

# Chemical composition and productive performance of silage of taro tubers and foliage (*Colocasia esculenta* L. Schott) in rearing pigs

## Composición química y comportamiento productivo del ensilado de tubérculos y follaje de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) en cerdos de recría

W. Caicedo<sup>1,4</sup>, D. Viáfara<sup>2</sup>, M. Pérez<sup>1</sup>, F.N.A. Ferreira<sup>3</sup>, Magaly Asitimbay<sup>5</sup>, Zoila Gavilanes<sup>5</sup>, S. Valle<sup>1</sup> and W.M. Ferreira<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Pastaza, Ecuador*

<sup>2</sup>*Laboratorio de Bromatología, Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Pastaza, Ecuador*

<sup>3</sup>*Technical Services Department, Agroceres Multimix. 1411 01JN St., 13502-741, Rio Claro, São Paulo, Brazil*

<sup>4</sup>*Granja Agropecuaria Caicedo. Puyo, Pastaza, Ecuador*

<sup>5</sup>*Granja Porcícola Buena Esperanza. San José, Santa Clara, Ecuador*

<sup>6</sup>*Department of Animal Science, Federal University of Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil*

Email: orlando.caicedo@yahoo.es

W. Caicedo: <https://orcid.org/0000-0002-2890-3274>

M. Pérez: <https://orcid.org/0000-0001-9071-5939>

F.N.A. Ferreira: <http://orcid.org/0000-0002-2225-1674>

S. Valle: <http://orcid.org/0000-0002-2599-4641>

W.M. Ferreira: <http://orcid.org/0000-0003-0104-0736>

To determine the chemical composition of silage of taro tubers and foliage (*Colocasia esculenta* L. Schott) and its effect on productive indicators of rearing pigs, pH, temperature, dry matter, organic matter, crude protein, crude fiber, ash, ether extract, nitrogen free extract and gross energy were evaluated. For the study of productive indicators, daily food intake, daily weight gain, feed conversion and final weight were determined. Sixteen castrated male pigs (Landrace x Belgian White), 45 days old, with a mean live weight of  $12 \pm 2$  kg were used. Animals were distributed into two treatments: T0 (corn and protein concentrate) and T30 (inclusion of 30 % of silage in the diet), in equal parts, according to a completely randomized design. Data was analyzed by ANOVA and the comparison of means was made with the Fisher test ( $P < 0.05$ ). Silage presented pH (4.39), temperature (22 °C), dry matter (30.91 %), crude protein (12.07 %), nitrogen free extract (77.03 %), crude energy (17.88 kJ g DM<sup>-1</sup>), crude fiber (3.24 %), ashes (4.74 %) and ether extract (2.89 %). There was no effect ( $P > 0.05$ ) for daily food intake (1.15; 1.11 kg), daily weight gain (0.55; 0.53 kg), food conversion (2.08; 2.09 kg/kg) and final weight (30.50; 29.06 kg) of animals, respectively. The inclusion of 30 % of silage of tubers with taro foliage in the diet of rearing pigs did not affect the productive performance of animals, so it constitutes an alternative food with adequate nutritional characteristics for this category.

Key words: *alternative food, Ecuadorian Amazon, pigs, solid fermented*

In the world, swine population has had a sustained growth in recent years, due to the fast development of technology for production, nutrition and genetic improvement, so it constitutes a source of food and economic income for population (FAO 2020). However, pig feeding represents around 70 % of production cost.

Para determinar la composición química de un ensilado de tubérculos y follaje de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) y su efecto en indicadores productivos de cerdos en recría, se comprobó pH, temperatura, materia seca, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta, cenizas, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y energía bruta. Para el estudio de indicadores productivos, se determinó el consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso, conversión alimentaria y peso final. Se utilizaron 16 cerdos machos castrados (Landrace x Blanco Belga), de 45 días de edad, con peso vivo promedio de  $12 \pm 2$  kg. Los animales se distribuyeron en dos tratamientos: T0 (maíz y concentrado proteico) y T30 (inclusión de 30 % de ensilado en la dieta), en partes iguales, según diseño completamente aleatorizado. Los datos se analizaron por ANOVA y la comparación de medias se efectuó con la dócima de Fisher ( $P < 0.05$ ). El ensilado presentó pH (4.39), temperatura (22 °C), materia seca (30.91 %), proteína bruta (12.07 %), extracto libre de nitrógeno (77.03 %), energía bruta (17.88 kJ g MS<sup>-1</sup>), fibra bruta (3.24 %), cenizas (4.74 %) y extracto etéreo (2.89%). No hubo efecto ( $P > 0.05$ ) para el consumo diario de alimento (1.15; 1.11 kg), ganancia diaria de peso (0.55; 0.53 kg), conversión alimentaria (2.08; 2.09 kg/kg) y peso final (30.50; 29.06 kg) de los animales, respectivamente. La inclusión de 30 % de ensilado de tubérculos y follaje de taro en la dieta de cerdos en recría no afectó el comportamiento productivo de los animales, por lo que constituye un alimento alternativo de adecuadas características nutritivas para esta categoría.

Palabras clave: *alimento alternativo, Amazonia ecuatoriana, cerdos, fermentado sólido.*

En el mundo, la población porcina ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos años, debido al rápido avance en la tecnología de la producción, la nutrición y el mejoramiento genético, por lo que constituye una fuente de alimento e ingresos económicos para la población (FAO 2020). No obstante, la alimentación del cerdo representa,

Hence, the importance of seeking alternative sources to mitigate costs in pig production (Castro and Martínez 2015).

