

Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) en cerdos criollos de crecimiento

Apparent digestibility of a diet including sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) seed meal in growing creole pigs

María Isabel Viamonte^{1*}, Marisol Tipanquiza¹, Carolina Tintín¹, Janeth Sánchez², Willan Caicedo¹, Alina Ramírez¹, Julio Vargas¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad fecal aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) en cerdos criollos de crecimiento. Se utilizaron dos cerdos machos castrados, con peso vivo de 50 ± 2 kg, alojados en jaulas metabólicas, y bajo un diseño cuadrado latino de 2x2. Los cerdos fueron alimentados con dietas con 0 (control) y 15% de inclusión de harina de semillas de sacha inchi, respectivamente. En las dietas experimentales y en las heces se determinó: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa, extractos libres de nitrógeno (ELN), energía bruta (EB), calcio (Ca) y fósforo (P). Los mayores coeficientes de digestibilidad aparente de la MS (82.38%) y P (32.32%) se obtuvieron en la dieta control ($p < 0.05$). No hubo diferencias significativas para la digestibilidad de la PB, FB, grasa, ELN y Ca. En conclusión, la inclusión del 15% de harina de semillas de sacha inchi en la dieta de cerdos criollos en crecimiento no afecta la digestibilidad aparente de la PB, FB, grasa, ELN y Ca, obteniéndose un alimento de alto valor nutricional.

Palabras clave: cerdos criollos, crecimiento, coeficientes de digestibilidad, maní del inca

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the apparent faecal digestibility of a diet including sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) seed meal in growing creole pigs. Two male castrated pigs were used, body weight of 50 ± 2 kg, housed in metabolic cages, and

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador

² Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica, Universidad Estatal Amazónica, Arosemena Tola, Napo, Ecuador

³ E-mail: mviamonte@uea.edu.ec

Recibido: 3 de mayo de 2020

Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2020

Publicado: 21 de diciembre de 2020

under a 2x2 Latin square design. The pigs were fed diets with 0 (control) and 15% inclusion of sacha inchi seed meal, respectively. In the experimental diets and in the faeces it was determined: dry matter (DM), crude protein (CP), crude fibre (CF), fat, nitrogen-free extracts (NFE), gross energy (EB), calcium (Ca) and phosphorus (P). The highest apparent digestibility coefficients of DM (82.38%) and P (32.32%) were obtained in the control diet ($p < 0.05$). There were no significant differences for the digestibility of CP, CF, fat, NFE and Ca. In conclusion, the inclusion of 15% sacha inchi seed meal in the diet of growing creole pigs does not affect the apparent digestibility of CP, CF, fat, NFE and Ca, allowing a feed with high nutritional value.

Key words: creole pigs, growth, digestibility coefficients, Sacha inchi

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción porcina, los altos costos de las materias primas ricas en contenidos proteicos y energéticos utilizadas en la elaboración de los alimentos balanceados hacen poco rentable la producción para los pequeños y medianos productores (Ramírez, 2017). Con la finalidad de minimizar los costos de producción en la alimentación de los cerdos, los alimentos alternativos de origen vegetal resultan ser una opción más rentable de alimentación para cerdos, tal es el caso del cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L), también conocido como maní del monte o maní del inca.

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) es una planta originaria de la Amazonia peruana, conocida por los nativos desde hace miles de años (Flores, 2010). Actualmente, este cultivo se está difundiendo en la Amazonia ecuatoriana, asumiendo un papel importante de producción para la exportación con usos en la producción de cosméticos, nutracéuticos y medicina (Agroindustria Ecuador G2, 2020). Sin embargo, no toda la semilla se utiliza para la exportación, ya que no cumplen con los estándares establecidos para su comercialización, de allí que el rechazo de semilla podría constituirse como una alternativa para la alimentación animal.

La semilla del sacha inchi comparado con fuentes oleaginosas como soya, maní, algodón y girasol, posee componentes importantes como antioxidantes, vitamina A y alfa-tocoferol-vitamina E (Romero *et al.*, 2019). Más del 60 % de la almendra desgrasada es proteína de alta calidad (99% digestible), rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Zuloeta, 2014), además de un alto contenido de ácidos grasos insaturados (ácido linolénico, linoleico y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9). Según el estudio de Chirinos *et al.* (2013) de la semilla de 16 variedades de sacha inchi, este insumo puede ser considerado como una importante fuente dietaria de promotores fitoquímicos saludables. Por otra parte, Arias (2015) y Henao y Barreto (2016) manifiestan que estas propiedades convierten a las semillas en un producto de alta calidad para la alimentación animal, que podría ser aprovechada en la alimentación de los cerdos.

