hígado.

En la tabla 4 se muestran las medidas longitudinales de órganos digestivos en  $\text{cm kg}^{-1}$  de peso corporal de cerdos en ceba alimentados con harina de tubérculos de taro. No hubo efecto ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para la

Table 3. Relative weight of GIT and accessory organs of fattening pigs, fed with taro tuber meal  $\text{g kg}^{-1}$  of body weight<sup>+</sup>

Variables	Levels of substitution of corn for taro tuber meal, %		SE±	P value
	0	40		
Body weight, kg	96.00	95.50	0.61	P=0.9481
GIT	53.13	52.18	0.25	P=0.6140
Stomach	9.49	9.09	0.28	P=0.4226
Small intestine	20.00	20.09	0.64	P=0.4324
Large intestine	23.64	23.00	0.57	P=0.4216
Caecum	3.64	3.64	0.01	P=0.9999
Liver	31.37	30.91	0.36	P=0.4223

GIT (gastrointestinal tract), SE (standard error)

<sup>+</sup>Weight of empty and fresh organs

Table 4. Measurements of digestive organs in  $\text{cm kg}^{-1}$  of body weight of fattening pigs, fed with taro tuber meal

Variables	Levels of substitution of corn for taro tuber meal, %		SE±	P value
	0	40		
Body weight, kg	96.00	95.50	0.61	P=0.9481
GIT <sup>+</sup>	41.21	42.49	0.47	P=0.7487
Small intestine	31.21	32.50	0.58	P=0.6231
Large intestine	10.00	10.00	0.51	P=0.9973
Caecum	0.70	0.71	0.40	P=0.8459

GIT (gastrointestinal tract), SE (standard error)

<sup>+</sup>From duodenum to rectum

## Discussion

*Productive indicators.* The optimum productive performance is due to the adequate content of nutrients of easy assimilation that taro meal has for pig feeding (Aragadvay *et al.* 2016). This fact was confirmed by Caicedo *et al.* (2018), who conducted studies of apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, crude fiber and crude energy in fattening pigs, and demonstrated that the substitution of 20 and 40% of corn for taro meal in the diet did not affect the use of nutrients in relation to the basal diet of corn and soybeans.

Starch from taro tubers is very small,  $6.50 \mu\text{m}$  for white varieties and  $6.60 \mu\text{m}$  for purple varieties (Torres *et al.* 2013), compared to other roots and tubers (Xanthosoma yucatanensis  $12.40 \mu\text{m}$ , Ipomoea batata

elongación del TGI, intestino delgado, intestino grueso y ciego de los animales.

## Discusión

*Indicadores Productivos.* El óptimo desempeño productivo se debe al adecuado contenido de nutrientes de fácil asimilación que posee la harina de taro para la alimentación porcina (Aragadvay *et al.* 2016). Este hecho lo confirmaron Caicedo *et al.* (2018), quienes realizaron estudios de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta y energía bruta en cerdos de ceba y demostraron que la sustitución del maíz en 20 y 40% por harina de taro en la dieta no afectó el aprovechamiento de nutrientes en relación con la dieta basal de maíz y soya.

El almidón de los tubérculos de taro es muy pequeño, de  $6.50 \mu\text{m}$  para variedades blancas y  $6.60 \mu\text{m}$  para variedades

12.41  $\mu\text{m}$ , *Manihot esculenta* Crantz 16.5  $\mu\text{m}$  and *Marantha arundinacea* 10.64  $\mu\text{m}$ , Hernández-Medina *et al.* 2008), which facilitates the utilization of starch (Lapis *et al.* 2017). Likewise, taro meal has a low fiber content and does not affect digestibility of energy and protein in diets (Bertechini 2013).

In other researches, Naskar *et al.* (2008) with meal from boiled sweet potato tubers achieved increases in the rate of growth and food conversion of pigs by replacing the commercial diet by 40% of this food. Koslowski *et al.* (2017), with cassava meal, observed a decrease of food intake, weight gain and food conversion by completely substituting corn in the diet of growing pigs, and recommended replacing up to 66% without compromising the DFI, DWG and FC. With cassava bran, Romero de Armas *et al.* (2017) partially replaced corn in the diet at 30% without negative effect on the productive indicators of fattening pigs.