In Ecuador, there is a wide range of agricultural and agro-industrial by-products, viable for pig feeding. These include distillery residues (vinasses), tubers and taro foliage. In Pastaza province, for example, vinasses does not receive an adequate treatment. This residue is eliminated in water sources, which generates harmful effects for the environment, such as eutrophication and pollution of rivers (Zuñiga and Gandini 2013). Tubers and taro foliage, when supplied in natural state, cause irritation and a burning sensation in the mouth and throat of animals, which is explained by the high content of calcium oxalate crystals (Hang *et al.* 2011).

Nowadays, several researches are carried out with alternative foods, such as silages, which show favorable results in the productive performance and health of animals (Lezcano *et al.* 2017). Tubers and foliage of taro provide nutrients that favor growth of yeasts and lactic bacteria (Caicedo *et al.* 2015), and vinasses help to quickly reduce the pH of raw material until stabilizing it, so a good quality fermented product is achieved for its use in pig feeding (Lezcano *et al.* 2014).

Therefore, the objective of this study was to determine the chemical composition of a silage of taro tubers and foliage (*Colocasia esculenta* L. Schott) and its effect on productive indicators of rearing pigs.

### Materials and Methods

**Location.** This research was carried out at the Bromatology Laboratory of the Universidad Estatal Amazónica (UEA), Puyo main campus, and at Buena Esperanza pig farm, located in San José parish, Santa Clara canton. The study area has a semi-warm or humid subtropical climate, with rainfall between 4,000 and 5,000 mm per year. It is located at an altitude between 500 to 900 meters above sea level, with relative humidity of 87 % and mean minimum and maximum temperature between 18 and 36 °C (INAMHI 2014 and Uvidia *et al.* 2014).

Preparation of the silage of tubers and taro foliage. Waste taro tubers and foliage came from San José parish, in Santa Clara canton. Once collected at Buena Esperanza pig farm, they were washed and drained for one hour, and then cut into a hammer mill, with a 2 cm sieve. Subsequently, homogeneous mixing was carried out for 5 minutes, at room temperature, on plastic and on a concrete floor under roof, with the ingredients that silage was composed of (table 1). Raw materials were placed as follows: 1) chopped tubers, 2) chopped foliage, 3) wheat powder, 4) sugar cane molasses, 5) vitaminized pecutrin, 6) calcium carbonate and 7) sugar cane vinasse. A part of this mixture was placed in five microsilos, with a capacity for 1 kg, and the rest was

aproximadamente, 70 % los costos de producción. De ahí la importancia de buscar fuentes alternativas para mitigar los costos en la producción porcina (Castro y Martínez 2015).

En Ecuador existe amplia gama de subproductos agrícolas y agroindustriales, viables para la alimentación porcina. Entre ellos se pueden citar los residuos de destilería (vinazas), tubérculos y follaje de taro. En la provincia de Pastaza, por ejemplo, no se realiza un tratamiento adecuado a las vinazas. Este residuo se elimina en fuentes hídricas, lo que genera efectos nocivos para el ambiente, como la eutrofización y la contaminación de ríos (Zuñiga y Gandini 2013). Los tubérculos y el follaje de taro, cuando se suministran en estado natural, provocan irritación y sensación de ardor en la boca y garganta de los animales, lo que se explica por los altos contenidos de cristales de oxalatos de calcio (Hang *et al.* 2011).

En la actualidad se realizan diversas investigaciones con alimentos alternativos, como son los ensilados, que muestran resultados favorables en el comportamiento productivo y la salud de los animales (Lezcano *et al.* 2017). Los tubérculos y follaje de taro aportan nutrientes que pueden favorecer el crecimiento de levaduras y bacterias lácticas (Caicedo *et al.* 2015), y las vinazas ayudan a reducir rápidamente el pH de la materia prima hasta estabilizarla, por lo que se logra un producto fermentado de buena calidad para su uso en la alimentación porcina (Lezcano *et al.* 2014).

El objetivo de este estudio fue determinar la composición química de un ensilado de tubérculos y follaje de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) y su efecto en indicadores productivos de cerdos en recría.

### Materiales y Métodos

**Ubicación.** La investigación se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), campus principal Puyo, y en la granja porcícola Buena Esperanza, ubicada en la parroquia San José, cantón Santa Clara. La zona de estudio posee un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones entre 4000 y 5000 mm anuales. Se encuentra a una altitud entre 500 a 900 m s.n.m, con humedad relativa de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 18 a 36 °C (INAMHI 2014 y Uvidia *et al.* 2014).

