

Evaluación de la digestibilidad *in vivo* y concentración energética de dietas para cerdos en crecimiento y ceba con inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia*

Evaluation of *in vivo* digestibility and energy concentration of diets for growing and fattening pigs including forage flour from *Tithonia diversifolia*

Nestor Vicente Acosta Lozano^{1*}, Pablo César Ortiz Nacaza², María Fernanda González Asencio³, Verónica Cristina Andrade-Yucailla¹

¹Universidad Estatal Península Santa Elena, Ecuador

²Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

³Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario – AGROCALIDAD, Ecuador

*

DOI: https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v4i1.593

Resumen

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Agropecuaria Andrade ubicadas en el cantón Pastaza. La zona de estudio se encuentra ubicada a 900 msnm, posee un clima subtropical húmedo, con una humedad relativa de 87 % y temperaturas que fluctúan entre 20 y 28 °C. Con el objetivo de evaluar la digestibilidad y concentración energética de cuatro dietas para cerdos, se determinó la digestibilidad de materia seca, proteína bruta, extracto etéreo, materia orgánica, energía bruta y energía digestible, para el estudio el forraje fue cosechado con una edad aproximada de 75 días, se utilizaron ocho cerdos machos castrados (60±5 kg de peso vivo) y se ofertó una dieta control y tres dietas experimentales con niveles de inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (0; 10; 15 y 20 %). Los animales estuvieron alojados en jaulas metabólicas individuales. El período de adaptación fue de siete días y diez días de recolección de heces. En el comienzo de cada período experimental, los animales fueron pesados para ajustar el consumo de alimento al nivel de 0.10 kg MS/^{kg}0.75. Las dietas empleadas en el estudio se formularon isoprotéicas e isoenergéticas. No se encontró diferencias significativas (p<0.05) entre las dietas para la digestibilidad del extracto etéreo y concentraciones energéticas. Los resultados obtenidos para las digestibilidades de las dietas fueron: energía bruta (0.75; 0.70; 0.70 y 0.68 %), materia seca (0.75; 0.69; 0.69 y 0.67 %), materia orgánica (0.75; 0.64; 0.54 y 0.64 %) y proteína bruta (0.74; 0.59; 0.57 y 0.57 %) en las dietas evaluadas, de acuerdo con los niveles de inclusión de la harina de *T. diversifolia*, respectivamente. Los niveles energéticos y la digestibilidad de la materia orgánica, sugieren que la harina de forraje de *T. diversifolia*, puede ser empleada en dietas para cerdos en crecimiento hasta un 15 % de inclusión y un 20 % para cerdos en crecimiento ceba.

Palabras clave: *Tithonia diversifolia*, concentración energética, digestibilidad *in vivo*, forraje.

Abstract

The research was carried out at the Andrade Agricultural-Farm facilities, located in the Pastaza canton. The study area, located at 900 meters above sea level (masl), has humid subtropical weather, with a relative humidity of 87%, and the temperatures fluctuate between 20 and 28°C. In order to evaluate the digestibility and energy concentration of four pigs' diets; dry matter digestibility, crude protein, ethereal extract, organic matter, and pure energy and digestible energy was determined. For this study, forage was harvested at approximately 75 days of maturity, using eight castrated male pigs (60±5 kg live weight). A control diet and three experimental diets were offered with inclusion *Tithonia diversifolia* forage meal at (0; 10; 15 and 20%) levels. The animals stayed in individual metabolic cages. The adaptation period was between seven and ten days of stool collection. At the beginning of each experimental period, the animals were weighed to adjust their feeding consumption to the 0.10 kg DM/kg0.75 level. The diets used in the study were iso-proteic and iso-energetic. There were no significant differences (p<0.05) found between the diets for ethereal extract digestibility and energy concentrations. The results obtained for diet digestibilities in the evaluated diets, according to the inclusion levels of *T. diversifolia* flour, were: crude energy (0.75; 0.70; 0.70 and 0.68 %), dry matter (0.75; 0.69; 0.69 and 0.67 %), organic matter (0.75; 0.64; 0.54 and 0.64 %) and crude protein (0.74; 0.59; 0.57 and 0.57 %), respectively. Energy levels and organic matter digestibility suggest the use of *T. diversifolia* forage flour in growing pigs' diets at up to 15% inclusion and up to 20% for fattening growing pigs.

