

Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal. Technical note

Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de ceba (Largewhite x Duroc x Pietrain), alimentados con harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Nota técnica

W. Caicedo, J. Sanchez, A. Tapuy, J.C. Vargas, E. Samaniego, S. Valle, J. Moyano and D. Pujapat
Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Tierra, km 2 ½ vía a Napo. Pastaza, Ecuador
Email: orlando.caicedo@yahoo.es

In order to determine the apparent digestibility of nutrients from taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers meal in fattening pigs, three castrated male pigs were used, product of the commercial cross (Largewhite x Duroc x Pietrain), with average live weight of 68 ± 2 kg. The animals were distributed in three treatments: T1 (control diet based on corn and soybean), T2 and T3 (inclusion of 20 and 40 % of taro meal in the diet respectively), according to the Latin square design. The mean comparison was performed with the Duncan test ($P \leq 0.05$). There was no significant difference ($P > 0.05$) in the apparent digestibility coefficients of the dry matter (T1 86.70, T2 88.67, T3 88.77 %), organic matter (T1 90.79, 91.80, 89.90 %) and crude protein (T1 92.46; T2 91.96 %; T3 91.89 %). The rectal digestibility of dry matter, organic matter and crude protein showed high utilization rates, when including 20 and 40% of taro tuberous meal in the diet, which guarantees a food of adequate nutritional characteristics for fattening pigs.

Key words: pig feeding, use of nutrients, drying, taro tubers.

At present, the intake of food and the accelerated population growth have caused the increase in the cost of raw materials used in the formulation of balanced diets for monogastric animals. Because of this situation, as regards pigs, nutritionists have had to look for other sources of food that decrease the production cost, since this represents 70 % (Méndez *et al.* 2016). The use of alternative sources in pig feeding is a very suitable strategy, since it allows obtaining viable production systems that contribute to the environment conservation, and that do not compete directly with the human diet (Lezcano *et al.* 2014).

In the Republic of Ecuador, a great amount of alternative foods of vegetal origin is available, whose use is feasible for pig feeding, among which are the taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers. Taro tubers are recognized as a good source of lower cost carbohydrates with respect to cereals such as corn, sorghum or wheat, and other types of roots and tubers (Caicedo *et al.* 2015). In the elaboration of meals, in order to maintain their conservation, thermal processing such as drying can be applied, since these foods, due to their availability, in large volume and with little time of preservation, are

Para determinar la digestibilidad aparente de nutrientes de la harina de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en cerdos de ceba, se utilizaron tres cerdos machos castrados, producto del cruce comercial (Largewhite x Duroc x Pietrain), con peso vivo promedio de 68 ± 2 kg. Los animales se distribuyeron en tres tratamientos: T1 (dieta control a base de maíz y soya), T2 y T3 (inclusión de 20 y 40 % de harina de taro en la dieta respectivamente), según diseño cuadrado latino. La comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$). No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (T1 86.70; T2 88.67; T3 88.77 %), materia orgánica (T1 90.79; 91.80; 89.90 %) y proteína bruta (T1 92.46; T2 91.96 %; T3 91.89 %). La digestibilidad rectal de la materia seca, materia orgánica y proteína bruta presentó altos índices de aprovechamiento, al incluir 20 y 40 % de harina de tubérculos de taro en la dieta, lo que garantiza un alimento de adecuadas características nutritivas para cerdos en ceba.

Palabras clave: alimentación porcina, aprovechamiento de nutrientes, secado, tubérculos de taro.

En la actualidad, el consumo de alimento y el acelerado crecimiento de la población han provocado el aumento del costo de las materias primas utilizadas en la formulación de dietas balanceadas para animales monogástricos. Por esta situación, en lo que respecta al ganado porcino, los nutricionistas han tenido que buscar otras fuentes de alimento que disminuyan el costo de producción, pues este representa 70 % (Méndez *et al.* 2016). La utilización de fuentes alternativas en la alimentación porcina constituye una estrategia muy adecuada, ya que permite obtener sistemas de producción viables que contribuyan a la conservación del ambiente, y que no compitan directamente con la alimentación del hombre (Lezcano *et al.* 2014).