Elaboración del ensilado de tubérculos y follaje de taro. Los tubérculos de taro de rechazo y el follaje procedieron de la parroquia San José, del cantón Santa Clara. Una vez recolectados en la granja porcícola Buena Esperanza, se lavaron y escurrieron durante una hora, y luego se trocearon en un molino de martillo, con criba de 2 cm. Seguidamente, se procedió a realizar el mezclado homogéneo por 5 minutos, a temperatura ambiente, sobre un plástico y en un piso de concreto bajo techo, con los ingredientes que conformaron el ensilado (tabla 1). Las materias primas se colocaron de la siguiente manera: 1) tubérculos picados, 2) follaje picado, 3) polvillo de trigo, 4) melaza de caña, 5) pecutrin vitaminado, 6) carbonato de calcio y 7) vinaza de caña. Una parte de la mezcla

packed in black hermetic bags, of 50 kg. Food was kept indoors, protected from sunlight, for seven days before use.

se colocó en cinco microsilos, con capacidad para 1 kg, y el resto se empacó en fundas herméticas negras, de 50 kg. El alimento se conservó bajo techo, protegido de

Table 1. Formulation of silage of taro tubers and foliage

Raw materials	Inclusion, %
Chopped taro tubers	60.0
Chopped taro foliage	14.0
Wheat powder	10.0
Sugar cane molasses	5.0
Vitaminized pecutrin <sup>1</sup>	0.5
Calcium carbonate	0.5
Sugar cane vinasse	10.0
Total	100.0

<sup>1</sup> Each kg contains: calcium 17 to 20%, phosphorus 18%, NaCl 0.5 to 1%, magnesium 3.0%, biotin 50 mg, zinc 8,000 mg, manganese 1,500 mg, iron 500 mg, copper 2,000 mg, iodine 160 mg, cobalt 30 mg, selenium 70 mg, vitamin A 300,000 IU, vitamin D3 50,000 IU, vitamin E 100 IU, calcium-phosphorus ratio 1.3: 1, zinc-copper ratio 4: 1

*Chemical analysis of the silage.* Nutrient determination was conducted in the UEA bromatology laboratory. Verification of temperature and pH was carried out in five microsilos, on day seven of fermentation, according to procedures of Cherney and Cherney (2003) and Caicedo (2013). Dry matter (DM), crude fiber (CF), ash, crude protein (CP), ether extract (EE) and nitrogen-free extract (NFE) were determined according to AOAC (2005). Organic matter (OM) was the result of subtracting ash percent from 100. Gross energy (GE) was determined by calorimetry, with an adiabatic pump (Parr brand, model 1241). Analyzes were conducted by triplicate for each nutrient.

*Animal management and facilities.* Pigs were managed according to Animal Welfare regulations of the Republic of Ecuador (AGROCALIDAD 2017) and the experimental protocol, according to Sakomura and Rostagno (2007). For this study, 16 commercial crossbreed (Landrace x Belgian White) castrated male animals, of 45 days old and with an initial mean weight of  $12 \pm 2$  kg were used. Each pig constituted an experimental unit. Animals were placed in individual cages, 1.0 m x 1.40 m (1.40 m<sup>2</sup>), equipped with a hanging cone feeder and a nipple drinker, located in a warehouse with 1-meter-high walls, concrete floor with rice husk of 20 cm and curtains to regulate the temperature. Water was available at will. Average ambient temperature in the facility was 24 °C.

*Food management.* Treatments consisted of two diets: a control T0 (corn and protein concentrate) and T30 (inclusion of 30 % of silage in the diet). Diets were formulated according to NRC (2012) procedures for

la luz solar, durante siete días antes de su uso.

*Análisis químico del ensilado.* La determinación de nutrientes se hizo en el laboratorio de bromatología de la UEA. La comprobación de la temperatura y pH se desarrolló en cinco microsilos, en el día siete de fermentación, de acuerdo con los procedimientos de Cherney y Cherney (2003) y Caicedo (2013). La materia seca (MS), fibra bruta (FB), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN), se determinaron según la AOAC (2005). La materia orgánica (MO) fue el resultado de restar a 100 el por ciento de cenizas. La energía bruta (EB) se determinó por calorimetría, con una bomba adiabática (marca Parr, modelo 1241). Los análisis se hicieron por triplicado para cada nutriente.

*Manejo de animales e instalaciones.* Los cerdos se manejaron según las normativas para el Bienestar Animal de la República de Ecuador (AGROCALIDAD 2017) y el protocolo experimental, de acuerdo con Sakomura y Rostagno (2007). Para esta investigación se utilizaron 16 animales machos castrados, de 45 días de edad, cruce comercial (Landrace x Blanco Belga), con peso promedio inicial de  $12 \pm 2$  kg. Cada cerdo constituyó una unidad experimental. Los animales se dispusieron en jaulas individuales, de 1.0 m x 1.40 m (1.40 m<sup>2</sup>), provistas de un comedero de tolva y un bebedero tipo chupón, ubicadas en una nave con paredes de 1 m de altura, piso de concreto con cascarilla de arroz de 20 cm y cortinas para regular la temperatura. El agua estuvo disponible a voluntad. La temperatura ambiental promedio en la nave fue de 24 °C.

*Manejo del alimento.* Los tratamientos consistieron en dos dietas: un control T0 (maíz y concentrado proteico) y T30 (inclusión de 30 % de ensilado en la dieta). Las

rearing pigs (table 2). Intake was adjusted according to live weight of pigs (Rostagno *et al.* 2011). Food was provided twice a day in equal parts (8:00 a.m. and 3:00 p.m.).

dietas se formularon según los procedimientos del NRC (2012) para cerdos en recría (tabla 2). Se ajustó el consumo de acuerdo con el peso vivo de los cerdos (Rostagno *et al.* 2011). El alimento se suministró dos

Table 2. Composition and contribution of experimental diets on a dry basis (DB)

Ingredients, %	Silage inclusion levels, %	
	0	30
Yellow corn	49.2	21.2
Wheat meal	20.0	20.0
Silage of taro tubers and foliage	-	30.0
Protein concentrate <sup>1</sup>	30.0	28.0
Mineral premix for pigs <sup>2</sup>	0.4	0.4
Sodium chloride	0.4	0.4
Calculated nutrients <sup>3</sup>		
CP, %	18.19	18.64
CF, %	4.46	4.70
Cost, dollars kg DM <sup>-1</sup>	0.62	0.45

<sup>1</sup>Ingredients: soybean paste, rice co-products, wheat, corn DDGS, wheat co-products, palm oil, bakery co-products, sugar cane molasses, calcium carbonate, sodium chloride, L-lysine 78 %, dicalcium phosphate, propionic acid at 50 %, sodium aluminosilicate, DL-methionine 99 % and L-threonine 98 %.

