

***Albizia lebbbeck* (L.) Benth foliage to feed pigs. 2. Total tract digestibility and fecal output materials**

Follaje de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. para alimentar cerdos. 2. Digestibilidad del tracto total y salida fecal de materiales

Grageola, F.¹, Ly, J.^{1,2}, Caro, Y.², Lemus, C.¹, Mireles, S.^{3*}

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Compostela, Nayarit, México. ² Instituto de Ciencia Animal. Apartado No. 24, San José de las Lajas, Cuba.

³ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara. Camino del Astillero. Zapopan, Jalisco, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Grageola, F., Ly, J., Caro, Y., Lemus, C., Mireles, S. (2022). *Albizia lebbbeck* (L.) Benth foliage to feed pigs. 2. Total tract digestibility and fecal output materials. *Revista Bio Ciencias* 9, e1195. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1195>



ABSTRACT

Were determined total tract digestibility (TTD) indices in type B sugar cane molasses and soybean meal diets (67.6/30.4 %, dry matter), formulated to contain 0, 5, 10 or 15 % of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth foliage meal, offered completely randomized to 32 pigs of 30 kg live weight. The dry matter, organic matter and energy TTD indices decreased significantly ($p = 0.001$) with increasing as the proportion of foliage in the feed increased. The crude fiber and acid detergent fiber (ADF) had similar results, but not neutral detergent fiber (NDF). The calculation of protein and energy TTD indices, made by difference had values of 71.7 and 57.6 %, respectability, in albizia foliage meal. The intake 15 % of albizia foliage meal in diet offered *ad libitum* to growing

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: May 05th 2021.

Accepted/Aceptado: January 18th 2022.

Available on line/Publicado: February 07th 2022.

RESUMEN

Se determinaron índices de digestibilidad del tracto total (TTD) en dietas de miel de caña de azúcar del tipo B y harina de soya (67.6/30.4 %, base seca), formuladas para contener 0, 5, 10 ó 15 % de harina de follaje de albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.), brindadas de forma completamente aleatorizadas a 32 cerdos de 30 kg de peso vivo. La TTD de materia seca, materia orgánica y energía decrecieron significativamente ($p = 0.001$) al aumentar la proporción del follaje en el alimento. La TTD de fibra cruda y en fibra detergente ácida (ADF) mostraron resultados similares ($p = 0.001$), pero no para fibra detergente neutro (NDF). El cálculo de la TTD de proteína y energía, hecho por diferencia reveló valores de 71.7 y 57.6 %, respectivamente, en la harina de follaje de albizia. El consumo de 15 % de harina de follaje de albizia en la dieta suministrada en condiciones *ad libitum* a cerdos de crecimiento, puede determinar cambios perceptibles en los índices de TTD cuando se proporciona a los animales alimentados con dietas de miel de caña de azúcar del tipo B.

***Corresponding Author:**

Salvador Mireles Flores. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara. Camino del Astillero. Zapopan, Jalisco, México. Phone: +52 (311) 385 69 75. E-mail: smireles@cucba.udg.mx

pigs, can determine noticeable changes in TTD indices when offered to animals fed type B sugar cane molasses diets.

KEY WORDS

Swine, tree foliage, nutritive value, sugar cane molasses.

Introduction

There are precedents suggesting that *albizia* (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) foliage has a nutritional value that could be considered as an alternative for application in animal production (Hassan *et al.*, 2007; Chitra & Balasubramanian, 2016; Ly *et al.*, 2018). In the type of livestock farming in places with a forestry component with the use of cutting and hauling, swine raising can be included (Botero, 2004; Leterme *et al.*, 2006). The use of trees as sources of forage with considerable protein content is a suitable option for swine feed since tropical trees are locally available and there is no need to plant them more than once after harvest. Although fibrous components are present in most ingredients for monogastric animals, its concentration in swine diets has increased proportionally with the incorporation of by-product or forage-type feeds (Ly & Pok, 2014; Jha *et al.*, 2019). The degree of acceptance of this type of alternative ingredients depends on several factors, such as fiber content, degree of microbial fermentation in the large intestine, and the degree of absorption and utilization of the volatile fatty acids produced (Jha & Berrosco, 2015). Recent evidence shows that foliage has benefits when fed as *ad libitum* diets to young animals fed sugarcane molasses (Mireles *et al.*, 2020). As these kinds of honey or molasses do not contain fiber, Preston & Murgueitio (1992) have suggested taking advantage of this fact using locally available feed resources in such integrated swine production systems, which can be fed to animals as fibrous sources of protein, an example of which may be *albizia* foliage meal.