In summary, Ly (2010) and Sánchez *et al.* (2018) stated that roots and tubers processed in the form of meal constitute a valuable energy source for swine feeding at a lower cost in relation to cereals.

*Morphometric evaluations of the GIT and accessory organs.* There was no affectation for the weight of the GIT, stomach, small intestine, large intestine, caecum and liver, nor for the elongation of the TGI, small intestine, large intestine and caecum of the animals under study. Several reports indicate that the processing of food in the form of meal allows well-balanced diets that do not negatively influence on the morphology and function of the organs of the TGI, nor affect the productive performance of pigs (Landgraf *et al.* 2006, Bach-Knudsen *et al.* 2012, Diba *et al.* 2014 and Lindberg 2014). In this study, this effect is attributed to the low fiber level of the diets used (Hurtado *et al.* 2011 and Aguilar 2017).

Finally, there is enough experimental evidence to ensure that the increase in weight and elongation of digestive organs of pig are influenced by the genotype (McKay *et al.* 1984) and with the increase in the fiber level in the diet (Borin 2005, Ly *et al.* 2011 and Agyekum and Nyachoti 2017).

Under the conditions of this study, the use of taro tuber meal as a partial substitution of corn in the diet is feasible, since it does not have a negative influence on the indicators of productive performance or on the morphometry of the gastrointestinal organs of fattening pigs.

### Acknowledgements

Thanks to the technical staff and workers of the Programa de Porcinos de la Universidad Estatal Amazónica for the support in the execution of this research.

moradas (Torres *et al.* 2013) en comparación con otras raíces y tubérculos (*Xanthosoma yucatanensis* 12.40  $\mu\text{m}$ , *Ipomoea batata* 12.41  $\mu\text{m}$ , *Manihot esculenta* Crantz 16.5  $\mu\text{m}$  y *Marantha arundinacea* 10.64  $\mu\text{m}$ , Hernández-Medina *et al.* 2008) lo que facilita el aprovechamiento del almidón (Lapis *et al.* 2017). Así también, la harina de taro posee bajo contenido de fibra y no afecta la digestibilidad de la energía y proteína de las dietas (Bertechini 2013).

En otras investigaciones, Naskar *et al.* (2008) con harina de tubérculos de camote hervidos lograron incrementos en la tasa de crecimiento y conversión alimentaria de los cerdos al reemplazar la dieta comercial con 40% de este alimento. Koslowski *et al.* (2017) con harina de yuca observaron depresión del consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimentaria al reemplazar totalmente al maíz en la dieta de cerdos en crecimiento y recomendaron sustituir hasta el 66% sin comprometer el CDA, GDP, y el CA. Con afrecho de yuca, Romero de Armas *et al.* (2017) sustituyeron parcialmente el maíz de la dieta al 30% sin efecto negativo en los indicadores productivos de cerdos en ceba.

En síntesis, Ly (2010) y Sánchez *et al.* (2018) manifiestan que las raíces y tubérculos procesados en forma de harina constituyen una valiosa fuente energética para la alimentación porcina a menor costo en relación con los cereales.

*Valoraciones morfológicas del TGI y órganos accesorios.* No hubo afectación para el peso del TGI, estómago, intestino delgado, intestino grueso, ciego e hígado, ni para la elongación del TGI, intestino delgado, intestino grueso y ciego de los animales en estudio. Varios reportes señalan que el procesamiento de los alimentos en forma de harina permite realizar dietas bien equilibradas que no influyen negativamente en la morfología y función de los órganos que conforman el TGI, y tampoco afectan el rendimiento productivo de los cerdos (Landgraf *et al.* 2006, Bach-Knudsen *et al.* 2012, Diba *et al.* 2014 y Lindberg 2014). En este estudio, este efecto se atribuye al bajo nivel de fibra que tenían las dietas empleadas (Hurtado *et al.* 2011 y Aguilar 2017).

Finalmente, existe suficiente evidencia experimental para asegurar que el incremento del peso y la elongación de los órganos digestivos del cerdo están influenciados por el genotipo (McKay *et al.* 1984) y con el aumento del nivel de fibra en la dieta (Borin 2005, Ly *et al.* 2011 y Agyekum y Nyachoti 2017).