Nutrient contribution: protein 35 %, fat 4 %, fiber 5 %, ash 7 %, humidity 13 %, lysine 0.92 % and methionine 0.27 %.

<sup>2</sup>Vitamin and mineral premix (vit A 2'300,000 IU, vit D3 466,667 IU, vit E - 5,000 IU, vit K3 667 mg, vit B1 333 mg; vit B2 1,000 mg, vit B6 400 mg, vit B12 4,000 µg, folic acid 67 mg, niacin 6,660 mg, pantothenic acid 4,000 mg, biotin 17 mg, choline 43 g, iron 26,667mg, copper 41,667 mg, cobalt 183 mg, manganese 16,667 mg, zinc 26,667 mg, selenium 67 mg, iodine 267 mg, antioxidant 27 g, vehicle qsf 1,000 g).

<sup>2</sup>BHT

<sup>3</sup>Calculated according to NRC (2012) and/or determined

*Evaluation of productive indicators.* After selecting animals for the experiment, they were dewormed with granulated Fenbendazole, at a rate of 10 g 100 kg LW<sup>-1</sup>. Pigs were individually weighed, every 7 days, with a 200 kg capacity Cardinal brand scale. Daily food intake (DFI), daily weight gain (DWG), food conversion (FC) and final weight (FW) were verified, according to Flores *et al.* (2015).

*Experimental design.* To examine the chemical composition data of silage (DM, OM, CP, CF, EE, ash, NFE and GE), descriptive statistics was used and, mean, standard deviation and coefficient of variation were determined. Results of productive indicators (DFI, DWG, FC and FW) were processed by the analysis of variance (Steel *et al.* 1997), according to a completely randomized design. Means were compared using Fisher (1954) test (P<0.05). All analyzes were performed with Infostat statistical program (Di Rienzo

veces al día en partes iguales (08:00 a.m. y 03:00 p.m.).

*Evaluación de indicadores productivos.* Luego de la selección de los animales para el experimento, se desparasitaron con Fenbendazol granulado, a razón de 10 g 100 kg PV<sup>-1</sup>. Los cerdos se pesaron individualmente, cada 7 días, con una báscula marca Cardinal de 200 kg de capacidad. Se comprobó consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimentaria (CA) y peso final (PF), según Flores *et al.* (2015).

*Diseño experimental.* Para examinar los datos de composición química del ensilado (MS, MO, PB, FB, EE, cenizas, ELN y EB), se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Los resultados de los indicadores productivos (CDA, GDP, CA y PF) se procesaron por la técnica de análisis de varianza (Steel *et al.* 1997), según diseño completamente aleatorizado.

## Results and Discussion

*Chemical composition of silage of taro tubers and foliage.* On the seventh day of production, silage showed an adequate performance of pH and temperature, as well as an appreciable content of DM, CP, NFE, GE and low levels of CF, ash and EE (table 3).

Las medias se compararon mediante la prueba de Fisher (1954) con  $P < 0.05$ . Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2017).

## Resultados y Discusión

*Composición química del ensilado de tubérculos y follaje de taro.* Al séptimo día de producción, el ensilado presentó un comportamiento adecuado del pH

Table 3. Chemical composition of silage of taro tubers and foliage

Chemical components	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
pH	4.39	0.50	3.26
Temperature, °C	22	0.50	2.27
DM, %	30.91	0.45	5.80
OM, %	95.25	0.70	0.84
CP, %	12.07	0.37	3.49
CF, %	3.24	0.89	3.25
EE, %	2.89	0.48	3.44
Ashes, %	4.74	0.70	4.08
NFE, %	77.03	3.16	6.82
GE, kJ g DM <sup>-1</sup>	17.88	1.36	12.16

Values of pH, temperature and DM of silage are within the established range for the production of good quality silages. The pH is a very important indicator for silage production, and must be kept at values between 3.8 and 4.5 to achieve good stability and food preservation for a long time (López *et al.* 2013, Borreani *et al.* 2017 and Caicedo *et al.* 2019). Low pH inhibits the development of ensiled raw material decomposing microorganisms (Caicedo *et al.* 2016 and Wang *et al.* 2017).

Optimal temperature for silage preservation depends on the microorganisms that develop during the process. In general, optimal range for growth of lactic bacteria and yeasts is between 20 and 30 °C (Castillo and Barrera 2013 and Granados-Marín *et al.* 2014). However, temperatures below 10 °C or above 37 °C affect the fermentation process, leading to poor quality silages with low aerobic stability (Bernardes *et al.* 2018 and Zhou *et al.* 2019).