Keywords: *Tithonia diversifolia*, energy concentration, *in vivo* digestibility, forage.

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos muy remotos, la humanidad ha usado los árboles para alimentar a sus familias y los animales sin embargo, a veces se especula en el forraje arbóreo y arbustivo como un alimento exclusivo para rumiantes [1]. En el mundo actual una de las limitantes que existe en las ganaderías, con prioridad en monogástricos, es la alimentación debido a la competitividad que existe entre los alimentos empleados en la alimentación del hombre, la producción de biocombustibles y la alimentación animal. El aumento de la población mundial y la alta demanda de alimentos, ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas de energía más baratas para la alimentación de cerdos [2], en Ecuador existen granjas tecnificadas en la producción porcina, aunque, la mayor parte de esta actividad está en manos de pequeños productores que buscan tener un ingreso adicional a las demás actividades que ellos realizan en los que se aprovechan los alimentos que ya no se utilizan en la alimentación humana, siendo esta producción porcina el 25.10 % del ganado total [3].

El aumento de la población mundial y la alta demanda de alimentos, causan un rápido incremento en su costo, lo que ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas de energía más baratas para la alimentación de cerdos [2]. La producción pecuaria en clima medio se ve afectada, entre otros factores, por la baja calidad nutritiva de los pastos, debido a las altas temperaturas y la alta radiación que las hace madurar y lignificarse muy rápido; adicionalmente, las condiciones edafoclimáticas restringen el cultivo de variedades con mejor perfil nutricional. [4].

En los tiempos actuales ha tomado un realce en la búsqueda de alimentos no convencionales para su uso como alternativas en la alimentación animal [5, 3].

En la región Amazónica ecuatoriana se favorece por su gran biodiversidad presentando una gran variedad de plantas forrajeras que aportan biomasa, proteína bruta y energía, entre otros nutrientes [6], varios estudios demuestran que dietas que incluyen biomasa vegetal constituyen una alternativa viable en la utilización de los recursos locales como fuente de alimentación en sustitución de alimentos convencionales, especialmente en regiones como la Amazonia [7] considerando que la alimentación de los porcinos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados de acuerdo a diversas características de los animales y de la unidad de producción porcina, [8, 9]. Con los expuestos este trabajo tiene como objetivo evaluar la digestibilidad in vivo y concentración energética en cerdos en crecimiento ceba con inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Agropecuaria Andrade ubicadas en el cantón Pastaza, provincia Pastaza, Ecuador. La zona de estudio se encuentra ubicada a 900 msnm, posee un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones anuales entre

4000 y 4500 mm, humedad relativa media de 87 % y temperaturas que fluctúan entre 20 y 28 °C (INAMHI, 2014)

Elaboración de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (HFTD). Para la elaboración de la harina del forraje de *Tithonia diversifolia* del estudio se procedió a cosechado de un cultivo establecido en el año 2017 con una edad de corte aproximado de 75 días posterior a esta acción se realizó un pre marchitamiento de 12 horas bajo cubierta y se secó en un secadero artesanal en forma de bombo con funcionalidad a gas licuado de petróleo durante dos horas a 70 °C de rotación continua, seguido se molido en un molino de martillo (Stihl, Ecuador) a un (1) mm de tamaño de partícula, se empacó en fundas herméticas hasta su utilización en la elaboración de la dieta y 500 gramos fue enviado al laboratorio para su análisis bromatológico.