En la República de Ecuador, se encuentra disponible una gran cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal, cuya utilización es factible para la alimentación porcina, entre los que se hallan los tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Los tubérculos de taro son reconocidos como una buena fuente de carbohidratos de menor costo con respecto a cereales como el maíz, sorgo o trigo, y otros tipos de raíces y tubérculos (Caicedo *et al.* 2015). En la elaboración de harinas, para mantener su conservación, se pueden

not used in pig feeding adequately (Torres -Gallo *et al.* 2017).

The nutritional value of a ration, food or nutrient, can be expressed through its digestibility coefficient, which is the proportion of the food that is not excreted, and that is assumed to be absorbed. The digestibility coefficient is closely related to the nutritional value of food. In fact, the amount and type of excretion of fecal material in pigs depend on several factors, among which we can mention the age, the environment, the breed and the nature of diet. Therefore, it is essential to study the use of nutrients from diets to make balanced formulations for pigs feeding (Hossain *et al.* 2016). The above serves as a basis for determining the apparent digestibility of nutrients of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers meal in fattening pigs.

The study was carried out in the Programa de Porcinos de la Universidad Estatal Amazónica (UEA) from Republic of Ecuador. The temperature recorded during the study was 26 °C and the average relative humidity was 90 %. Three castrated male pigs were used as experimental units, product of the commercial cross (Largewhite x Duroc x Pietrain), with an average live weight of 68 ± 2 kg. The animals were dewormed and randomly housed in metabolism cages of 1.0 m x 1.6 m (1.6 m²), located in a building with concrete walls and floor to facilitate cleaning (Zhang and Adeola 2017).

To prepare the meal, taro tubers were obtained in the rural parish "Teniente Hugo Ortiz", from Allishungo community, and moved to the study area. A solution with 3 % sodium hypochlorite in the water was prepared to wash the tubers for 10 min. Subsequently, they were rinsed and drained. Then, the chopped in slices and pre-drying in the sun for eight hours was carried. After drying, in an industrial rotary dryer (Burmester brand) at 70°C for two hours, it was immediately grounded in a semi-industrial mill (TRAPS brand, TRF 300G model) with a 0.25 mm mesh. The meal was packed in hermetic bags and stored until it was used. The chemical composition of meal was: 93.10 % dry matter (DM); 4.83% crude protein (CP), 93.5 % organic matter (OM), 6.50% crude fiber (CF), 4.67 % ash and 18.53 kJ g DM⁻¹ of gross energy (GE).

The treatments consisted of three experimental diets (table 1): T1 (control diet based on corn and soybean); T2 and T3 (inclusion of 20 and 40 % of taro meal in the diet, respectively). All diets were fitted with 14 % crude protein and 17.84 kJ g DM⁻¹ gross energy (Zanfi *et al.* 2014) and formulated according to the suggestions of the NRC (2012).

The experiment lasted 27 d, distributed in three periods. Each one had duration of 9 d, five of adaptation to the diets and four of feces collection. The feces were collected by the method of total collection

aplicar procesamientos térmicos como el secado, ya que estos alimentos por su disponibilidad, en gran volumen y con poco tiempo de preservación, no se usan en la alimentación porcina de manera adecuada (Torres-Gallo *et al.* 2017).

El valor nutritivo de una ración, alimento o nutriente, se puede expresar mediante su coeficiente de digestibilidad, que es la proporción del alimento que no se excreta, y que se asume como absorbida. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos. De hecho, la cantidad y el tipo de excreción de material fecal en cerdos dependen de varios factores, entre los que se pueden citar la edad, el ambiente, la raza y la naturaleza de la dieta. Por ello, resulta imprescindible estudiar el aprovechamiento de los nutrientes de las dietas para efectuar formulaciones balanceadas destinadas a la alimentación de los cerdos (Hossain *et al.* 2016). Lo anterior sirve como base para determinar la digestibilidad aparente de nutrientes de la harina de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en cerdos de ceba.

