

Digestibility indices in pigs fattened *ad libitum* with diets based on cereals and fresh paste of discarded entire avocados

Índices de digestibilidad en cerdos en ceba *ad libitum*, con dietas basadas en cereales y pasta de aguacates enteros frescos de descarte

F. Grageola¹, C. Lemus¹, G. Rodríguez¹, J.L. Ponce^{1,2} and J. Ly^{1,3}

¹ Faculty of Veterinary Medicine, Autonomous University of Nayarit. Compostela, Nayarit, Mexico

² High School of Veterinary Medicine and Zootechnia Number 2, Autonomous University of Guerrero, Mexico

³ Institute of Animal Science, San José de las Lajas, P.O. Box 24, San José de las Lajas, Cuba

Email: fgrageola@uan.edu.mx

Rectal digestibility of nutrients was determined in 16 crossbred pigs, castrated males and females in equal proportion, and averaging 115 kg live weight. The animals were allotted at random into two groups with an initial live weight of 67 kg and were fed, on an *ad libitum* basis, either 0 or 21% fresh paste of discarded entire avocados (*Persea americana* Mills) of Hass variety from Nayarit, Mexico, consisting of seeds, peels and pulp of discarded ripe fruits which were mixed and ground with the other ingredients of the diet. The fresh paste of discarded entire avocados contained 14.3 % crude fibre, 49.1 % crude fat and 9.0 % crude protein (Nx6.25) on a dry basis. The diet containing 21 % of avocados determined a significant ($P < 0.05$) decrease of rectal digestibility of DM, organic matter and crude fibre (81.4, 83.9 and 27.4 %, respectively) with respect to the control diet (84.3, 86.9 and 36.4 %, respectively) but it was not true neither for rectal N digestibility (78.2 and 83.2 %; $P > 0.10$) nor for acidified ether extract digestibility (65.3 and 83.0%; $P = 0.001$). There was a significant ($P = 0.049$) trend toward an increase in fecal output of materials (614 and 740 g fresh material/kg DM intake). The majority of digestive indices were significantly ($P < 0.05$) correlated among them. A suggestion is made to study procedures allowing the increase in indices of rectal digestibility in pigs fed on fresh paste of discarded entire avocados.

Key words: pigs, rectal digestibility, fecal output, tropical fruit, *Persea americana* Mills

In contrast with what occurs with other sources of vegetable fat such as canola meal (Myer *et al.* 1992), palm oil (Ocampo and Lean 1999) and corn oil (Kil *et al.* 2010), among others, there are scanty information concerning the feeding and nutritive value of diets rich in fat for pigs, due to the use of avocado (*Persea americana* Mills) products (Grageola 2010 and Grageola *et al.* 2010), in spite that discarded avocados have envisaged as a potential source of energy for feeding pigs (Carter 2015 and Dione *et al.* 2015). In this connection, it was found that nutrient digestibility at the rectal site of this type of feed was relatively high, when avocado pulp (Grageola *et al.* 2010), but not the entire fruit (Ly *et al.* 2015) was offered to pigs.

In this context, the use of the discarded entire fruit should be an interesting alternative for animal feeding, since the separation of the fruit pulp from seed and peel (Grageola 2010) is not practical. On the other hand,