In a first approach, feed intake pattern indices in growing swine-fed sugarcane molasses and *albizia* foliage meal diets, were evaluated (Mireles *et al.*, 2020).

PALABRAS CLAVE

Cerdo, follaje arbóreo, valor nutritivo, melaza de caña de azúcar.

Introducción

Existen algunos antecedentes que sugieren que el follaje de *albizia* (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) tiene un valor nutritivo que pudiera considerarse como una alternativa para ser utilizado en producción animal (Hassan *et al.*, 2007; Chitra & Balasubramanian, 2016; Ly *et al.*, 2018). En el tipo de ganadería donde existe un componente forestal con el uso del corte y acarreo, puede ser incluida la crianza de cerdos (Botero, 2004; Leterme *et al.*, 2006). El uso de árboles como fuentes de forraje con un considerable contenido de proteína son una buena opción para la alimentación porcina, ya que estos árboles tropicales están disponibles localmente y no hay necesidad de plantarlos más de una vez después de su cosecha. Aunque los componentes fibrosos se encuentran presentes en la mayoría de los ingredientes para animales monogástricos, su concentración en la dieta para cerdos ha aumentado proporcionalmente con la incorporación de subproductos o alimentos de tipo forrajeros (Ly & Pok, 2014; Jha *et al.*, 2019). El grado de aceptación de este tipo de ingredientes alternativos depende de varios factores, como el contenido de fibra, el grado de fermentación microbiana en el intestino grueso y el grado de absorción y utilización de los ácidos grasos volátiles producidos (Jha & Berrosco, 2015). Evidencia reciente, muestra que el follaje tiene ventajas si se suministra en condiciones de dietas dadas *ad libitum* a animales jóvenes alimentados con melazas de caña de azúcar (Mireles *et al.*, 2020). Como estas mieles o melazas no contienen fibra, Preston y Murgueitio (1992) han sugerido aprovechar este hecho con el fin de utilizar recursos alimentarios localmente disponibles en tales sistemas integrados de producción porcina, que puedan administrarse a los animales como fuentes fibrosas de proteína, un ejemplo de ello puede serlo la harina de follaje de *albizia*.

En una primera aproximación, se investigaron índices del patrón de consumo de alimento en cerdos en la etapa de crecimiento alimentados con dietas de melaza de caña de azúcar y harina de follaje de *albizia* (Mireles *et al.*, 2020). Sin embargo, es importante evaluar su aprovechamiento digestivo sobre todo en fuentes proteicas fibrosas, lo cual

However, it is necessary to evaluate their digestive utilization especially in fibrous protein sources, which could be a limitation in growing pigs related to the fibrous components (Ly *et al.*, 2016). In this sense, nutrient digestibility varies by fiber level and type, as well as its water holding capacity (Bindelle *et al.*, 2008). Previous reports suggest that nutrient digestibility in pigs can be affected by diets rich in fiber. Therefore, several mechanisms have been proposed to explain the negative impact that dietary fiber might have on nutrient digestion. In this regard, it has been reported that soluble fiber increases gut digesta viscosity, which leads to a reduction in nutrient digestion. On the other hand, insoluble fiber increases peristaltic action, which reduces digesta transit time and less mixing time for digestive enzymes and diet components (Agyekum & Nyachoti, 2017). However, Urriola & Stein (2010) tested diets rich in insoluble fiber from dried distillers dried grains, with no effect on digesta transit time. This suggests that effects of dietary fiber on digestion and nutrient absorption may be highly influenced by the physicochemical properties of the fiber (Wenk, 2001). The present experiment aimed to determine total tract digestibility (TTD) rates of nutrients, as well as fecal output of materials, in growing pigs fed *ad libitum* on sugarcane molasses diets formulated to contain variable levels of albizia foliage meal as a fibrous source of protein.

Material and Methods

A total of 32 castrated male Yorkshire x Landrace x Duroc pigs weighing 30 kg distributed completely at random in four treatments consisting of B-type sugarcane molasses/soybean flour diets (67.6/30.4, dry basis), in which 0, 5, 10 and 15 % were substituted by albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) foliage meals were used.