El estudio se llevó a cabo en el Programa de Porcinos de la Universidad Estatal Amazónica (UEA) de la República de Ecuador. La temperatura registrada durante el estudio fue de 26 °C y la humedad relativa promedio, de 90 %. Se utilizaron como unidades experimentales tres cerdos machos castrados, producto del cruce comercial (Largewhite x Duroc x Pietrain), con peso vivo promedio de 68 ± 2 kg. Los animales se desparasitaron y se alojaron al azar en jaulas de metabolismo de 1.0 m x 1.6 m (1.6 m²), situadas en una nave con paredes y piso de concreto para facilitar la limpieza (Zhang y Adeola 2017).

Para elaborar la harina, los tubérculos de taro se adquirieron en la parroquia rural "Teniente Hugo Ortiz", de la comunidad Allishungo, y se trasladaron al área de estudio. Se preparó una solución con 3 % de hipoclorito de sodio en el agua para realizar el lavado de los tubérculos durante 10 min. Posteriormente, se enjuagaron y escurrieron. Luego, se realizó el troceado en forma de rodajas y el pre-secado al sol durante ocho horas. Después del secado, en secador rotativo industrial (marca Burmester) a 70 °C durante dos horas, se molió inmediatamente en un molino semi-industrial (marca TRAPS, modelo TRF 300G) con una malla de 0.25 mm. La harina se empacó en fundas herméticas y se almacenó hasta que fuese utilizada. La composición química de la harina fue: 93.10% de materia seca (MS); 4.83% de proteína bruta (PB), 93.5 % de materia orgánica (MO), 6.50 % de fibra bruta (FB), 4.67 % de cenizas y 18.53 kJ g MS⁻¹ de energía bruta (EB).

Los tratamientos consistieron en tres dietas experimentales (tabla 1): T1 (dieta control basada en maíz y soya); T2 y T3 (inclusión de 20 y 40 % de harina de taro en la dieta, respectivamente). Todas las dietas se ajustaron con 14 % de proteína cruda y 17.84 kJ g MS⁻¹ de energía bruta (Zanfi *et al.* 2014) y se formularon de acuerdo con las sugerencias del NRC (2012).

El experimento duró 27 d, distribuidos en tres períodos. Cada uno tuvo una duración de 9 d, cinco de adaptación a

Table 1. Composition and contribution of experimental diets

Ingredients, on dry basis	Inclusion levels of taro tubers meal, %		
	Control T1 (0)	T2 (20)	T3 (40)
Yellow corn	70.933	48.117	25.300
Wheat bran	9.000	9.000	9.000
Soybean meal	14.184	16.758	19.332
Taro tubers meal	-	20.00	40.00
Vegetable oil	1.333	2.467	2.945
Calcium carbonate	0.442	0.489	0.535
Dicalcium phosphate	1.898	1.696	1.494
DL-Methionine	0.062	0.101	0.140
L-Lysine	0.328	0.208	0.088
Antifungal	0.054	0.054	0.054
Chloride of choline	0.200	0.200	0.200
Antioxidant	0.010	0.010	0.010
Sodium chloride	0.500	0.500	0.500
Mineral premixture pigs ¹	0.400	0.400	0.400
Analysis, on dry basis			
DM	89.73	90.58	91.43
CP	14.00	14.00	14.00
CF	2.61	3.56	4.50
GE (kJ g DM ⁻¹)	17.87	17.87	17.87

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, 0.60 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.

in the early hours of the morning 8:00 am (Ly *et al.* 2013). At the beginning of the experiment, the animals were weighed to fit the food intake, at a rate of 0.10 kg (kg/DM) LW^{0.75} d⁻¹. The food was supplied in two parts: 8:00 a.m. and 3:00 p.m. Throughout the experiment, the pigs had free access to water (Ly *et al.* 2014a).

From each animal, a representative sample of 100 g of fresh excreta/d was collected, which was stored in freezing at -20 °C. The calculation of fecal output of materials was performed according to Ly *et al.* (2009). In addition, the digestibility of the diet (100 - % digestibility) was taken into account.