Se determinó la digestibilidad rectal de los nutrientes en 16 cerdos cruzados, hembras y machos castrados en igual proporción, con un promedio de 115 kg de peso vivo. Los animales se asignaron al azar en dos grupos con peso vivo inicial de 67 kg y se alimentaron *ad libitum* con 0 % o 21 % de pasta de aguacates frescos (*Persea americana* Mills) enteros de descarte de la variedad Hass de Nayarit, México. La pasta estaba compuesta de semillas, cáscaras y pulpa de frutos maduros desechados que se mezclaron y molieron con los otros ingredientes de la dieta. Esta pasta de aguacates enteros frescos de descarte contenía 14.3 % de fibra cruda, 49.1 % de grasa cruda y 9.0 % de proteína cruda (Nx6.25) en base seca. La dieta que contenía 21 % de aguacates determinó disminución significativa ($P < 0.05$) de la digestibilidad rectal de MS, materia orgánica y fibra bruta (81.4, 83.9 y 27.4 %, respectivamente) con respecto a la dieta de control (84.3, 86.9 y 36.4 %, respectivamente) pero no fue así para la digestibilidad rectal de N (78.2 y 83.2 %; $P > 0.10$) ni para la digestibilidad del extracto etéreo acidificado (65.3 y 83.0 %; $P = 0.001$). Hubo tendencia significativa ($P = 0.049$) hacia el un aumento de la producción fecal de materiales (614 y 740 g de material fresco/kg de consumo de MS). La mayoría de los índices digestivos se correlacionaron significativamente ($P < 0.05$) entre ellos. Se sugiere estudiar procedimientos que permitan el aumento de los índices de digestibilidad rectal en cerdos alimentados con pasta de aguacates enteros frescos de descarte.

Palabras clave: cerdos, digestibilidad rectal, producción fecal, frutas tropicales, *Persea americana* Mills

A diferencia de lo que ocurre con otras fuentes de grasa vegetal, como la harina de canola (Myer *et al.* 1992), el aceite de palma (Ocampo y Lean 1999) y el aceite de maíz (Kil *et al.* 2010), entre otros, hay poca información sobre la alimentación y el valor nutritivo de las dietas ricas en grasas para cerdos, debido al uso de productos de aguacate (*Persea americana* Mills) (Grageola 2010 y Grageola *et al.* 2010), a pesar de que los aguacates descartados se han considerado como una fuente potencial de energía para la alimentación de cerdos (Carter 2015 and Dione *et al.* 2015). A este respecto, se encontró que la digestibilidad de los nutrientes de este tipo de alimento, en el área rectal, era relativamente alta, cuando se le ofrecía a los animales la pulpa de aguacate (Grageola *et al.* 2010), pero no toda la fruta (Ly *et al.* 2015).

En este contexto, el uso de la fruta entera desechada debe ser una alternativa interesante para la alimentación animal, ya que no es práctico la separación de la pulpa de la fruta de la semilla y la cáscara (Grageola 2010).

avocado seeds and peels disposal should create a new problem of environmental pollution, in those sites where either fruit processing plants of great markets are placed. Instead, it has been found that the fresh and ground fruit, in form of fresh avocado paste, could be mixed with the other diet components and given as such to pigs (Fránquez *et al.* 2017). However, in the knowledge of the authors, there are not available data concerning digestibility indices related to the use of the entire, ground and fresh discarded avocado fruits in form of paste, for feeding pigs.

The objective of the present study was to report experimental data concerning rectal digestibility and fecal output of fattening pigs given avocado paste as energy source.

Materials and Methods

Sixteen Yorkshire x Landrace pigs, castrated males and females in equal proportion and averaging 67.0 kg initial weight, were allotted at random into two treatments consisting in cereal based diets formulated to contain 0 and 21 % fresh entire avocado (*Persea americana* Mills) paste. The fruit were of the Hass variety, from Nayarit, Mexico. The paste was composed of the entire, discarded and ripe fruits and contained crude fiber, 14.31 %, ether extract, 49.14 % and crude protein, 9.16 % in dry basis, respectively. The characteristics of the diets are shown in table 1.

The animals were housed individually in pens with cement floor and provided of a feeding trough and a drinker. These pens were located in a ventilated pig house. The entire avocado fresh paste was mixed

Por otro lado, la eliminación de las semillas y cáscaras de aguacate crearía un nuevo problema de contaminación ambiental, en aquellos sitios donde se ubican las plantas procesadoras de fruta de los grandes mercados. En cambio, se ha encontrado que la fruta fresca y molida, en forma de pasta de aguacate fresco, podría mezclarse con los otros componentes de la dieta y administrarse como tal a los cerdos (Fránquez *et al.* 2017). Sin embargo, según el conocimiento de los autores, no hay datos disponibles sobre los índices de digestibilidad relacionados con el uso de los aguacates descartados enteros, frescos y molidos en forma de pasta, para la alimentación de cerdos.