En las condiciones de este estudio, es viable el uso de la harina de tubérculos de taro en sustitución parcial del maíz en la dieta, por no hallar influencia negativa en los indicadores de comportamiento productivo ni en la morfometría de los órganos gastrointestinales de cerdos en ceba.

### Agradecimientos

Se agradece al personal técnico y trabajadores del Programa de Porcinos de la Universidad Estatal Amazónica por el apoyo en la ejecución de esta investigación.

## References

- Aguilar, R. 2017. Inclusión de harina de follaje y raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en cerdos en desarrollo y su efecto sobre el comportamiento productivo y morfometría del tracto gastrointestinal. M.Sc Thesis, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 41 p.
- AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2017. Manual de aplicabilidad de buenas prácticas porcícolas. Quito, Ecuador, 127 p. Available: <<http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2017/enero/manual-buenas-practicas-porcicolas-24-01-2017.pdf>>, [Consulted: January 05, 2018].
- Agyekum, A.K. & Nyachoti, C.M. 2017. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: A Review. *Engineering*, 3(5): 716-725.
- Aragadvay, R., Núñez, O., Velástegui, G., Villacís, L. & Guerrero, J. 2016. Uso de harina de Colocasia esculenta L., en la alimentación de cerdos y su efecto sobre parámetros productivos. *Journal Selva Andina Animal Science*, 3(2): 98-104.
- Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Dihigo, L.E., Milián, G., Herrera, M. & Ly, J. 2014. Desarrollo de órganos digestivos en cerditos descendientes de madres que consumieron un probiótico, antes del parto y durante la lactancia. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 48(2): 133-136.
- Bach-Knudsen, K.E., Hedemann, M.S. & Laerke, H.N. 2012. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 173(1-2):41-53.
- Bertechini, AG. 2013. Nutrição de monogástricos. Segunda Edição Revisada, Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil. 2012. 373 p., ISBN: 978-85-8127-016-6.
- Borin, K. 2005. Cassava Foliage for Monogastric Animals: Forage Yield, Digestion, Influence on Gut Development and Nutritive Value. Ph. D Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suecia, 55 p.
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. & Ferreira, F.N.A. 2015. Chemical composition and in vitro digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1): 59-64.
- Caicedo, W., Sanchez, J., Tapuy, A., Vargas, J.C., Samaniego, E., Valle, S., Moyano, J. & Pujapat, D. 2018. Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2): 1-6.
- Diba, D., Mekasha, Y., Urge, M., Tolera, A. & Eshetu, M. 2014. Carcass Yield and Quality of Pork from Pigs Fed Graded Levels of Fig (*Ficus sur*) Fruits Mixed with Maize Grain. *Sci. Technol. Arts Res. J.* 3(4): 71-78.
- 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/>>.
- FAO. 2018. Cerdos y la nutrición humana. Available: <[http://www.fao.org/ag/AGAinfo/themes/es/pigs/HH\\_nutrition.html](http://www.fao.org/ag/AGAinfo/themes/es/pigs/HH_nutrition.html)>, [Consulted: July 30, 2018].
- Fisher, R.A. 1954. *Statistical Methods for Research Workers*. Oliver and Boyd., ISBN 0-05-002170-2.
- GADPP (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza). 2014. Plan productivo provincial de Pastaza. Available: <[http://www.pastaza.gob.ec/pdf/plan\\_productivo\\_pastaza\\_borrador.pdf](http://www.pastaza.gob.ec/pdf/plan_productivo_pastaza_borrador.pdf)>, [Consulted: February 18, 2019].
- Grecco, H., Amorim, A., Saleh, M., Tse, M., Telles, F., Miassi, G., Pimenta, G. & Berto, D. 2018. Evaluation of growth performance and gastro-intestinal parameters on the response of weaned piglets to dietary organic acids. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(1): 401-414
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L. & Betancur-Ancona, D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3): 718-726
- Hou, Y.Q., Wang, L., Ding, B.Y., Liu, Y.L., Zhu, H.L., Liu, J., Li, Y.T., Wu, X., Yin, Y.L. & Wu, G.Y. 2010. Dietary a-ketoglutarate supplementation ameliorates intestinal injury in lipopolysaccharide-challenged piglets. *Amino Acids*. 39(2): 555-564
- Hurtado, V., Nobre, R. & Chiquieri, J. 2011. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Rev. MVZ Córdoba*. 16(1): 2372-23