The albizia foliage was sourced from an uncultivated plantation located in the northwest of Havana province, Cuba. This foliage was obtained from terminal branches of young trees (5 years old). The foliage meal was elaborated after sun-drying the material for a period of 5 days and then it was triturated in a hammer mill equipped with a 1 μ sieve. This meal had an average content of 20.0 and 35.0 % crude protein and crude fiber, on a dry basis, respectively. The characteristics of the diets are shown in Table 1.

podiera ser una limitante en cerdos en crecimiento debido a los componentes fibrosos (Ly *et al.*, 2016). En este sentido, la digestibilidad de nutrientes varía según el nivel y tipo de fibra, así como, su capacidad de retención de agua (Bindelle *et al.*, 2008). Se ha informado que la digestibilidad de nutrimentos en los cerdos se ve afectada por dietas ricas en fibra. Por lo que, se han propuesto varios mecanismos para explicar el impacto negativo que la fibra dietaria puede tener sobre la digestión de nutrimentos. En este sentido, se ha reportado que la fibra soluble aumenta la viscosidad de la digesta, lo que conlleva a una reducción en la digestión de nutrimentos. Por otro lado, la fibra insoluble incrementa la acción peristáltica, lo cual, reduce el tiempo del tránsito de la digesta, lo que permite menos tiempo de mezcla para enzimas digestivas y los componentes de la dieta (Agyekum & Nyachoti, 2017). Sin embargo, Urriola y Stein (2010) probaron dietas ricas en fibra insoluble proveniente de granos secos de destilería, sin efecto en el tiempo del tránsito de digesta. Esto sugiere que, los efectos de la fibra dietaria en la digestión y absorción de nutrientes puede ser altamente influenciada por las propiedades físico-químicas de la fibra (Wenk, 2001). El objetivo del presente experimento fue determinar los índices de digestibilidad del tracto total (TTD) de nutrientes, así como la salida fecal de materiales, en cerdos en la etapa de crecimiento alimentados *ad libitum* con dietas de melaza de caña de azúcar, formuladas para contener niveles variables de harina de follaje de albizia, como fuente fibrosa de proteína.

Material y Métodos

Se usó un total de 32 cerdos Yorkshire x Landrace x Duroc machos castrados de 30 kg distribuidos completamente al azar en cuatro tratamientos que consistieron en dietas de miel de caña de azúcar del tipo B/harina de soya (67.6/30.4, base seca), en las que se sustituyó 0, 5, 10 y 15 % por harina de follaje de albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.). El follaje de albizia provino de una plantación no cultivada, situada en el noroeste de la provincia de La Habana, Cuba. Este follaje se elaboró a partir de las ramas terminales de árboles jóvenes (5 años). La harina del follaje se elaboró una vez secado el material al sol por un periodo de 5 días y posteriormente fue molido en un molino de martillo provisto de una criba de 1 μ . Esta harina tenía como promedio, un contenido de 20.0 y 35.0 % de proteína cruda y fibra cruda, en base seca, respectivamente. Las características de las dietas se muestran en la Tabla 1.

Table 1.
Composition of diets with inclusion of albizia (*Albizia lebbekc* (L.) Benth)
for growing pigs (per cent on a dry basis).

Tabla 1.
Características de dietas conteniendo harina de follaje de albizia (*Albizia lebbekc* (L.) Benth)
para cerdos en crecimiento (por ciento en base seca)

	Albizia foliage meal, %			
	-	5	10	15
Ingredients				
Sugar cane molasses type B	67.60	64.22	60.84	57.46
Soybean meal	30.40	28.88	27.36	25.84
Albizia foliage meal	-	5.00	10.00	15.00
CaPO ₄ H.2H ₂ O	0.50	0.48	0.45	0.42
NaCl	0.50	0.48	0.45	0.42
Vitamins and minerals ¹	1.00	0.94	0.90	0.86
Analysis				
DM	85.50	85.85	86.19	86.53
Ash	4.65	4.87	5.10	5.32
Organic matter	95.35	95.13	94.90	94.68
Crude fibre	2.26	3.66	5.04	6.44
ADF	2.11	3.62	5.11	6.61
NDF	2.83	4.85	7.07	9.19
Crude protein (Nx6.25)	16.20	17.13	17.55	17.98
Gross energy, kJoule/g DM	16.50	16.49	16.48	16.48
Water retention, g/g DM ²	1.55	1.67	1.80	1.92

1 Content (per kg): vitamin A, 600 IU; vitamin D3, 160 IU; vitamin E, 10 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 3 mg; vitamin B6, 15 mg; vitamin B12, 0.025 mg; pantothenic acid, 5 mg; choline chloride, 300 mg; menadione sodium bisulfite, 2 mg; folic acid, 0.5 mg; cobalt, 0.4 mg; iron, 10 mg; iodine, 0.5 mg.