El objetivo de la presente investigación fue informar datos experimentales sobre la digestibilidad rectal y la producción fecal de cerdos de engorde que reciben pasta de aguacate como fuente de energía.

Materiales y Métodos

Dieciséis cerdos Yorkshire x Landrace, machos castrados y hembras en igual proporción y con un promedio de peso inicial de 67 kg, se asignaron al azar en dos tratamientos que consistían en dietas basadas en cereales formuladas para contener 0 y 21 % de pasta de aguacate entero fresco (*Persea americana* Mills). Los frutos fueron de la variedad Hass, de Nayarit, México. La pasta estaba compuesta por frutas enteras, maduras y desechadas, y contenía fibra cruda (14,31 %), extracto etéreo (49,14 %) y proteína cruda (9,16 %) en base seca, respectivamente. Las características de las dietas se muestran en la tabla 1.

Los animales se alojaron individualmente en corrales con piso de cemento y provistos de un comedero y un

Table 1. Composition of the diet (in dry basis)

	Fresh entire avocado paste, %	
	0	21
Ingredients, %		
Soy bean meal	15.5	16.6
Sorghum meal	81.5	60.0
Fresh avocado paste	-	21.0
CaPO ₄ H ₂ O	1.0	0.8
CaCO ₃	0.5	0.4
NaCl	0.5	0.4
Vitamins and trace elements ¹	1.0	0.8
Chemical composition		
DM	86.58	58.24
DM basis, %		
Ash	4.23	4.38
Organic matter	95.77	95.62
Crude fiber	3.01	5.77
Crude fat	3.16	14.51
Nitrogen free extract	76.16	61.25
Nx6.25	13.44	13.94
Energy, kjoule/g DM	18.54	20.53

¹Following NRC (2012) recommendations

with the other dry components during milling the diet every three days, and thereafter was given *ad libitum* to the animals. After 49 days on test, when the animals attained on average 115 kg live weight, a fecal, sampling was conducted in order to determine rectal digestibility of nutrients by the indirect method (Van Keulen and Young 1977). Fecal samples were conveniently homogenized and frozen at -20 °C until analysis.

In the thawed samples, DM, ash, crude fibre and N were determined in feed and feces following AOAC (2005) recommendations. The acidified ether extract procedure was used to determine crude fat. Acid insoluble ash was estimated following Van Keulen and Young (1977) recommendations. The digestibility per se of the fresh entire avocado paste was calculated by the method of difference (Crampton and Harris 1969) assuming that there were no interactions among the different compounds of the dietary formula. The fecal output of materials was identified taking into account the indigestibility indices of the diets (100 - DM digestibility, in %), following to Ly *et al.* (1998).

Data corresponding to nutrient digestibility and fecal output of materials of the two diets were compared and subjected to one-way analysis of variance for the means comparison and the level of significance was identified as $P < 0.05$ (Steel *et al.* 1997). In the required cases, the matrix of correlation of Pearson was utilized to explore the presence of interdependence among several digestive indices. All data were processed using procedures of the statistical package of SAS (1999).

Results and discussion

Table 2 lists data concerning rectal digestibility of nutrients. The diet containing 21 % of avocados determined a significant ($P < 0.05$) decrease of rectal digestibility of DM, organic matter and crude fibre (81.4, 83.9 and 27.4 %, respectively) with respect to the control diet (84.3, 86.9 and 36.4 %, respectively) but it was not true neither for rectal N digestibility (78.2 and 83.2 %; $P > 0.10$) nor for acidified ether

bebedero. Estos corrales estaban ubicados en una nave de cría ventilada. La pasta de aguacate fresco entero se mezcló con los otros componentes secos durante la molienda de la dieta cada tres días, y después se administró a los animales a voluntad. Después de 49 días en la prueba, cuando los animales alcanzaron un peso vivo promedio de 115 kg, se realizó el muestreo fecal para determinar la digestibilidad rectal de los nutrientes mediante el método indirecto (Van Keulen y Young 1977). Las muestras fecales se homogeneizaron convenientemente y se congelaron a -20 °C hasta el análisis.