Regarding DM content, Tomich *et al.* (2003) and Nkosi *et al.* (2016) reported that a good quality silage must contain a DM percentage superior to 30 %, in order to limit the development of putrefactive microorganisms in the feed. In this study, DM content is within that range. When low DM raw materials are ensiled, with values lower than 20%, it is necessary to include drying material to guarantee a good conservation of the product (Borrás-Sandoval *et al.* 2017).

CP concentration of silage was improved with respect to the tuber in natural state (8.48 %) (Caicedo 2015).

y temperatura, así como apreciable tenor de MS, PB, ELN, EB y bajos niveles de FB, cenizas y EE (tabla 3).

Los valores de pH, temperatura y MS del ensilado se hallan en el rango establecido para la producción de ensilados de buena calidad. El pH es un indicador de mucha importancia para la producción de ensilados, y debe mantenerse en valores entre 3.8 y 4.5 para lograr buena estabilidad y conservación del alimento durante un tiempo prolongado (López *et al.* 2013, Borreani *et al.* 2017 y Caicedo *et al.* 2019). El bajo pH inhibe el desarrollo de microorganismos descomponedores de la materia prima ensilada (Caicedo *et al.* 2016 y Wang *et al.* 2017).

La temperatura óptima para la conservación del ensilado depende de los microorganismos que se desarrollan durante el proceso. Por lo general, el rango óptimo para el crecimiento de bacterias lácticas y levaduras se encuentra entre 20 y 30 °C (Castillo y Barrera 2013 y Granados-Marín *et al.* 2014). Sin embargo, temperaturas menores a 10 °C o superiores a 37 °C perturban el proceso fermentativo, por lo que conducen a ensilados de mala calidad y baja estabilidad aeróbica (Bernardes *et al.* 2018 y Zhou *et al.* 2019).

Con respecto al contenido de MS, Tomich *et al.* (2003) y Nkosi *et al.* (2016) manifiestan que un ensilado de buena calidad debe contener porcentaje de MS superior a 30 % para limitar el desarrollo de microorganismos putrefactivos del alimento. En este estudio, el tenor de MS se encuentra en ese rango. Cuando se ensilan materias primas bajas en MS, con valores menores de 20 %, es necesario incluir material secante para garantizar la buena conservación del producto (Borrás-Sandoval *et al.* 2017).

This may be due to the inclusion of foliage (Buntha *et al.* 2008), as well as the presence of microbial protein, developed during the fermentation process (Gutiérrez and Gómez 2008, Ritala *et al.* 2017 and Caicedo *et al.* 2019).

The silage demonstrated low concentrations of EE, CF and ash. These results are similar to those reported by Himeda *et al.* (2012) and Caicedo (2015) for taro varieties in their natural state. It should be noted that EE and CF values of silage are within the range allowed for their use in pigs during rearing stage (Bertechini 2013 and Aragadway *et al.* 2016).

Silage had a high content of NFE and GE, which is explained by the concentration of carbohydrates in the tuber (Caicedo 2015). For this reason, this food is recommended as an excellent energy source for humans and animals (Ogunlakin *et al.* 2012 and Caicedo 2015).

*Productive indicators of rearing pigs, fed silage of taro tubers and foliage.* During the study, there were no diarrhea or animal deaths. There was also no effect ( $P > 0.05$ ) among treatments for the studied indicators: DFI, DWG, FC and FW (table 4). These results coincide with previous research, developed in pigs that were fed taro tuber silage (Caicedo *et al.* 2019). The optimal productive performance of animals fed the alternative diet is related to fermentation process.

Table 4. Productive indicators of rearing pigs, fed silage of taro tubers and foliage

Variables	Silage inclusion levels, %		SE ±	P value
	0	30		
DFI (kg)	1.15	1.11	0.93	P=0.3582
DWG (kg)	0.55	0.53	0.14	P=0.3261
FC (kg/kg)	2.08	2.09	0.40	P=0.7399
FW (kg)	30.50	29.06	3.34	P=0.1323

DFI: daily food intake, DWG: daily weight gain, FC: food conversion, FW: final weight, SE: standard error

This technique leads to improvements of antioxidant phenolic compounds of raw material, product of microorganisms that develop in this medium through the metabolic route, due to extracellular enzymatic action (Gunawan *et al.* 2015, Dey *et al.* 2016 and Aruna *et al.* 2017). Antioxidant peptides produced by microorganisms are successfully used in the food industry to formulate functional foods (He *et al.* 2012). In fact, bioactive components can modulate the immune system in the animal (Ricci *et al.* 2010). Anyasi *et al.* (2018) and Mahloko *et al.* (2019) point out that health benefits, derived from compounds of an antioxidant nature, occur in symbiosis with the intestinal microbiota, which metabolizes and releases them for their use. In addition, the beneficial microbiota developed in the silage could act as a probiotic, limiting the growth of pathogenic

La concentración de PB del ensilado se mejoró con respecto al tubérculo en estado natural (8.48 %) (Caicedo 2015). Esto se puede deber a la inclusión del follaje (Buntha *et al.* 2008), así como a la presencia de proteína microbiana desarrollada durante el proceso de fermentación (Gutiérrez y Gómez 2008, Ritala *et al.* 2017 y Caicedo *et al.* 2019).

El ensilado presentó bajas concentraciones de EE, FB y cenizas. Estos resultados son similares a los informados por Himeda *et al.* (2012) y Caicedo (2015) para variedades de taro en estado natural. Cabe resaltar que los valores de EE y FB del ensilado se encuentran en el rango permitido para su uso en porcinos durante la etapa de recría (Bertechini 2013 y Aragadway *et al.* 2016).