TABLA I: Valoración nutricional de la harina de *Tithonia diversifolia*

VARIABLES	CANTIDAD
Proteína bruta (%)	22.50
Extracto etéreo (%)	19.23
Fibra cruda (%)	27.64
Humedad (%)	85.41
Cenizas (%)	3.75

Manejo de animales e instalaciones. Los animales se manejaron según las líneas directivas para Bienestar Animal de la República del Ecuador [10]. Para este estudio, se utilizaron ocho cerdos machos castrados de cruce comercial Landrace X Duroc Jersey de 60±5 kg de peso vivo, mismos que se les ofertó una dieta control y tres dietas experimentales con distintos niveles de inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (0; 10; 15 y 20 %). y El período de adaptación a las dietas fue de diez días y siete días de recolección de heces, y la recolección de datos se tomó a las 8:00 am una muestra fecal por medio del estímulo digital del ámpula rectal. Previo al inicio del período experimental, los animales fueron pesados para ajustar el consumo de alimento al nivel de 0.10 kg MS/ $kg^{0.75}$, según (NRC 2012) ofertado en dos raciones diarias. Se ofreció agua *ad libitum* a los animales.

Manejo de la alimentación. Se preparó las dietas y se formularon isoprotéicas e isoenergéticas (Tabla II) según las recomendaciones de la NRC (2012) para cerdos. Los tratamientos de estudio fueron en cuatro dietas: una dieta control T0 = 0 % de inclusión de HFTD, T1 = 10 % de inclusión de HFTD, T2 = 15 % de inclusión de HFTD y T3 = 20 % de inclusión de HFTD. Las dietas se formularon de acuerdo con la NRC (2012) para cerdos en ceba (tabla 1). Se ajustó el consumo de acuerdo con el peso vivo de los animales [11]. El alimento se proporcionó dos veces al día, a las 8:00 am y 2:00 pm, dividido en dos partes iguales.

TABLA II: Características de la dieta experimental (% en base seca)

Materias primas ¹	Niveles de inclusión de HVP (%) en la dieta			
	0	10	15	30
HFTD	0	10	15	20
Harina de maíz	74	64	59	54
Torta soya	10	10	10	10
Harina de trigo	7.36	7.36	7.36	7.36
Harina pescado	5	5	5	5
Grasa vegetal	0.5	0.5	0.5	0.5
Antioxidantes	0.03	0.03	0.03	0.03
Melaza	1	1	1	1
Sal común	0.2	0.2	0.2	0.2
Núcleo vitamínico	1.5	1.5	1.5	1.5
Antimicrobianos	0.03	0.03	0.03	0.03
Coccidiostatos	0.03	0.03	0.03	0.03
Carbonato de calcio	0.1	0.1	0.1	0.1
Monofosfato de calcio	0.05	0.05	0.05	0.05
Composición química (valores calculados)				
MS	88.74	88.25	88.45	88.27
PB	16.43	16.72	16.51	16.64
FB	4.34	3.95	4.72	4.27
EM (MJ/kg MS)	13.0	13.0	13.70	13.70

¹ HVP; harina de vísceras de pollo; Núcleo mínero vitamínico; [cobre (12.0 mg), hierro (135 mg), manganeso (6.16 mg), cinc (135 mg), selenio (0.30 mg), colina (886 mg), tiamina (3.5 mg), riboflavina (5.05 mg), Vitamina A (515 UI) y Vitamina E (33.2 mg)] Determinados en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Pichincha, Ecuador según U. Florida (1970) para la MS; materia seca; PB: proteína bruta y FB: fibra bruta; y acorde a U. Florida (1974) para la EM: energía metabolizable

Manejo de las muestras fecales. Las muestras fecales fueron almacenadas en congelación a -4 °C en un congelador Wer pool hasta el momento en que fueron utilizadas para su análisis, salvo en el caso del N, que se realizó inmediatamente después de ser colectadas. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador para el análisis proximal, determinándose según UFlorida (1970)[12]: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB: N x 6.25), fibra bruta (FB) y extracto etéreo (EE). Además, se determinó la energía bruta (EB), Energía Metabolizable (EM) y Energía digestible (ED) [13], así como la fibra neutra detergente, según Van Soest *et al.*, 1991[14].