En las muestras descongeladas, se determinó la MS, ceniza, fibra bruta y N en el alimento y las heces siguiendo las recomendaciones de AOAC (2005). El procedimiento de extracto etéreo acidificado se utilizó para determinar la grasa cruda. La ceniza insoluble en ácido se estimó de acuerdo con Van Keulen y Young (1977). La digestibilidad per se de la pasta de aguacate fresco entero se calculó por el método de diferencia (Crampton y Harris 1969), suponiendo que no hubo interacciones entre los diferentes compuestos de la fórmula de la dieta. La producción fecal de los materiales se identificó teniendo en cuenta los índices de indigestión de las dietas (100 - digestibilidad de MS, en %), según Ly *et al.* (1998).

Los datos correspondientes a la digestibilidad de los nutrientes y la producción fecal de los materiales de las dos dietas se compararon y se sometieron a análisis de varianza simple para la comparación de medias, y el nivel de significación se identificó como $P < 0,05$ (Steel *et al.* 1997). En los casos requeridos, se utilizó la matriz de correlación de Pearson para explorar la presencia de interdependencia entre varios índices digestivos. Todos los datos se procesaron utilizando los procedimientos del paquete estadístico de SAS (1999).

Resultados y Discusión

La tabla 2 enumera los datos relacionado con la digestibilidad rectal de los nutrientes. La dieta que contenía 21% de aguacate determinó disminución significativa ($P < 0.05$) de la digestibilidad rectal de la MS, materia orgánica y fibra cruda (81.4, 83.9 y 27.4 %, respectivamente) con respecto a la dieta de control

Table 2. Nutrient rectal apparent digestibility in fattening pigs fed fresh entire avocado paste based diets

	Fresh entire avocado paste, %		SE ±	P
	0	21		
Number of animals	8.0	8.0	-	
Rectal digestibility, %				
Dry matter	84.3	81.4	1.25	0.002
Ash	32.7	39.9	0.23	0.001
Organic matter	86.9	83.9	1.34	0.002
Crude fiber	36.4	27.4	4.15	0.049
Acidified ether extract	65.5	83.0	4.00	0.001
NFE	90.1	85.0	1.11	0.001
Crude protein	83.2	78.2	3.10	0.152

extract digestibility (65.3 and 83.0 %; $P=0.001$). In the particular case of the acidified ether extract, the diet containing 21% of fresh avocado paste showed a very high rectal digestibility.

Since Grageola *et al.* (2010) did not report any difference between diets containing either 0 or 20 % of fresh avocado pulp, the differences encountered in the herein described findings could be attributed to the relatively higher cell wall content of the fresh entire avocado paste, which in turn contained avocado seeds and peels, accounting for some 14.3 % crude fibre. In this connection, Ly *et al.* (2015) noted low rectal digestibility of avocado seeds and peels as compared to avocado pulp, when in situ digestibility of these products were investigated by the mobile nylon bag technique used in pigs. On the other hand, more experimental evidences support the depressive effect caused by peels and seeds from avocados when these materials are included in pig diets (Fránquez *et al.* 2018 and Grageola *et al.* 2018).

Calculations of rectal digestibility of nutrients of fresh avocado paste in pigs, as measured by difference (Crampton and Harris 1969) are listed in table 3. These results indicated that the acidified ether extract exhibited a high rectal digestibility in pigs fed on fresh avocado paste. In comparison, N and crude fibre digestibility showed relatively low values.