No obstante, el valor nutritivo de un alimento debe ser evaluado a través de su coeficiente de digestibilidad; es decir, de la proporción del alimento absorbido y convertido en sustancias útiles para la nutrición. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos (Ly *et al.*, 2013). Así, el objetivo de este estudio fue determinar la digestibilidad fecal aparente de la harina de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) en cerdos criollos en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica y en las instalaciones del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), ubicados en los cantones Pastaza y Arosemena Tola, provincias de Pastaza y Napo, Ecuador, respectivamente. El lugar de estudio posee un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que fluctúan entre 4000 y 4500 mm anuales, altitud de 500 a 900 msnm, y temperaturas entre 20 y 32 °C (INAMHI, 2014).

Harina de Sacha Inchi

La semilla fue adquirida en el centro de acopio Huamboya. Las semillas fueron seleccionadas en el CIPCA, donde pasaron por un proceso de pre-secado durante tres días al sol. Luego, fueron colocadas en una secadora de tambor por 2 h a 65 °C, se dejaron enfriar por 1 h, y finalmente fueron molidas en un molino semiindustrial TRAPS TRF 300G), con malla de 0.25 mm. La harina fue empacada en fundas herméticas y almacenada por 5 días hasta su uso.

Composición Proximal de las Dietas

Las dietas fueron formuladas tomando en consideración las recomendaciones de FEDNA (2013) (Cuadro 1). Se tomó una muestra de 1 kg de cada dieta para su análisis en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Santa Catalina, Quito, Ecuador. Se determinó materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa, extracto libre de nitrógeno (ELN), energía bruta (EB), calcio y fósforo, según los procedimientos descritos por la AOAC (2005).

Animales y Alimento

Se utilizaron dos cerdos criollos, machos castrados en crecimiento, con peso vivo de

50 ± 2 kg. Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales de 1.0x0.40 m (0.40 m²), que incluyen un comedero tipo tolva y un bebedero de chupón. Se ajustó el consumo de alimento a razón de 0.10 kg (kg/MS) PV^{0.75} d⁻¹. La mitad del alimento se ofertó en la mañana (08:00) y la otra mitad en la tarde (15:00). El agua de bebida estuvo disponible a voluntad.

Cada periodo de investigación estuvo constituido por 10 días, cinco de adaptación a la dieta y cinco de colecta total de heces, según el método descrito por Bauza *et al.* (2016). Las muestras diarias fueron guardadas en un congelador a -20 °C hasta terminar la colecta de cada periodo. Al término de cada periodo se hizo un pool de cada tratamiento y se tomó una muestra de 200 g para la determinación de MS, PB, FB, grasa, ELN, EB, Ca y P.

Coefficientes de Digestibilidad Aparente

Los coeficientes de digestibilidad fecal aparente (CDFA) de los nutrientes de las dietas utilizadas se calcularon según la siguiente fórmula: CDFA (%) = ([Nutriente ingerido - Nutriente excretado]/Nutriente ingerido) * 100.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental cuadrado latino 2x2, con la finalidad de evaluar el aprovechamiento de los nutrientes de la harina de semillas de sacha inchi en el nivel de inclusión de 0 y 15 % en cerdos criollos de crecimiento. El diseño se representa por el siguiente modelo matemático:

$$Y(ijk) = \mu + a(i) + \beta(j) + \delta(k) + e(k)$$

$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, t; k = 1, 2, \dots, t$$

donde Y(k) = Medición sobre la unidad experimental situada en la i-ésima fila y en la j-ésima columna, sometida al k-ésimo tratamiento (15% de inclusión de la harina de semilla de sacha inchi y un grupo control), μ = Constante común a todas las observaciones, a(i) = efecto correspondiente a la i-ésima fila,

Cuadro 1. Composición y aporte de las dietas experimentales (% Base seca)

Ingredientes, %	Niveles de inclusión (%) de harina de semillas de sachá inchi	
	0 (Control)	15
Maíz amarillo	63	46
Harina de soya	5	9
Concentrado proteico ¹	21	21
Afrecho de trigo	10	8
Premezcla vitamínica mineral cerdos ²	0.5	0.5
Sal mineral	0.5	0.5
Harina de semilla de sachá inchi	-	15
Aporte de nutrientes		
Proteína bruta (PB, %)	15.68	17.11
Fibra bruta (FB, %)	6.03	8.67
Grasa (%)	5,53	7,54
Extracto libre de nitrógeno (ELN, %)	66.82	61.15
Energía bruta (EB, kcal/kg MS)	4479	4633
Ca (%)	0.78	0.75
P (%)	1.23	1.12

¹ Ingredientes: pasta de soya; coproductos de arroz, trigo, DGGs de maíz, coproductos de trigo, aceite de palma, coproductos de panadería, melaza de caña, carbonato de calcio, cloruro de sodio, L-Lisina 78%, fosfato dicálcico, ácido propiónico al 50%, aluminosilicato de sodio, DL-Metionina 99% y L-Treonina 98%. Aporte de nutrientes: proteína 34%, grasa 4%, fibra 5%, ceniza 7%, humedad 13%, lisina 0.92% y metionina 0.27%