- Kosłowski, H.A., Picot, J.A., Sánchez, S., Calderón, S. & Barrientos, F. 2017. Incorporación de raíz de mandioca (*Manihot esculenta*) en la dieta de cerdos y su efecto sobre variables productivas. *Revista Veterinaria*. 28(2): 121-125.
- Landgraf, S., Susenbeth, A., Knap, P.W., Looft, H., Plastow, G.S., Kalm, E. & Roehe, R. 2006. Developments of carcass cuts, organs, body tissues and chemical body composition during growth of pigs. *Animal Science*. 82(6): 889-899.
- Lapis, T.J., Penner, M.H., Balto, A.S. & Lim, J. 2017. Oral Digestion and Perception of Starch: Effects of Cooking, Tasting Time, and Salivary  $\alpha$ -Amylase Activity. *Chem Senses*. 42(8): 635-645.
- Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Figueiredo, P. & Valdivie, M. 2014. Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(3): 41-47.
- Lindberg, J.A. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 5(15): 1-7.
- Ly, J. 2010. Sweet potatoes (*Ipomoea batata* Lam) for pig feeding. Feed intake and digestibility of sweet potatoes in pigs. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 17(1): 15-25
- Ly, J., Almaguel, R., Lezcano, P. & Delgado, E. 2014. Miel rica o maíz como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Interdependencia entre rasgos de comportamiento, digestibilidad rectal y órganos digestivos. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 21(2): 66-69.
- Ly, J., Ayala, L., Hidalgo, K., Rodríguez, B., Romero, A.M. & Delgado, E. 2013. Digestibilidad rectal y macroarquitectura gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula y miel rica. Influencia del peso corporal. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 20(3): 143-146.
- 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.
- McKay, R.M., Rempel, W.E., Cornelius, S.G. & Allen, C.E. 1984. Visceral characteristics of three breeds of swine and their crosses. *Canadian Journal of Animal Science*. 64(1):9-19.
- Mejía, W. 2017. Fermentación en estado sólido de *Saccharum officinarum* con follaje de *Moringa oleifera* para alimentación porcina. M.Sc. Thesis. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 33 p.
- Naskar, S. H., Gupta, J. J. Nedunchezhiyan, M. & Bardell, R. K. 2008. Evaluation of sweet potatoes in pig ration. *Journal of Crops*. 34(1): 50-53
- NRC (National Research Council). 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. 11th ed., Washington D.C., USA: National Academies Press, 400 p., ISBN: 978-0-309-22423-9.
- Paredes, M., Vallejo, L. & Mantilla, J. 2017. Efecto del Tipo de Alimentación sobre el Comportamiento Productivo, Características de la Canal y Calidad de Carne del Cerdo Criollo Negro Cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 28(4): 894-903.
- Romero de Armas, R., Alcivar, E. & Alpizar, J. 2017. Afrecho de yuca como sustituto parcial del maíz en la alimentación de cerdos de engorde. *Revista la Técnica (Edición Especial)*. 54-61.
- Rostagno, H.S., Teixeira, L.F., Donzele, L.J., Gomes, P.C., Oliverira, Rita., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Toledo, S.L. & Euclides, R.F. 2011. *Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 3era Edición. Universidad Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia, Brasil, 167 pp.
- Sakomura, N. & Rostagno, H. 2007. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep, 283 p., ISBN: 978-85-87632-97-5.
- Sánchez, J., Caicedo, W., Aragón, E., Andino, M., Bosques, F., Viamonte, M. & Ramírez, J. 2018. La inclusión de la *Colocasia esculenta* (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 19(4): 1-5.
- 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.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. & Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. MacGraw-Hill Book Company In Company. Third Ed. New York, USA. 666 p., ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Torres, A., Montero, P. & Duran, M. 2013. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*. 10(2): 52-61.
- Uvidia, H., Buestán, D., Leonard, I. & Benítez, D. 2014. La distancia de siembra y el número de estacas en el establecimiento del *Pennisetum purpureum*. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 15(7): 1-8.

**Received: April 20, 2019**