El ensilado presentó alto contenido de ELN y EB, lo que se explica por la concentración de carbohidratos del tubérculo (Caicedo 2015). Por esta razón, este alimento se recomienda como excelente fuente energética para humanos y animales (Ogunlakin *et al.* 2012 y Caicedo 2015).

*Indicadores productivos de cerdos en recría, alimentados con ensilado de tubérculos y follaje de taro.* Durante el estudio, no hubo diarreas ni muertes de los animales. Tampoco hubo efecto ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para los indicadores estudiados: CDA, GDP, CA y PF (tabla 4). Estos resultados coinciden con trabajos anteriores, desarrollados en cerdos que se alimentaron con ensilado de tubérculos de taro (Caicedo *et al.* 2019). El óptimo desempeño productivo

de los animales alimentados con la dieta alternativa se relaciona con el proceso de fermentación.

Esta técnica conduce a mejoras en los compuestos fenólicos antioxidantes de la materia prima, producto de los microorganismos que se desarrollan en este medio por vía metabólica, debido a la acción enzimática extracelular (Gunawan *et al.* 2015, Dey *et al.* 2016 y Aruna *et al.* 2017). Los péptidos antioxidantes que se producen por los microorganismos se utilizan satisfactoriamente en la industria alimentaria para formular alimentos funcionales (He *et al.* 2012). De hecho, los componentes bioactivos pueden modular el sistema inmune en el animal (Ricci *et al.* 2010). Anyasi *et al.* (2018) y Mahloko *et al.* (2019) señalan que los beneficios para la salud, derivados de los compuestos de naturaleza antioxidante, se producen en symbiosis con la microbiota intestinal, que los metaboliza y libera para su aprovechamiento. Además, la microbiota

microorganisms and guaranteeing intestinal health of animals, in addition to participating in protein and vitamin synthesis and improving food digestibility (Yang *et al.* 2015, Chandrasekara and Kumar 2016 and Liao and Nyachoti 2017).

In roots and tubers, the mixture of small granules and low content of highly soluble dietary fiber promotes its use as an excellent source of carbohydrates for special extruded products, such as weaning diets (Vargas and Hernández 2013). These, due to their significant contribution to intestinal integrity, allow an adequate nutrient absorption, without affecting weight gain (Pérez-Balladares *et al.* 2019 and Rinaldo 2020).

### Conclusions

The inclusion of 30 % of silage of taro tubers and foliage in the diet of rearing pigs did not affect the productive performance of animals, so it constitutes an alternative food with adequate nutritional characteristics for this category.

### Acknowledgements

Thanks to the technical staff and workers of Buena Esperanza pig farm, and the technical staff of the Laboratory of Bromatology of the Universidad Estatal Amazónica for their support in the development of this research.

benéfica desarrollada en el ensilado pudo actuar como probiótico, al limitar el crecimiento de microorganismos patógenos y garantizar la salud intestinal de los animales, además de participar en la síntesis de proteína y vitaminas y mejorar la digestibilidad del alimento (Yang *et al.* 2015, Chandrasekara y Kumar 2016 y Liao y Nyachoti 2017).

En las raíces y tubérculos, la mezcla de gránulos pequeños y bajo contenido de fibra dietética altamente soluble promueve su uso como excelente fuente de carbohidratos para productos especiales extruidos, como son las dietas de destete para lactantes (Vargas y Hernández 2013). Estas, por su contribución significativa a la integridad intestinal, permiten una adecuada absorción de nutrientes, sin afectar la ganancia de peso (Pérez-Balladares *et al.* 2019 y Rinaldo 2020).

### Conclusiones

La inclusión de 30 % de ensilado de tubérculos y follaje de taro en la dieta de cerdos en recría no afectó el comportamiento productivo de los animales, por lo que constituye un alimento alternativo de adecuadas características nutritivas para esta categoría.

### Agradecimientos

Se agradece al personal técnico y a los trabajadores de la granja porcícola Buena Esperanza, y al personal técnico del Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica por el apoyo en la ejecución de esta investigación.

### References

- AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2017. Manual de aplicabilidad de buenas prácticas porcícolas. Quito, Ecuador, p. 127, Available: <<http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2017/enero/manual-buenas-practicas-porcicolas-24-01-2017.pdf>>.
- AOAC (Official Method of Analysis: Association of Official Analytical Chemists). 2005. 18th Ed. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Gaithersburg MD, USA, ISBN: 978-0-935584-87-5.
- Anyasi, T.A., Jideani, A.I.O. & Mchau, G.R.A. 2018. "Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour". Food Research International, 104: 100-109, ISSN: 0963-9969, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.063>.
- 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 of the Selva Andina Animal Science, 3(2): 98-104, ISSN: 2311-2581.
- Aruna, T.E., Aworh, O.C., Raji, A.O. & Olagunju, A.I. 2017. "Protein enrichment of yam peels by fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* (BY4743)". Annals of Agricultural Science, 62(1): 33-37, ISSN: 0570-1783, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aas.2017.01.002>.
- Bernardes, T.F., Daniel, J.L.P., Adesogan, A.T., McAllister, T.A., Drouin, P., Nussio, L.A., Huhtanen, P., Tremblay, G.F., Bélanger, G. & Cai, Y. 2018. "Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions". Journal of Dairy Science, 101(5): 4001-4019, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13703>.
- Bertechini, A.G. 2013. Nutrição de monogástricos. 2da Edição Revisada. Ed. UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil, p. 373, ISBN: 978-85-8127-016-6.
- Borrás-Sandoval, L., Valiño, E. & Elías, A. 2017. "Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos poscosecha de papa (*Solanum tuberosum*) inoculado con preparado microbial". REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, 18(8): 1-16, ISSN 1695-7504.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R., Holmes, B. & Muck, R. 2017. "Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages". Journal of Dairy Science, 101(5): 3952-3979, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.
- Buntha, P., Borin, K., Preston, T.R. & Ogle, B. 2008. "Digestibility and nitrogen balance studies in pigs fed diets with ensiled taro (*Colocasia esculenta*) leaves as replacement for fish meal". Livestock Research for Rural Development, 20(Supplement), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/bunt2.htm>>.
- Caicedo, W. 2013. Potencial nutritivo del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la