In the food samples and excreta the DM, CF, ashes and CP (N x 6.25) were determined, according to the AOAC (2005) procedures. It was considered that the OM content was the result of subtracting 100 percent of ash. The analyzes were carried out in the Laboratorio de Química, de la Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. For each nutrient, the analyzes were performed in triplicate. Analysis of variance was performed and the Duncan (1955) test was applied with the statistical program Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

As the days passed, the food was totally intake, with no rejection sign. The apparent digestibility

las dietas y cuatro de recolección de heces. Las heces se recogieron por el método de colecta total en las primeras horas de la mañana 8:00 am (Ly *et al.* 2013). Al inicio del experimento, los animales se pesaron para ajustar el consumo de alimento, a razón de 0.10 kg (kg/MS) PV^{0.75} d⁻¹. El alimento se suministró en dos partes: 8:00 a.m. y 3:00 p.m. Durante todo el experimento, los cerdos tuvieron libre acceso al agua de bebida (Ly *et al.* 2014a).

De cada animal, se recolectó una muestra representativa de 100 g de excreta fresca/d, que se almacenó en congelación a -20 °C. El cálculo de la salida fecal de materiales se realizó de acuerdo con Ly *et al.* (2009). Se tuvo en cuenta además, la digestibilidad de la dieta (100 - % de digestibilidad).

En las muestras del alimento y excretas se determinó MS, FB, cenizas y PB (N x 6.25), según los procedimientos del AOAC (2005). Se consideró que el contenido de MO fue el resultado de restar de 100 el por ciento de cenizas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Química, de la Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. Para cada nutriente, los análisis se hicieron por triplicado. Se realizó análisis de varianza y se aplicó la dócima de Duncan (1955) con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Al transcurrir los días, el alimento se consumió totalmente, sin síntoma de rechazo. Los coeficientes

coefficients of DM, OM and CP in pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain) fed with taro tuberous meal in the fattening stage were high (table 2). There were no significant differences ($P > 0.05$) for the use of DM: T1 (86.70 %); T2 (88.67 %); T3 (88.77 %), OM (T1: 90.79 %); T2 (91.80 %); T3 (89.90 %) and CP: T1 (92.46 %); T2 (91.96 %) and T3 (91.89 %).

de digestibilidad aparente de MS, MO y PB en cerdos (Largewhite x Duroc x Pietrain) alimentados con harina de tubérculos de taro en la etapa de ceba fueron altos (tabla 2). No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) para el aprovechamiento de la MS: T1 (86.70 %); T2 (88.67 %); T3 (88.77 %), MO (T1: 90.79 %); T2 (91.80 %); T3 (89.90 %) y PB: T1 (92.46 %); T2

Table 2. Coefficients of apparent rectal digestibility of DM, OM and CP in fattening pigs diets, fed with taro tubers meal

Variables	Inclusion levels of taro meal, %			SE \pm	P value	
	Control	T1 (0)	T1 (20)			T3 (40)
DM, %		86.70	88.67	88.77	0.79	P=0.1711
OM, %		90.79	91.80	89.90	1.30	P=0.6540
CP, %		92.46	91.96	91.89	1.96	P=0.9757

There are no significant differences $P > 0.05$ according to Duncan (1995)

The apparent digestibility coefficients of the DM, OM and CP in fattening pig diets, which included high levels of taro rejection tubers meal, were high. This could be due to the process of chopping, drying and milling that the tubers received. For the proper use of products and byproducts of vegetable origin, different processes must be carried out, such as fermentation, cooking and drying, to optimize the use of these foods (López *et al.* 2006).

The application of these techniques allows reducing or eliminating the content of secondary metabolites of tubers and, consequently, improvements in the use of nutrients for pigs are obtained (Caicedo *et al.* 2017). On the other hand, when these foods are supplied in a natural state, they have high content of secondary metabolites, which can cause a severe irritation in the membranes of the intestinal mucosa, inhibition of digestion and absorption of proteins, which consequently affects the normal growth of animals (Martens *et al.* 2014).