Estadística. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, para el análisis de la comparación de medias se utilizó la dística Tukey (1949)[15], los datos obtenidos se procesaron por el paquete SPSS versión 21.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados se observan en la tabla III donde se evidencia una superioridad en los valores de la dieta control, en cuanto a la digestibilidad y concentración energética. No obstante, la mayoría de las dietas presentaron una digestibilidad *in vivo* de la MO superiores a 700 g/kg de MO, valores aceptables para cerdos en crecimiento-ceba [9]. En adición, Grageola *et al.*, (2019)[16], revelaron que la inclusión de cáscaras de aguacates de descarte determina disminución notable en la digestibilidad rectal de nutrientes de los alimentos cuando los cerdos se alimentan

con dietas que contienen este tipo de alimentos no convencionales y han sugerido que la voluminosidad de las dietas determinada esencialmente por la inclusión de material fibroso en las mismas, es una de las causas fundamentales en el incremento del material fecal excretado por los cerdos, además Grageola *et al.*, (2010)[17] no informaron diferencias entre las dietas que contenían 0 o 20% de pulpa de aguacate fresco, las diferencias encontradas en el presente estudio podrían atribuirse al relativamente alto contenido de la pared celular de la pasta de aguacate entero, que a su vez contenía sus semillas y cáscaras, y representan 14.3% de fibra cruda. Por otra parte, más evidencias experimentales apoyan el efecto negativo que causan en las dietas para cerdos [18, 19].

TABLA III: Digestibilidad *in vivo* y concentración energética de dietas conformadas con harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para cerdos

Indicadores ¹	Harina de <i>Tithonia diversifolia</i> (%)				EE±
	0	10	15	20	
DEB	0.75	0.64	0.54	0.64	0.001
DMS	0.73	0.62	0.57	0.54	0.007
DMO	0.74	0.67	0.64	0.62	0.006
DPB	0.74	0.59	0.57	0.57	0.007
DEE	0.41	0.38	0.36	0.34	0.012
ED, MJ/kgMS	15.3	12.5	12.1	11.7	0.16

¹ DEB: digestibilidad de la energía bruta; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DPB: digestibilidad de la proteína bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; ED: energía digestible

Las dietas control y experimental no difieren ($p < 0.05$) entre ellas para la digestibilidad del EE y concentraciones energéticas superiores a 13 MJ de ED/kgMS. Los resultados de digestibilidad de la MO son inferiores a los reportados con cerdos alimentados a base de maíz los que mostraron digestibilidad total de 870 gramos de MO/kgMO [20]. No existió efecto del animal ($p > 0.05$) sobre las variables estudiadas.

El óptimo desempeño productivo se debe al adecuado contenido de nutrientes de fácil asimilación que posee la dieta para la alimentación porcina [21], este hecho lo ratificaron Caicedo *et al.*, (2018)[22], quienes realizaron estudios de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta y energía bruta en cerdos de ceba y demostraron que la sustitución del maíz en 20 y 40% por harina de taro en la dieta no afectó el aprovechamiento de nutrientes en relación con la dieta basal de maíz y soya. Las consecuencias de incluir niveles importantes de forrajes en dietas para cerdos se han discutido en distintas oportunidades [7, 22].

IV. CONCLUSIONES

Finalmente, los niveles energéticos y de digestibilidad de la MO obtenidos, sugieren que la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* puede ser empleada en dietas para cerdos en crecimiento hasta un 15% de inclusión ascendiendo a 20% para cerdos de engorde y reproductores.