² Premezcla de vitaminas y minerales para cerdos en crecimiento (Vit A 2 300 ,00 UI, Vit D3 466 667 UI, Vit E 5000 UI, Vit K3 667 mg, Vit B1 333 mg, Vit B2 1000 mg, Vit B6 400 mg, Vit B12 4000 µg, ácido fólico 67 mg, niacina 6660 mg, ac. pantoténico 4000 mg, biotina 17 mg, colina 43 g, hierro 26 667 mg, cobre 41 667 mg, cobalto 183 mg, manganeso 16 667 mg, zinc 26 667 mg, selenio 67 mg, yodo 267 mg, antioxidante 27 g, vehículo qsp 1000 g)

(periodo de tiempo) $\beta(j)$ = efecto correspondiente a la j -ésima columna, (los animales) $\delta(k)$ = efecto correspondiente al k -ésimo tratamiento, $e(k)$ = error residual, aleatorio, normal e independientemente distribuido, con media cero y varianza s^2 .

El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS v. 22. Los datos de la digestibilidad de la MS,

PB, FB, grasa, ELN, EB, Ca y P se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un modelo de clasificación simple, donde se controló el efecto de la dieta con el nivel de inclusión de harina de la semilla de sachá inchi al 15% y el grupo control. Para la diferencia entre medias se utilizó la prueba Fisher con $p < 0.05$.

Cuadro 2. Coeficientes de digestibilidad aparente en cerdos criollos en crecimiento alimentados con una dieta conteniendo harina de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

Nutrientes	Niveles de inclusión (%)		EE	P valor
	0	15		
Materia seca (MS, %)	82.38 ^a	80.66 ^b	0.41	p<0.0088
Proteína bruta (PB, %)	87.59	87.26	0.64	p=0.7649
Fibra bruta (FB, %)	54.68	55.77	2.38	p=0.8244
Grasa (%)	84.88	92.11	2.18	p=0.1246
Extracto libre de nitrógeno (ELN, %)	91.41	91.80	0.34	p=0.5828
Energía bruta (EB, kcal/kg MS)	35.97	30.11	2.12	p=0.1012
Ca (%)	35.97	30.11	2.12	p=0.1012
P (%)	32.32 ^a	25.87 ^b	1.23	p<0.0112

^{a,b} Medias con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (p<0.05)

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se muestran los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes en las dos dietas de cerdos criollos en crecimiento. Se observaron mejores coeficientes de digestibilidad en la MS y P (p<0.05) en la dieta que no incluyó la harina de semillas de sacha inchi, mientras que los coeficientes de digestibilidad de PB, FB, grasa, ELN y Ca no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas para los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS y P a favor del grupo control en comparación con la dieta que incluyó 15% de harina de semillas de sacha inchi. El coeficiente de digestibilidad de la MS de la dieta experimental fue superior al obtenido por

Ly *et al.* (2013) en cerdos criollos alimentados con palmiche (*Roystonea regia*), posiblemente debido al proceso de secado y molido que recibieron las semillas antes de la elaboración de la harina (Caicedo *et al.*, 2018).

El coeficiente de digestibilidad del fósforo en la dieta con 15% de harina de sacha inchi presentó menor valor que en la dieta control. En este sentido, Phiny *et al.* (2003) y Castaño *et al.* (2012) manifiestan que el aprovechamiento del fósforo está influenciado por los contenidos de fósforo fítico y calcio de la materia prima. Al respecto, Gutiérrez *et al.* (2011) señalan que la semilla del sacha inchi contiene grandes cantidades de calcio (2406 mg/kg), lo cual pudo haber bloqueado la absorción del fósforo en el tracto digestivo del cerdo. Para mejorar la utilización del fósforo, Peña (2018) evaluó la eficacia de la fitasa microbiana en cerdos de engorde, obteniendo 54.6% de coeficiente de digestibilidad del fósforo. De igual manera, Pattacini *et al.*

(2012) empleando fitasa fúngica mejoraron el coeficiente de digestibilidad del fósforo (44.15%). De esta manera, en estos dos estudios se obtuvieron valores de digestibilidad del fósforo superiores a los del presente estudio.

Los coeficientes de PB, FB, grasa, ELN y Ca no presentaron efecto significativo entre tratamientos, debido al procesamiento de tratamiento de la materia prima, así como también, al bajo contenido de fibra que tenían las dietas bajo estudio. Al respecto, estudios realizados en cerdos criollos indican que a medida que se incrementan los niveles de fibra en la dieta (desde 8.5% hasta 17.5%) disminuye la digestibilidad de los nutrientes (Toro, 2008; Linares *et al.*, 2011).