2 Determinada por centrifugación (Kyriazakis & Emmans, 1999).

1 Contenido (per kg): vitamina A, 600 UI; vitamina D3, 160 UI; vitamina E, 10 mg; vitamina B1, 2 mg; vitamina B2, 3 mg; vitamina B6, 15 mg; vitamina B12, 0.025 mg; ácido pantoténico, 5 mg; cloruro de colina, 300 mg; bisulfato sódico de menadiona, 2 mg; ácido fólico, 0.5 mg; cobalto, 0.4 mg; hierro, 10 mg; yodo, 0.5 mg.

2 Determined by centrifugation (Kyriazakis & Emmans, 1999).

The total tract digestibility assay was conducted by broadly following the methodology recommended by Adeola (2001). During first week, individuals were dewormed and gradually switched from a conventional cornmeal/soybean meal diet to the molasses B/soybean meal diet. By third week, pigs were about 30 kg, and at the beginning of the third week, they were completely randomized to one of four diets containing albizia foliage meal (0, 5, 10 and 15 %, dry basis). On seventh day of third week, rectal sampling was performed at 9:00 am

El ensayo de digestibilidad del tracto total se condujo siguiendo la metodología recomendada por Adeola (2001) en líneas generales. Durante la primera semana los individuos fueron desparasitados y pasaron gradualmente de una dieta convencional de harina de maíz/harina de soya, a la de miel B/harina de soya. En la tercera semana los cerdos tenían cerca de 30 kg, y al comienzo de la misma fueron distribuidos completamente al azar en una de las cuatro dietas que contenían harina de follaje de albizia (0, 5, 10 y 15 %, en base sea). En el séptimo día de esta semana, se efectuó un muestreo rectal a las 9:00 am, para

to determine fecal output of materials and *in vivo* TTD through an indirect nutrient method. During these events, feed distribution was always *ad libitum*.

Dry matter (DM) and ash content were determined in representative samples of fresh feed and excreta (AOAC, 2007), and in ash, acid insoluble ash by digestion in 4 N HCl with subsequent gravimetric quantification of insoluble residues (Van Keulen & Young, 1977). The N concentration was also measured in fresh material by the macro Kjeldahl method (AOAC, 2007). The rest of the samples were dried in an oven at 60 °C with air circulation and then milled in a hammer mill equipped with a 1 mm sieve. Crude fiber content of this meal was quantified according to AOAC (2007) recommendations. ADF and NDF were determined by digestion of dry samples in detergent solutions (Van Soest *et al.*, 1991). Sample calorific content was established using an adiabatic calorimetric bomb and water retention capacity of the albizia meal and diets, according to Kyriazakis & Emmans (1999) by weighing the dry residue of material previously suspended in water, kept rest at room temperature (25 °C), and centrifuged at low speed.

All fecal output data were calculated according to Ly *et al.* (1998), while the equation suggested by Crampton and Harris (1969) was used for TTD. Data were processed through the statistical package Minitab (2014), under a one-way variance analysis (Aaron & Hays, 2001). Tukey's range test was used when the analysis of variance revealed significant differences ($p < 0.05$) between treatments.

Results and Discussion

Fecal output of materials

Data on fecal indices and fecal output of materials are listed in Table 2. DM concentration in fecal material decreased ($p = 0.001$) as well as fecal pH, with increasing foliage meal in the diet. Data suggest that alterations in the fermentation pattern of food residues arriving in the large intestine of pigs fed tree foliage, in correspondence with the presence of other substrates for residing intestinal microflora (Lowell *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016).

determinar la salida fecal de materiales y la TTD *in vivo*, por el método indirecto de nutrientes. En el transcurso de estos eventos, la distribución de alimento siempre fue *ad libitum*.

Se determinó el contenido de materia seca (DM) y cenizas en muestras representativas de alimento y excretas frescas (AOAC, 2007), y en las cenizas, la ceniza ácido insoluble mediante digestión en HCl 4 N y posterior cuantificación gravimétrica del residuo insoluble (Van Keulen & Young, 1977). La concentración de N se midió igualmente en material fresco por el método macro Kjeldahl (AOAC, 2007). El resto de las muestras fue secado en una estufa a 60 °C con circulación de aire y posterior molinado en un molino de martillo provisto de una criba de 1 mm. En esta harina se cuantificó el contenido de fibra cruda según recomendaciones de la AOAC (2007). La ADF y la FDN fueron determinadas por digestión de las muestras secas en soluciones detergentes (Van Soest *et al.*, 1991). El contenido calorífico de las muestras se estableció mediante el empleo de una bomba calorimétrica adiabática y la capacidad de retención de agua en la harina de albizia y dietas, de acuerdo con Kyriazakis y Emmans (1999) mediante pesada del residuo seco del material previamente suspendido en agua, mantenido en reposo a temperatura ambiente (25 °C), centrifugado a baja velocidad.