Ly and Delgado (2005) confirm the above, when evaluating the rectal digestibility of DM and OM in pigs fed with dry taro tubers and in their natural state. These authors reported higher apparent digestibility coefficients for DM (66.90 %) and OM (76 %) in dry tubers, with respect to natural state tubers DM (31.50 %) and OM (38.30 %), respectively. Likewise, in another study on apparent rectal digestibility in pigs fed cassava root in natural state, Ly *et al.* (2010) obtained utilization coefficients of DM 66 % and OM of 68.7 %, figures lower than those referred in this study.

Ly *et al.* (2014b) state that from the point of view of the rectal digestibility of nutrients in roots and tubers, utilization coefficients higher than 85 % are obtained, when they undergo some thermal processing, when compared with tubers in their natural state, which was evident in this study. This state is equivalent to what is

(91.96 %) y T3 (91.89 %).

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO y PB en dietas de cerdos en ceba, que incluían altos niveles de harina de tubérculos de rechazo de taro, fueron altos. Esto se pudo deber al proceso de picado, secado y molienda que recibieron los tubérculos. Para el uso adecuado de productos y subproductos de origen vegetal, se deben realizar diferentes procesos, como la fermentación, cocción y el secado, para optimizar el aprovechamiento de estos alimentos (López *et al.* 2006).

La aplicación de estas técnicas permite reducir o eliminar el contenido de metabolitos secundarios de los tubérculos y, consecuentemente, se obtienen mejoras en el aprovechamiento de los nutrientes para los cerdos (Caicedo *et al.* 2017). Por otra parte, cuando estos alimentos se suministran en estado natural, poseen elevado tenor de metabolitos secundarios, que pueden causar una severa irritación en las membranas de la mucosa intestinal, inhibición de la digestión y absorción de las proteínas, lo que afecta, consecuentemente, el crecimiento normal de los animales (Martens *et al.* 2014).

Ly y Delgado (2005) confirman lo anterior, al evaluar la digestibilidad rectal de la MS y MO en cerdos alimentados con tubérculos de taro secos y en estado natural. Estos autores informaron coeficientes de digestibilidad aparente superiores para la MS (66.90 %) y MO (76 %) en tubérculos secos, con respecto a tubérculos en estado natural MS (31.50 %) y MO (38.30 %), respectivamente. Asimismo, en otro estudio sobre la digestibilidad rectal aparente en cerdos alimentados con raíz de yuca en estado natural, Ly *et al.* (2010) obtuvieron coeficientes de aprovechamiento de MS de 66 % y de MO de 68.7 %, cifras inferiores a las referidas en este estudio.

Ly *et al.* (2014b) manifiestan que desde el punto de vista de la digestibilidad rectal de nutrientes en raíces y tubérculos se obtienen coeficientes de aprovechamiento superiores a 85 %, cuando estos experimentan algún procesamiento térmico, si se comparan con tubérculos

obtained with the productive performance traits of pigs (Caicedo 2015).

Torres *et al.* (2013) point out that taro tubers have a very small starch, about 5 μm , and have lateral branches (amylopectin). This favors the fluidity of water through the internal spaces of the polymers of the starch and benefits its solubility. When the starch granules hydrate, they cause an increase in their size and change their semicrystalline structure to amorphous, a process known as gelatinization. This change in structure provides higher starch digestibility due to the action of amylases, generated in the salivary and pancreatic glands of pigs (Lapis *et al.* 2017).

The rectal digestibility of the DM, OM and CP showed high utilization rates, when including 20 and 40 % of taro tuberous meal in the diet, which guarantees a food with adequate nutritional characteristics for fattening pigs.

Acknowledgments

Thanks to the technical staff and the workers from the Programa de Porcinos, as well as the Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica, for the support for the development of this research.

en estado natural, lo que se hizo evidente en esta investigación. Este estado es equivalente a lo que se obtiene con los rasgos de comportamiento productivo de los cerdos (Caicedo 2015).