REFERENCIAS

- [1] J. Ly and P. Samkol, "Utilización del follaje de morera en la alimentación del ganado porcino en sistemas integrados tropicales," *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 48, no. 1, pp. 63–66, 2014.
- [2] J. Sánchez, W. Caicedo, E. Aragón, M. Andino, F. Bosques, M. I. Viamonte, and J. Ramírez, "La inclusión de la Colocasia esculenta (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba," *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 19, no. 4, pp. 1–5, 2018.
- [3] V. Andrade, R. L. Orozco, and J. C. Vargas, "Efecto de la frecuencia de corte en *Arachis pintoi* sobre el valor nutritivo de harinas para la alimentación de cerdos," *Zootecnia Trop*, vol. 34, no. 1, pp. 13–21, 2016.
- [4] G. A. Meza, N. J. Loor, A. R. Sánchez, J. H. Avellaneda, C. J. Meza, D. F. Vera, and M. G. Cabanilla, "Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus)," *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol. 61, pp. 258–269, oct 2014.
- [5] A. M. Gabbi, C. M. McManus, A. V. Silva, L. T. Marques, M. B. Zanela, M. P. Stumpf, and V. Fischer, "Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies," *Agricultural Systems*, 2013.
- [6] H. O. Olivares, "Evaluación técnica y económica de tres niveles de adición de morera (*Morus alba*) en alimento para cerdos," 2010.
- [7] V. Andrade-Yucailla, J. C. Vargas-Burgo, N. Acosta-Lozano, and R. Lima-Orozco, "Traits of performance and carcass of pigs fed *Arachis pintoi* forage meal under Ecuadorian Amazon conditions," *Cuban Journal of Agricultural Science*, 2016.
- [8] B. García and J. Ly, "Efecto de la frecuencia de muestreo fecal sobre la digestibilidad rectal de cerdos alimentados ad libitum," *Revista Cubana de Ciencias Veterinarias*, vol. 32, no. 1, p. 1, 2011.
- [9] A. R. B. Marcelo, D. A. Lazo, and B. Buendía, "Evaluación de alternativas alimenticias de cerdos en crecimiento en el valle de oxapampa, pasco," *Avances*, vol. 21, no. 3, pp. 356–366, 2019.
- [10] AGROCALIDAD, "Manual de aplicabilidad de buenas prácticas porcícolas," 2017.
- [11] H. Santiago Rostagno, "Tablas brasileñas para aves y cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales," 2005.
- [12] Universidad de Florida, *Protocolos para determinar los contenidos de materia seca, materia orgánica, proteína bruta y extracto etéreo*. 1970.
- [13] CIMMYT, *Protocolos para determinar los contenidos de aminoácidos, energía, digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica*. 1985.
- [14] P. J. Van Soest, J. B. Robertson, and B. A. Lewis, "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition," *Journal of Dairy Science*, 1991.
- [15] J. W. Tukey, "Comparing Individual Means in the Analysis of Variance," *Biometrics*, 1949.
- [16] F. Grageola, C. Lemus, C. Rodríguez, J. L. Ponce, and J. Ly, "Digestibility indices in pigs fattened ad libitum with diets based on cereals and fresh paste of discarded entire avocados," *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 53, no. 4, 2019.
- [17] F. Grageola, L. Sangines, C. Díaz, A. Gómez, M. Cervantes, C. Lemus, and J. Ly, "The effect of breed and dietary level of avocado fat on the N and energy balance in young pigs," *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2010.
- [18] P. Fránquez, F. Grageola, C. Lemus, G. Rodríguez, J. Ponce, and J. Ly, "Digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos engordados ad libitum con dietas de pasta de aguacate entero de desecho," in *VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*, 2018.
- [19] F. Grageola, P. Fránquez, G. Rodríguez, C. Lemus, and J. Ly, "Balance de energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pasta de aguacate muy bajas en energía," in *VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*, 2018.
- [20] E. K. D. Nyannor, S. A. Adedokun, B. R. Hamaker, G. Ejeta, and O. Adeola, "Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks," *Journal of Animal Science*, 2007.
- [21] R. G. Aragadvay-Yungán, O. P. Núñez-Torres, G. P. Velástegui-Espín, L. A. Villacís-Aldaz, and J. R. Guerrero-López, "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*, 2016.
- [22] W. Caicedo, J. C. Vargas, H. Uvidía, E. Samaniego, S. Valle, and L. Flores, "Effect of taro tubers (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) silage on the productive performance of commercial pigs. Technical note," *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol. 52, jun 2018.

Recibido: 25 de septiembre de 2019

Aceptado: 5 de febrero de 2020