Todos los datos de salida fecal de materiales fueron calculados de acuerdo con Ly *et al.* (1998), en tanto que para las de TTD se empleó la ecuación sugerida por Crampton y Harris (1969). Los datos fueron procesados a través del paquete estadístico Minitab (2014), bajo un análisis de varianza de una vía (Aaron & Hays, 2001). Se utilizó la prueba de Tukey cuando el análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos.

Resultados y Discusión

Salida fecal de materiales

En la Tabla 2 se listan los datos de índices fecales y de la salida fecal de materiales. La concentración de DM en el material fecal disminuyó ($p = 0.001$) así como el pH fecal, con el aumento de la harina de follaje en la dieta. Estos datos pudieran sugerir cambios en el patrón de fermentación de los residuos alimentarios que arriben al intestino grueso de los cerdos alimentados con follaje arbóreo, en correspondencia con la presencia de otros substratos para la microflora allí residente (Lowell *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016).

Table 2.
Fecal output materials in growing pigs fed ad libitum with albizia (*Albizia lebeck* (L.) Benth foliage meal diets

Tabla 2.
Salida fecal de materiales de cerdos en crecimiento alimentados ad libitum con dietas con harina de follaje de albizia (*Albizia lebeck* (L.) Benth.

	Albizia foliage meal, %				EE ±	P
	-	5	10	15		
n	8	8	8	8	-	-
Fecal indices						
DM, %	35.00 ^a	34.12 ^a	32.12 ^b	31.82 ^b	0.77	0.001
pH	6.81 ^a	6.68 ^{ab}	6.60 ^b	6.43 ^c	0.09	0.001
Fecal output, g/kg intake DM						
Fresh material	380.8 ^a	447.0 ^{ab}	545.8 ^{bc}	650.2 ^c	72.8	0.001
Dry material	134.8 ^a	160.0 ^{ab}	175.1 ^{bc}	198.2 ^c	20.9	0.001
Water	246.0 ^a	257.0 ^{ab}	370.7 ^{bc}	452.0 ^c	52.8	0.001

^{abcd} Means without a letter in common in the same row are statistically different ($p < 0.05$) there between.

^{abcd} Medias sin letra en común en la misma fila difieren entre sí significativamente ($p < 0.05$).

Output of fresh and dry material, as well as water in excreta, significantly increased ($p = 0.001$) as raising the level of foliage in the feed. It is known that the inclusion of feed resources in diets determines an increase in fecal volume emitted by pigs (Vu *et al.*, 2009). This phenomenon also occurs with sugar cane molasses, so it is necessary to know its magnitude to establish an adequate balance of materials in integrated animal production systems (Preston & Murgueitio, 1992).

Total tract digestibility of nutrients in the diets

Nutrient digestibility of the treatment without albizia foliage was high (Table 3), typical of a type B molasses diet, with a remarkable sucrose content. On the other hand, with the inclusion of this tree foliage in the molasses diet, a significant decrease ($p = 0.001$) in the TTD of DM, organic matter and energy was observed. Such decrease was also observed in the TTD of crude fiber and ADF, but the opposite effect occurred with NDF ($p = 0.001$). On the other hand, TTD of N also decreased from 86.6 to 84.0 % ($p = 0.008$) in the diet containing 0 and 15 % albizia foliage meal.

At first, it could be argued that the decrease in TTD of albizia diets can be attributed to its fiber content. As is well known, an increase in the level of dietary fiber has a negative impact on the nutritive content (Jha & Berrocoso, 2015). However, the decrease in TTD was

La salida de material fresco y seco, así como del agua en las excretas aumentaron significativamente ($p = 0.001$) al incrementarse el nivel de follaje en la comida. Es conocido que la inclusión de recursos alimentarios en las dietas determina un aumento en el volumen fecal emitido por los cerdos (Vu *et al.*, 2009) de mieles de caña de azúcar también ocurre este fenómeno, por lo que es necesario conocer su magnitud para establecer un balance adecuado de materiales en sistemas integrados de producción animal (Preston & Murgueitio, 1992).