CONCLUSIÓN

La inclusión del 15 % de harina de semilla de sachá inchi en la dieta de cerdos criollos en crecimiento no afectó la digestibilidad aparente de la proteína bruta, fibra bruta, grasa, extracto libre de nitrógeno y calcio, garantizando un alimento con un valor nutricional.

LITERATURA CITADA

1. [Agroindustrias Ecuador G2]. 2020. Crece con el aceite de sachá inchi. Revista Líderes. [Internet]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industrializacion-sacha-inchi-planta-empresa.html>
2. AOAC. 2005. Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis. 18th ed. Gaithersburg, USA. Association of Official Analytical Chemists.
3. Arias H. 2015. Formulación de alimento balanceado a base de pasta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y evaluación de su efecto sobre los parámetros zootécnicos de pollos de engorde. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Machala, Ecuador: Univ. Técnica de Machala. 51 p.
4. Bauza R, Barreto R, Bratschi C, Silva D, Tejero D. 2016. Digestibilidad fecal aparente de partidas de sorgo con diferentes contenidos de taninos, sometidos a distintas tecnologías de procesamiento en cerdos. Agrocencia Uruguay 20: 90-98.
5. Caicedo W, Sanchez J, Tapuy A, Vargas JC, Samaniego E, Valle S, Moyano J, et al. 2018. Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) meal. Technical note. Cuban J Agr Sci 52: 181-186.
6. Castaño DL, Valencia M, Murillo E, Méndez JJ, Joli JE. 2012. Composición de ácidos grasos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal. Rev Chil Nutr 39: 45-52.
7. Chirinos R, Zuloeta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, Campos D. 2013. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*): a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chem 141: 1732-1739. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.078
8. [FEDNA] Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino. Normas FEDNA. 2^o ed. España: FEDNA. 40 p. [Internet]. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO_2013rev2
9. Flores D. 2010. Información bibliográfica sobre historia y usos tradicionales de 3 plantas seleccionadas. Base de Datos Proyecto Perú Biodiverso. [Internet]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/77786837/Usos-historico-del-Sacha-Inchi>
10. Gutiérrez LF, Rosadab LM, Jiménez Á. 2011. Chemical composition of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L) seeds and characteristics of their lipid fraction. Grasas y Aceites 62: 76-83. doi: 10.3989/gya044510

11. **Henao JC, Barreto OT. 2016.** Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Rev Invest Agraria Amb 7: 83-92. doi: 10.22490/21456453.1544
12. **[INAMHI] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2014.** Anuario meteorológico. Quito, Ecuador. 28 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
13. **Linares V, Linares L, Mendoza G. 2011.** Caracterización etnozootécnica y potencial carnicero de *Sus scrofa* «cerdo criollo» en Latinoamérica. Sci Agrop 2: 97-110.
14. **Ly J. 2008.** Una aproximación a la fisiología de la digestión de cerdos criollos. Rev Comp Prod Porcina 15:13-23.
15. **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 J Agr Sci 47: 283-287.
16. **Pattacini S H, Scoles GE, Braun RO. 2012.** Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos alimentados con dietas compuestas por diferentes niveles de fitasas obtenidas de *Aspergillus oryzae*. Contaminación ambiental de los residuos orgánicos derivados. Rev Arg Prod Anim 32: 107-115.
17. **Peña I. 2018.** Eficacia de una fitasa en dietas de cerdos de engorde: efecto sobre la digestibilidad del calcio y fósforo y la mineralización ósea. Tesis de Maestría. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia. 37 p.
18. **Phiny C, Preston TR, Ly J. 2003.** Mulberry (*Morus alba*) leaves as protein source for young pigs fed rice-based diets: Digestibility studies. Livestock Res Rural Dev 15(1). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/1/phin151.htm>
19. **Ramírez S. 2017.** La producción porcina del país está a la baja. Revista Líderes. [Internet]. Disponible en: www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html.
20. **Romero HLE, Valdiviezo RC, Bonilla RS. 2019.** Characterization of sacha inchi seed oil (*Plukenetia volubilis*) from Canton San Vicente, Manabí, Ecuador, obtained by non-thermal extrusion processes. La Granja 30: 70-79.
21. **Toro C. 2008.** Comparación del cerdo criollo vs mejorado en la capacidad de digestión y fermentación de dietas con diferentes tipos de materias primas fibrosas. Tesis de Maestría. Palmira, Colombia: Univ. Nacional de Colombia. 109 p.
22. **Zuloeta GL. 2014.** Compuestos fenólicos, tocoferoles, ácidos grasos, carotenoides, fitoesteroles y capacidad antioxidante de 16 cultivares de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 93 p.