- alimentación de cerdos. MSc. Thesis. Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba, p. 60
- Caicedo, W. 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, Granma, Cuba, p. 100
- Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M. & Pérez, M. 2019. "Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento". Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(2): 580-589, ISSN: 1682-3419, DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16078>.
- 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., Valle, S., Flores, L. & Ferreira, F. 2016. "Physicochemical and biological indicators in silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for animal feeding". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(1): 121-129, ISSN: 2079-3480.
- Castillo, C.Y. & Barrera, R.O. 2013. "Fermentación en estado sólido FES de subproductos agroindustriales como alternativa para obtener alimento animal". Memorias 1er Congreso Internacional AGROMERCA. Ciudad Juárez, Chihuahua. México, p. 85.
- Castro, M. & Martínez, M. 2015. "La alimentación porcina con productos no tradicionales: cincuenta años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal". Cuban Journal of Agricultural Science, 49(2): 189-196, ISSN: 2079-3480.
- Chandrasekara, A. & Kumar, T.J. 2016. "Roots and Tuber Crops as Functional Foods: A Review on Phytochemical Constituents and Their Potential Health Benefits". International Journal of Food Science, ID3631647: 1-15, ISSN: 2314-5765, DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/3631647>.
- Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. 2003. Assessing silage quality. In: Silage Science and Technology. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H (eds). American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA, p. 141-198, ISBN: 9780891182344.
- Dey, T.B., Chakraborty, S., Jain, K.K., Sharma, A. & Kuhad, R.C. 2016. "Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: A review". Trends in Food Science & Technology, 53: 60-74, ISSN: 0924-2244, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.007>.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat. Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- FAO. 2020. Cerdos y la nutrición humana. Available: <[http://www.fao.org/ag/AGInfo/themes/es/pigs/HH\\_nutrition.html](http://www.fao.org/ag/AGInfo/themes/es/pigs/HH_nutrition.html)>.
- Fisher, R.A. 1954. Statistical Methods for Research Workers. 12th Ed. Oliver and Boyd (eds.), Edinburgh, England, ISBN: 0-05-002170-2.
- Flores, L., Elías, A., Proaño, F., Granizo, G., Medina, Y., López, S., Herrera, F. & Caicedo, W. 2015. "Effects of a microbial preparation, a probiotic and commercial antibiotic on the productive performance and pig's health in post-weaning period". Cuban Journal of Agricultural Science, 49(3): 357-365, ISSN: 2079-3480.
- Granados-Marín, C., Ching-Jones, R. & Rojas-Bourrillón, A. 2014. "Ensilaje de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con la adición de melaza, suero de leche e inóculos microbiales". UNED Research Journal, 6(1): 47-56, ISSN: 1659-4266, DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v6i1.316>.
- Gunawan, S., Widjaja, T., Zullaikah, S., Ernawati, L., Istianah, N., Apamarta, H.W. & Prasetyoko, D. 2015. "Effect of fermenting cassava with *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of their flour". International Food Research Journal, 22(3): 1280-1287, ISSN: 2231 7546.
- Gutiérrez, L. & Gómez, A. 2008. "Determinación de proteína total de *Candida utilis* y *Sacharomyces cerevisiae* en bagazo de caña". Revista Lasallista de Investigación, 5(1): 61-64, ISSN: 1794-444.
- Hang, D.T., Binh, L.V., Preston, T.R. & Savage, G.P. 2011. "Oxalate content of different taro cultivars grown in central Viet Nam and the effect of simple processing methods on the oxalate concentration of the processed forages". Livestock Research for Rural Development, 23(6), Available: <<http://www.lrrd.org/lrrd23/6/hang23122.htm>>.
- He, R., Ju, X., Yuan, J., Wang, L., Girgih, A.T. & Aluko, R.E. 2012. "Antioxidant activities of rapeseed peptides produced by solid state fermentation". Food Research International, 49(1): 432-438, ISSN: 0963-9969, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.023>.
- Himeda, M., Njintang, Y.N., Gaiani, C., Nguimbou, R.M., Scher, J., Facho, B. & Mbofung, C.M.F. 2012. "Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta*) starch harvested at different maturity stages". International Journal of Biosciences, 2(3): 14-27, ISSN: 2222-5234.
- INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2014. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador, p. 28, Available: <<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>>.
- Lezcano, P., Berto, D.A., Bicudo, S.J., Curcelli, F., González, P. & Valdiviá, M. 2014. "Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento". Avances en Investigación Agropecuaria, 18(3): 41-48, ISSN: 0188-7890, Available: <<http://hdl.handle.net/11449/137082>>.
- Lezcano, P., Martínez, M., Vázquez, A. & Pérez, O. 2017. "Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience". Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1): 1-10, ISSN: 2079-3480.
- Liao, S.F. & Nyachoti, M. 2017. "Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization". Animal Nutrition, 3(4): 331-343, ISSN: 2405-6545, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>.
- López, T., Prado-Barragán, A., Nevárez-Moorillón, G.V., Contreras, J.C., Rodríguez, R. & Aguilar, C.N. 2013. "Incremento de la capacidad antioxidante de extractos de pulpa de café por fermentación láctica en medio sólido". CyTA-Journal of Food, 11(4): 359-365, ISSN: 1947-6337, DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.773563>.