Digestibilidad del tracto total de nutrientes en las dietas

La digestibilidad de nutrientes del tratamiento sin follaje de albizia fue alta, (Tabla 3) típica de una dieta de melaza del tipo B, con un contenido notable de sacarosa. Por otra parte, al incluir este follaje arbóreo en la dieta de melaza, se observó un descenso significativo ($p = 0.001$) en la TTD de DM, materia orgánica y energía. Este descenso también fue observado en la TTD de la fibra cruda y ADF, pero lo opuesto ocurrió con la FDN ($p = 0.001$). Por otra parte, la TTD del N también disminuyó desde 86.6 hasta 84.0 % ($p = 0.008$) cuando la dieta contuvo 0 y 15 % de harina de follaje de albizia.

En primera aproximación, se pudiera aducir que tal disminución en la TTD de las dietas de albizia puede atribuirse a su contenido de fibra. Como es bien conocido, un aumento del nivel de fibra dietético repercute negativamente en el valor nutritivo del alimento (Jha &

Table 3.
Total tract digestibility in growing pigs fed ad libitum with albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) foliage meal diets

Tabla 3.
Digestibilidad del tracto total en cerdos en crecimiento alimentados ad libitum con dietas con harina de follaje de albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.)

	Albizia foliage meal, %				EE ±	P
	-	5	10	15		
n	8	8	8	8	-	-
Digestibility, %						
Dry matter	86.6 ^a	84.9 ^{ab}	82.5 ^{bc}	80.2 ^c	2.0	0.001
Organic matter	87.4 ^a	85.9 ^a	82.7 ^b	80.5 ^b	2.2	0.001
Crude fibre	40.1 ^a	38.2 ^{ab}	36.1 ^b	31.5 ^c	1.6	0.001
ADF	40.5 ^a	38.7 ^{ab}	36.3 ^b	31.0 ^c	1.5	0.001
NDF	54.0 ^a	58.7 ^{ab}	64.6 ^{ab}	66.0 ^b	6.0	0.001
Protein	86.6 ^a	85.5 ^{ab}	84.6 ^{ab}	84.0 ^b	1.4	0.008
Energy	84.9 ^a	83.1 ^a	82.1 ^a	77.5 ^b	2.8	0.001

^{abcd} Means without letter in common in the same row are significantly ($p < 0.05$) different among them.

^{abcd} Medias sin letra en común en la misma fila difieren entre sí significativamente ($p < 0.05$).

not as high as observed in other experiments where fibrous feed resources have been incorporated in swine diets. This could be attributable to the nature of the fibrous fraction contained in the albizia foliage, in which the leaves were relatively young, non-lignified terminal branches.

Total tract digestibility of nutrients in albizia foliage meal.

Table 4 lists TTD data of nutrients and energy of albizia foliage meal *per se*, calculated by difference. The TTD of protein and foliage energy were high at 71.7 and 57.6 %, respectively. A considerable variation in all the evaluated parameters was observed, and, as might be expected, no significant differences ($p > 0.05$) between treatments were found.

When using albizia foliage for pigs, there is very little information available with which to discern which factors are relevant and should be considered in terms of the nutritive value of this tree foliage (Kambashi *et al.*, 2014). In advance, at least it has been shown that the nutritive value of albizia foliage meal, determined under *in vitro* conditions, was higher in young foliage

Berrococo, 2015). Sin embargo, el descenso en la TTD no fue tan alto como se ha observado en otras ocasiones en las que se han incorporado recursos alimentarios fibrosos en las dietas para el ganado porcino. Esto pudiera explicarse por la naturaleza de la fracción fibrosa contenida en el follaje de albizia, en el que las hojas fueron relativamente jóvenes, de ramas terminales no lignificadas.

Digestibilidad del tracto total de nutrientes en la harina de follaje de albizia

En la Tabla 4 se listan los datos de TTD de nutrientes y de la energía de la harina de follaje de albizia *per se*, calculada por diferencia. La TTD de la proteína y la energía del follaje fueron altas, 71.7 y 57.6 %, respectivamente. Se observó una variación considerable en todos los índices evaluados y como pudiera esperarse, no se hallaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos.