Table 3. Nutrient digestibility values of fresh entire avocado paste in pigs (in percent)

	x	SE ±
n	8.0	
Dry matter	74.0	12.1
Ash	67.1	15.5
Organic matter	77.0	13.4
Crude fibre	31.4	18.8
Acidified ether extract	80.3	13.3
N	50.0	7.7

The negative influence of crude fibre on rectal digestibility of several nutrients is well known (Le Goff *et al.* 2002, Hansen *et al.* 2006, Bindelle *et al.* 2008 and Wenjuan *et al.* 2013), and results concerning rectal digestibility of fresh entire avocado paste could be explained by the high level of crude fibre noted in this avocado product. These results were not found by Grageola *et al.* (2010), in growing pigs fed with fresh avocado pulp, with very low in cell wall content. In the particular case of the rectal digestibility of the fat fraction, pigs fed on fresh entire avocado paste based diets did not appear to be negatively influenced by the fibre fractions in the feed. This contradictory result could be in line with some indications suggesting variable consequences of fat digestibility in dependence of the nature and amount of fibre in the diet (Kil *et al.* 2010

(84.3, 86.9 y 36.4%, respectivamente), pero no fue así para la digestibilidad rectal de N (78.2 y 83.2 %; $P>0.10$) ni para la digestibilidad del extracto etéreo acidificado (65.3 y 83.0 %; $P = 0.001$). En el caso particular del extracto etéreo acidificado, la dieta que contenía 21 % de pasta de aguacate fresco mostró digestibilidad rectal muy alta.

Debido a que Grageola *et al.* (2010) 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. En este sentido, Ly *et al.* (2015) notaron baja digestibilidad rectal de las semillas y cáscaras de aguacate en comparación con la pulpa, cuando se investigó la digestibilidad in situ de estos productos mediante la técnica de bolsa de nailon móvil utilizada en cerdos. Por otra parte, más evidencias experimentales apoyan el efecto negativo que causan las cáscaras y las semillas de aguacate cuando estos materiales se incluyen en las dietas para cerdos (Fránquez *et al.* 2018 y Grageola *et al.* 2018).

Los cálculos de la digestibilidad rectal de los nutrientes de la pasta de aguacate fresco en cerdos, medidos por la diferencia (Crampton y Harris 1969) se muestran en la tabla 3. Estos resultados indican que el extracto etéreo acidificado

exhibió alta digestibilidad rectal en cerdos alimentados con pasta de aguacate fresco. En comparación, la digestibilidad de fibra cruda y N mostró valores relativamente bajos.

La influencia negativa de la fibra cruda en la digestibilidad rectal de varios nutrientes es muy conocida (Le Goff *et al.* 2002, Hansen *et al.* 2006, Bindelle *et al.* 2008 y Wenjuan *et al.* 2013), y los resultados acerca de la digestibilidad rectal de la pasta de aguacate fresco entero como tal, podría explicarse por el alto nivel de fibra cruda que se observa en este producto. Estos resultados no se encontraron en estudios de Grageola *et al.* (2010), en cerdos en crecimiento alimentados con pulpa de aguacate fresco, con muy bajo contenido de pared celular. En el caso particular de la digestibilidad rectal de la fracción de grasa, los cerdos alimentados con dietas basadas en pasta de aguacate fresco entero no parecían estar influenciados

and Wenjuan *et al.* 2013).

In this research, it was encountered that all measured digestive indices were significantly ($P < 0.05$) correlated among them, except crude fibre and N rectal digestibility (table 4). In particular, DM and organic matter digestibility had the highest R values as it has been often found elsewhere (Ly 2008), therefore suggesting that rectal DM digestibility can predict more accurately digestive utilization of energy, as compared to that protein.

negativamente por las fracciones de fibra del alimento. Este resultado contradictorio podría estar relacionado con algunas indicaciones que sugieren consecuencias variables de la digestibilidad de las grasas en función del tipo y la cantidad de fibra en la dieta (Kil *et al.* 2010 y Wenjuan *et al.* 2013).