Torres *et al.* (2013) señalan que los tubérculos de taro tienen un almidón muy pequeño, de aproximadamente 5 μm , y presentan ramificaciones laterales (amilopectina). Esto favorece la fluidez del agua a través de los espacios internos de los polímeros del almidón y beneficia su solubilidad. Cuando los gránulos de almidón se hidratan, provocan incremento en su tamaño y cambian su estructura semicristalina a amorfa, proceso conocido como gelatinización. Este cambio de estructura provee mayor digestibilidad del almidón por la acción de las amilasas, generadas en las glándulas salivales y pancreáticas de los cerdos (Lapis *et al.* 2017).

La digestibilidad rectal de la MS, MO y PB presentó altos índices de aprovechamiento, al incluir 20 y 40 % de harina de tubérculos de taro en la dieta, lo que garantiza un alimento de adecuadas características nutritivas para cerdos en ceba.

Agradecimientos

Se agradece al personal técnico y a los trabajadores del Programa de Porcinos, así como al Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica, por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

References

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Gaithersburg, MD. USA.
- Caicedo, W.O. (2015). Valoración nutritiva del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. PhD. Thesis, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 100 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, ISSN: 2079-3480.
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Valle, S. & Flores, L. 2017. Characterization of antinutrients in four silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) for pigs. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1): 79-83.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C. 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Versión 1.0 para Windows.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". Biometrics, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Hossain, M.M., Begum, M., Park, J.H., Lee, S.J., Jang, K.H., Hong, Y.H., Cho, S.J. & Kim, I.H. 2016. Apparent total tract digestibility and ileal digestibility of dry matter, nitrogen, energy and amino acids in conventional, *Bacillus subtilis*-fermented and enzyme-treated soybean meal fed to weanling pigs. Veterinarni Medicina, 61(12): 669-680
- 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 α -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
- López, J., Sánchez, D. & Rosas, J. 2006. Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A., 1105(1): 106-110
- Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. & Delgado, E. 2014b. "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
- Ly, J., Almaguel, R., Delgado, E., Carón, M. & Cruz, E. 2010. Estudios de digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) de raíces de yuca para alimentar cerdos. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 17(4):300-304
- Ly, J. & Delgado, E. 2005. A note "*in vitro*"(pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagittifolia* spp.) and cocoyam (*Colocasia esculenta* spp) for pigs. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 12(2): 90-92
- Ly, J., Marrero, L., Mollineda, A. & Castro, M. 2009. Studies of digestibility in growing pigs fed final and high-test sugarcane molasses. Cuban Journal of Agricultural Science 43(2): 173-176
- Ly, J., Almaguel, R., Lezcano, P. & Delgado, E. 2014a. 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
- Ly, J., Reyes, L., Delgado, E., Ayala, L. & Castro, M. 2013. Royal palm nut meal for fattening pigs. Influence of body weight on rectal digestibility and faecal output of materials. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(3):283-287
- Martens, S. D., Hoedtke, S., Avila, P., Heinritz, S. N. & Zeyner, A. 2014. Effect of ensiling treatment on secondary compounds and amino acid profile of tropical forage legumes, and implications for their pig feeding potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6): 1107-1115
- Méndez, L. J. M., Rodríguez, O. L., Mandujano, C. J. C., Reyes, D. L. C. C. & Banda, I. H. 2016. "Yuca: Alimento alternativo para cerdos a base de yuca: Determinando su rentabilidad y viabilidad económica". *Revista Global de Negocios*, 4(7):53-61, ISSN: 2328-4641, 2328-4668.
- 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.
- Torres, A., Duran, M. & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Ciencias e Ingeniería* 8(2):29-38
- Torres-Gallo, R., Miranda-Lugo, P. & Martínez-Padilla, K. 2017. Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca. *Tecno Lógicas*, 20(39):71-83, ISSN: 0123-7799.
- Zanfi, C., Colombini, S., Mason, F., Galassi, G., Rapetti, L., Malagutti, L., Crovetto, G. M. & Spanghero, M. 2014. "Digestibility and metabolic utilization of diets containing whole-ear corn silage and their effects on growth and slaughter traits of heavy pigs". *Journal of Animal Science*, 92(1): 211-219, ISSN: 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2013-6507.
- Zhang, F. & Adeola, O. 2017. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. *Animal Nutrition*, 3:344-352

Received: March, 28, 2018