En el uso de follaje de albizia para cerdos, hay muy poca información disponible con la que se pueda discernir cuáles factores son importantes, y deben tenerse en cuenta desde el punto de vista del valor nutritivo de este follaje arbóreo (Kambashi *et al.*, 2014). Como un avance, se pudiera decir que se ha demostrado que el valor nutritivo de la harina

material, similar to that used in this experimental work (Ly *et al.*, 2018), compared to aged tree material. Furthermore, animals used in the present experiment were fed under *ad libitum* conditions, as it is known that, at a higher level of feed intake, digestibility seems to decrease (Roth & Kirchgessner, 1984), given a shorter digesta retention time in the cecum and colon (Liu *et al.*, 2016). Age or body weight parameters also seems to affect pigs, since the same diet fed to young pigs, leads to a lower nutrient digestibility when this index is compared to older animals (Lowell *et al.*, 2015). Nevertheless, it remains likely there is no decisive drawback of the age or body weight of the individuals in the digestive use of diets with low levels of albizia foliage meal in diets fed to growing pigs of the kind used in the present investigation. It is possible that the adaptation time could influence the determination of TTD in animals (Huang *et al.*, 2018). This could be associated with phytochemical advantages inherent to albizia (Hassan *et al.*, 2007; Mishra *et al.*, 2010).

Obtained data corresponding to DTT of nutrients and energy of the albizia foliage meal are shown in Table 4. Such DTT calculation was determined by difference (Crampton & Harris, 1969) and had no significant effect ($p > 0.05$) among the three treatments containing the albizia meal evaluated, thus the average value of said three treatments was calculated.

In the present study, as usual, a high similarity ($R^2 < 0.9$) was found between the TTD percentage of DM, organic matter and energy (44.9, 48.7 and 57.8 %). On the other hand, either low or high values (15.6 and 71.7 %, respectively) noted in the TTD of cell wall and N, showed no evident correlation between said parameters ($p > 0.05$).

It is suggested that consumption of up to 15 % albizia foliage meal in the diet fed *ad libitum* to young pigs may result in measurable changes in DTT indexes when fed to animals fed type B sugarcane molasses diets. It remains possible that the nutritional value of albizia foliage may be enhanced by the addition of fibrolytic or other substances with a similar purpose, or by feeding animals with adequate body weight, such as gilts or pregnant sows, which would be worth investigating.

de follaje de albizia, determinado en condiciones *in vitro*, era más alto en el material foliar joven, similar al usado en este trabajo experimental (Ly *et al.*, 2018), con respecto al material arbóreo envejecido. En segundo lugar, los animales del presente experimento fueron alimentados en condiciones *ad libitum*, y es conocido que, a mayor nivel de consumo de alimento, la digestibilidad parece disminuir (Roth & Kirchgessner, 1984), por un menor tiempo de retención de digesta en el ciego y el colon (Liu *et al.*, 2016). También parece existir en cerdos un efecto de edad o peso corporal, puesto que una misma dieta suministrada a cerdos jóvenes, determina una menor digestibilidad de nutrientes, al compararse este índice con el de animales adultos (Lowell *et al.*, 2015). Sin embargo, es posible que la edad o peso corporal de los individuos no sea un inconveniente decisivo en el aprovechamiento digestivo de dietas con bajos niveles de harina de follaje de albizia en las mismas, suministradas a cerdos en crecimiento como los empleados en la presente investigación. Tal vez el tiempo de adaptación pudiera influir en la determinación de la TTD de los animales (Huang *et al.*, 2018). A ello pudieran sumarse ventajas fitoquímicas inherentes a la albizia (Hassan *et al.*, 2007; Mishra *et al.*, 2010).

Los datos correspondientes a la TTD de nutrientes y energía de la harina de follaje de albizia se muestran en la Tabla 4. Esta TTD determinada por diferencia (Crampton & Harris, 1969) no mostró efecto significativo ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos contentivos de la harina de la albizia evaluada, por lo que se calculó el valor promedio de estos tres tratamientos.

En este estudio, como es consuetudinario, se encontró una gran similitud ($R^2 < 0.9$) entre el porcentaje de TTD de DM, materia orgánica y energía (44.9, 48.7 y 57.8 %). Por otra parte, se notó valores más bien bajos o altos (15.6 y 71.7 % respectivamente), en la TTD de pared celular y N, sin vinculación evidente de correlación entre ambos índices ($p > 0.05$).