En esta investigación se encontró que todos los índices digestivos medidos estaban significativamente correlacionados ($P < 0.05$) entre ellos, excepto la fibra cruda y la digestibilidad rectal de N (tabla 4).

Table 4. Pearson correlation matrix for digestibility indices of finishing pigs fed diets of fresh entire avocado paste (n = 16)

	DMD	OMD	CFD
DMD			
OMD	0.999		
CFD	0.732	0.729	
ND	0.711	0.711	0.377

DMD, OMD, CFD and ND express DM, organic matter, crude fibre and N rectal digestibility in the same order. For details, see text

$P < 0.05$ for $r > 0.502$ in absolute values

Table 5 shows rectal output of materials in the pigs. There was a not significant ($P = 0.050$) trend toward an increase in rectal output of fresh materials, 614 and 740 g/kg DM intake. The same effect of the introduction of fresh avocado paste in the diet was observed for dry material and water in feces was noted, whereas fecal N output was significantly ($P = 0.001$) higher in pigs fed the fruit paste when compared to the animals of the other treatment. Overall, this same relationship has been observed in animals fed conventional diets (Van Thi Khanh Vu *et al.* 2008). The increase in rectal output of materials in pigs fed a fresh avocado paste could be a consequence of the increase in the crude fibre content of the diet. Besides, it has been found that dietary fat may reduce DM, organic matter and energy in the pig (O'Doherty *et al.* 2002 and Leek *et al.* 2004), probably due to a decrease in microbial activity in the large intestine (Lewis *et al.* 2001). Therefore, the increase in fecal output of materials could be present in individuals fed avocado products, rich in fat and indigestible fiber. In this sense, the manipulation of animal excreta could be of practical interest in order for manure disposal, either in integrated, small farming system or in large populations of pigs subjected to an industrial mode or production.

The current research revealed that the inclusion of peel and seeds from discarded avocados determines a noteworthy decrease in rectal nutrient digestibility of feeds when pigs are fed on diets containing this type of non-conventional feedstuff. A suggestion is made

Específicamente, la digestibilidad de la MS y la materia orgánica tuvieron los valores más altos de R como se ha encontrado a menudo en otros lugares (Ly 2008), por lo que sugiere que la digestibilidad rectal de la MS puede predecir la utilización digestiva de la energía con mayor precisión, en comparación con esa proteína.

La tabla 5 muestra la salida rectal de los materiales en los cerdos. Hubo tendencia no significativa ($P = 0.050$) hacia el aumento de la producción rectal de materiales frescos, 614 y 740 g/kg de consumo de MS. Se observó el mismo efecto de la introducción de pasta de aguacate fresco en la dieta para el material seco y se encontró agua en las heces, mientras que la producción de N fecal fue significativamente mayor ($P = 0,001$) en los cerdos alimentados con pasta de frutas en comparación con los animales del otro tratamiento. En general, esta misma relación se ha observado en animales alimentados con dietas convencionales (Van Thi Khanh Vu *et al.* 2008). El aumento en la producción rectal de materiales en cerdos alimentados con pasta de aguacate fresco podría ser una consecuencia del aumento del contenido de fibra cruda de la dieta. Además, se ha encontrado que la grasa dietética puede reducir la MS, la materia orgánica y la energía en el cerdo (O' Doherty *et al.* 2002 y Leek *et al.* 2004), probablemente debido a disminución de la actividad microbiana en el intestino grueso (Lewis *et al.* 2001). Por lo tanto, el aumento en la producción fecal de materiales podría estar presente en individuos alimentados con productos de aguacate, ricos en grasa y fibra no digerible. En este sentido, la manipulación de excrementos animales podría ser de interés práctico para la eliminación de estiércol, ya sea en pequeños sistemas

Table 5. Fecal output of materials in finishing pigs fed fresh entire avocado paste based diets