- Mahloko, L.M., Silungwe, H., Mashau, M.E. & Kgatla, T.E. 2019. "Bioactive compounds, antioxidant activity and physical characteristics of wheat-prickly pear and banana biscuits". *Heliyon*, 5(10): e02479, ISSN: 2405-8440, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02479>.
- Nkosi, B.D., Meeske, R., Langa, T., Motiang, M.D., Modiba, S., Mutavhatsindi, T.F., Malebana, I.M. & Groenewald, I.B. 2016. "Effects of bacterial inoculation on the fermentation characteristics and aerobic stability of ensiled whole plant soybeans (*Glycine max* (L) Merr)". *South African Journal of Animal Science*, 46(2): 129-138, ISSN: 2221-4062, DOI: <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i2.3>.
- NRC (National Research Council). 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. 11th Ed. Ed. National Academies Press, Washington D.C., USA, p. 400, ISBN: 978-0-309-22423-9
- Ogunlakin, G.O., Oke, M.O., Babarinde, G.O. & Olatunbosun, D.G. 2012. "Effect of drying methods on proximate composition and physico-chemical properties of cocoyam flour". *American Journal of Food Technology*, 7(4): 245-250, ISSN: 1557-458X, DOI: <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.245.250>.
- Pérez-Balladares, D., Castañeda-Terán, M., Granda-Albuja, M.G., Tejera, E., Iturralde, G., Granda-Albuja, S., Jaramillo-Vivanco, T., Giampieri, F., Battino, M. & Alvarez-Suarez, J. 2019. "Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Main Fruits, Tubers and Legumes Traditionally Consumed in the Andean Regions of Ecuador as a Source of Health-Promoting Compounds". *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3): 350-357, ISSN: 1573-9104, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00744-8>.
- Ricci, I., Artacho, R. & Olalla, M. 2010. "Milk protein peptides with angiotensin I-converting enzyme inhibitory (ACEI) activity". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5): 390-402, ISSN: 1549-7852, DOI: <https://doi.org/10.1080/10408390802304198>.
- Rinaldo, D. 2020. "Carbohydrate and bioactive compounds composition of starchy tropical fruits and tubers, in relation to pre and postharvest conditions: A review". *Journal of Food Science*, 85(2): 249-259, ISSN: 1750-3841, DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15002>.
- Ritala, A., Häkkinen, S.T., Toivari, M. & Wiebe, M.G. 2017. "Single Cell Protein-State-of-the-Art, Industrial Landscape and Patents 2001-2016". *Frontiers in Microbiology*, 8: 2009, ISSN: 1664-302X, DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>.
- Rostagno, H.S., Teixeira, L.F., Donzele, L.J., Gomes, P.C., Oliveira, 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*. 3rd Ed. Ed. Departamento de Zootecnia Universidad Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, p. 167.
- Sakomura, N. & Rostagno, H. 2007. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep, p. 283, ISBN: 978-85-87632-97-5.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. & Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. 3rd Ed. Ed. MacGraw-Hill Book Company Inc. New York, USA, p. 666, ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Tomich, T.R., Gonçalves, L.C., Maurício, R.M., Pereira, L.G. & Rodrigues, J.A. 2003. "Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55(6): 747-755, ISSN: 1678-4162, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000600012>.
- Uvidia, H., Buestán, D., Leonard, I. & Benítez, D. 2014. "La distancia de siembra y el número de estacas en el establecimiento del *Pennisetum purpureum*". *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(7): 1-8, ISSN 1695-7504.
- Vargas, P. & Hernández, D. 2013. "Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria". *Tecnología en Marcha*, 26(1): 37-45, ISSN: 2215-3241.
- Wang, S., Yuan, X., Dong, Z., Li, J. & Shao, T. 2017. "Isolating and evaluating lactic acid bacteria strains for effectiveness on silage quality at low temperatures on the Tibetan plateau". *Animal Science Journal*, 88(11): 1722-1729, ISSN: 1740-0929, DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12852>.
- 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: <https://doi.org/10.3390/pathogens4010034>.
- Zhou, Y., Drouin, P. & Lafrenière, C. 2019. "Effects on microbial diversity of fermentation temperature (10 °C and 20 °C), long-term storage (5 °C), and subsequent warming on corn silage". *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 32(10): 1528-153, ISSN: 1976-5517, DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0792>.
- Zuñiga, V. & Gandini, M. 2013. "Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol". *DYNA*, 80(177): 124-131, ISSN: 2346-2183.

**Received: March 23, 2020**

**Accepted: June 16, 2020**