	Fresh avocado paste, %		SE ±	P
	0	21		
Number of animals	8.00	8.00	-	
Fecal DM, %	25.78	25.12	0.79	0.233
Fecal N, % DM	1.91	2.07	0.22	0.454
Fecal output, g/kg DM intake				
Fresh material	614.00	740.00	61.00	0.050
Dry matter	157.00	186.00	13.00	0.050
Water	457.00	554.00	49.00	0.050
N	3.12	4.89	0.50	0.001

to study procedures, as those described by De Vriesa *et al.* (2012), then allowing to increase indices of rectal digestibility in pigs fed on fresh paste of entire avocados.

integrados de cultivo o en grandes poblaciones de cerdos sometidos a una producción industrial.

La investigación actual reveló que la inclusión de cáscaras y semillas 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. Se sugiere estudiar los procedimientos, como los descritos por De Vriesa *et al.* (2012), permitiendo entonces aumentar los índices de digestibilidad rectal en cerdos alimentados con pasta de aguacates enteros frescos.

References

- AOAC. 20057. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18th Edition. Gaithersburg (Maryland), ISBN: 0935584757.
- Bindelle, J., Leterme, P. & Buldgen, A. 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 12:313-324. ISSN: 1370-6233. <http://hdl.handle.net/2286/14202>.
- Carter, N.A. 2015. Enhancing pig productivity on East African smallholder farms. PhD Thesis. The University of Guelph. Guelph, pp 296.
- Crampton, E.W. & Harris, LE. 1969. *Applied Animal Nutrition. The Use of Feedstuffs in Formulation of Livestock Rations*. W.H. Freeman. San Francisco, pp 753. ISBN: 9780716708148
- De Vriesa, S., Pustjensb, A.M., Scholsb, H.A., Hendriksa, W.H. & Gerrits, J.J. 2012. Improving digestive utilization of fiber-rich feedstuffs in pigs and poultry by processing and enzyme technologies: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 178:123-138. ISSN: 0377-8401. <http://10.1016/j.anifeedsci.2012.10.004>.
- Dione, M.M., Kyal, G., Mayega, I., Nadiope, G. & Lukuyu, B. 2015. Perception and practices of farmers on the utilization of sweet potato and other root tubers, and banana for pig feeding in smallholder crop-livestock systems in Uganda. *Livestock Research for Rural Development*. 27(11); article #226, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd2711/ly27226.html>.
- Fránquez, P., Grageola, F., Lemus, C., Rodríguez, G., Ponce, J.L. y Ly, J. 2018. Digestibilidad rectal de nutrientes eb cerdos engordados ad libitum con dietas de pasta de aguacate entero de desecho. In. VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana. ISBN 9789 969 31 31
- Fránquez, P., Rodríguez, G., Lemus, C., Grageola, F. y Ly, J. 2017. Performance traits and indices of the intake pattern of fattened pigs with fresh paste of whole avocado. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51(3):329-336 ISSN: 0034-7485.
- Grageola, F. 2010. Aprovechamiento del aguacate de desecho en la alimentación del cerdo Pelón Mexicano y del cerdo comercial. MSc. Thesis. University of Nayarit. Tepic, pp 68
- Grageola, F., Fránquez, P., Rodríguez, G., Lemus, C. y Ly, J. 2018. Balance de energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pasta de aguacate muy bajas en energía. VI Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana. ISBN 9789 969 31 31
- Grageola, F., Sanginés, L., Díaz, C., Gómez, A., Cervantes, M., Lemus, C. & Ly, J. 2010. The effect of breed and dietary level of avocado fat on the N and energy balance in young pigs. *Journal of Animal and Feed Science*. 19:37-49. ISSN: 1230-1388. DOI:10.22358/jafs/6626812010
- Hansen, M.J., Chwalibog, A., Tauson, A.H. & Sawosz, E. 2006. Influence of different fibre sources on digestibility and nitrogen and energy balance in growing pigs. *Archives of Animal Nutrition (Berlin)*. 60:390-401. ISSN: 1477-2817. DOI: 10.1080/17450390600884385.
- Kil, D.Y., Sauber, T.E., Jones, D.B. & Stein, H.H. 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral

- detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility Mc Mof fat by growing pigs. *Journal of Animal Science*. 88:2959-2967. ISSN 1525-3163. Doi: 10.2527/ies.200p-2216.
- Leek, A.B.G., Beattle, V. E. & O'Doherty, J. V. 2004. The effects of dietary oil inclusion and oil source on apparent digestibility, faecal volatile fatty acid concentration. *Animal Science*. 79(1):155-164. ISSN: 1748-748x. DOI: <http://doi.org/10.1017/S135772980005452x>.
- Lewis, F.J., McEvoy, J., Smiths, S., Henry, R.W. & McCracken, K.J. 2001. The effect of different levels of fat inclusion and cereal type on digestibility parameters for pigs. In: *Digestive Physiology of Pigs* (E. Lindberg and B. Ogle, editors). Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, p 166-168. ISBN: 085195179.
- Le Goff, G., Van Milgen, J. & Noblet, J. 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. *Animal Science*. 74:503-515. ISSN: 1627-3591. DOI: 10.1051/animres: 2002019.
- Ly, J., 2008. *Fisiología Nutricional del Cerdo* (J. Ly y C. Lemus, editores). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic. Pp. 165. ISBN: 968-833-077-09.
- Ly, J., Bugarin, J., Alonso-Spillbury, M.I., Rodríguez, J.G., Orozco, V. & Lemus, C. 2015. Uso de la técnica de la bolsa de nylon móvil para medir digestibilidad in situ de algunos insumos y aguacate en cerdos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18(2):221-229. ISBN: 1870-0462. <http://www.redalyc.org/articulo.0.00?id93941388008>.
- Ly, J., Reyes, J.L., Macías, M., Martínez, V., Domínguez, P.L. 1998. Ileal and total tract digestibility of leucaena meal (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 30(2):265-273. ISSN: 0377-8401. [http://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01106-6](http://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01106-6).
- Myer, R.O., Lamkey, J.W., Walker, W.R., Brendemuhl, J.H. & Combs, G.E. 1992. Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. *Journal of Animal Science*. 70:1417-1423. ISSN: 1525-3163. <http://doi.org/10.2527/1442.7051417x>.
- NRC. 2012. *Nutrient Requirement of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press. Washington, District of Columbia, pp. 400
- O'Doherty, V.O. McGlynn, S.G. & Murphy, E. 2002. The influence of fibre level and fat supplementation in expander-processed diets on grower-finisher pig performance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(8):1036-1043. ISSN: 1097-0010. <http://doi.org/10.1002/jsfa.1142>.
- Ocampo, A. & Lean, I.J. 1999. Palm oil (*Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*), an efficient and sustainable energy source in pig production. A review. *Pig News and Information*. 20:89-96. ISBN: 0143-9014.
- SAS. 1999. *SAS/STAT User's Guide*. Release 6.12. Statistical Analysis System (SAS) Institute In Company. Cary (North Caroline), electronic version available in compact disc.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. & Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. McGraw-Hill Book Company In Company (3rd edition). Toronto, pp. 666. ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Van Keulen, J. & Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44:282-287. ISSN: 1525-3163. <http://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>.
- Van Thi Khanh Vu, Prapasongsa, T., Poulsen, H.D. & Jorgensen, H. 2008. Prediction of manure nitrogen and carbon output from grower-finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 151:97-110. ISSN: 0377-8401. doi:10.1016/j.animfeedsci.2008.10.008.
- Wenjuan, Zh., Defa, L., Ling, L., Jianjun., Qiwu, D., Wenjun, Y. & Liying, Zh. 2013. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 4:17-23. ISSN: 2049-1891. <http://www.jasbsci.com/content/4/1/17>.

Received: July 18, 2019