Se sugiere que el consumo de hasta 15 % de harina de follaje de albizia en la dieta suministrada en condiciones *ad libitum* a cerdos jóvenes, puede determinar cambios apreciables en los índices de TTD cuando se proporciona a los animales alimentados con dietas de miel de caña de azúcar del tipo B. Es posible que el valor nutritivo del follaje de albizia se mejore con la adición de sustancias fibrolíticas u otras con un fin parecido, o bien alimentar animales con un peso corporal adecuado, como cerdas vacías o gestantes, lo que sería meritorio investigar. Estaría por establecer si

Table 4.
Total tract digestibility of nutrients and energy of albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) foliage meal for pigs calculated by difference.

Tabla 4.
Digestibilidad del tracto total de nutrientes y energía de la harina de follaje de albizia (*Albizia lebbbeck* (L.) Benth.) para cerdos calculada por diferencia.

Digestibility %	Albizia foliage meal, %				EE ±	P
	-	5	10	15		
n	8	8	8	-	-	-
DM	44.9	49.8	45.7	39.3	29.2	0.775
Organic matter	48.7	65.5	39.3	41.3	26.8	0.227
NDF	15.6	14.8	16.0	15.9	2.9	0.680
Protein	71.7	72.0	71.2	72.0	21.9	0.997
Energy	57.6	58.0	57.3	48.6	33.8	0.795

There is still a need of determining whether this *status quo* influences the behavioral traits of pigs.

este *status quo* influye en los rasgos de comportamiento de los cerdos.

Conclusions

It is suggested that TTD of DM, organic matter and N do not change its pattern in pigs fed diets where corn/soybean meal is partially excluded as conventional feed ingredients. In contrast, the digestive processes of degradability of the fibrous fractions of the diet, such as crude fiber, acid detergent fiber and neutral detergent fiber may undergo important modifications both qualitatively and quantitatively, probably in the large intestine of individuals. It is advisable to further investigate which factors have the most relevant influence on the nutritive value of the fibrous fractions of albizia foliage meal. It is also recommended to extend this type of research to the nutritional evaluation for pigs of shrub and tree foliage in general, and of albizia in particular.

Acknowledgments

The authors would like to thank Ms. Martha Carón and Ms. Juana Rosa Plasencia for their excellent work in analytical chemistry at the Porcine Research Institute, Punta Brava, and Dr. Pok Samkol, Center for Agricultural Development (CeAgrid), Phnom

Conclusiones

Se sugiere que la TTD de DM, materia orgánica y N no cambia su patrón en cerdos alimentados con dietas donde se excluye parcialmente la harina de maíz/harina de soya como ingredientes convencionales dl alimento. En contraste, los procesos digestivos de degradabilidad de las fracciones fibrosas de la dieta, tales como fibra cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro pueden sufrir modificaciones importantes tanto cualitativa como cuantitativamente, probablemente en el intestino grueso de los individuos. Es de sugerir que debiera investigarse cuáles factores podrían influir con mayor fuerza en el valor nutritivo de las fracciones fibrosas de la harina de follaje de albizia. Igualmente se recomienda extender este tipo de investigaciones a la evaluación nutricional para cerdos, de follajes arbustivos y arbóreos en general, y de albizias en particular.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las señoras Martha Carón y Juana Rosa Plasencia, por su excelente trabajo de química analítica, en el instituto de Investigaciones Porcinas, Punta Brava, y al Dr. Pok Samkol, del Centro para el Desarrollo Agrícola (CeAgrid); Phnom Penh, Camboya,

Penh, Cambodia, for reading the manuscript and for their suggestions. We also wish to express our gratitude to CUCBA, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Mexico, for the administrative and financial support for the execution of the project.

por la lectura del manuscrito y por las sugerencias hechas al respecto. También se desea agradecer al CUCBA, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, México, por el respaldo administrativo y financiero para la ejecución del proyecto.

References

- Aaron, D. K., & Hays, V. W. (2001). Statistical techniques for the design and analysis of swine nutrition experiments in: Lewis, A.J., Southern, L.L. (Eds.), Swine Nutrition. CRC Press, New York.
- Adeola, O. (2001). Digestion and balance techniques in pigs in: Lewis, A. J., Southern, L.L. (Eds.), Swine Nutrition. CRC Press, New York.
- Agyekum, A. K., & Nyachoti, C. M. (2017). Nutritional and metabolic consequences of feeding high-fiber diets to swine: A review. *Engineering*, 3(5), 716-725. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.010>
- AOAC (2007). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) international (W. Howitz y G.W. Latimer junior, editores). Gaithersburg, pp 1230. ISBN 935-584-75-7.
- Bindelle, J., Leterme, P., & Buldgen, A. (2008). Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12(1), 69-80. <http://hdl.handle.net/2268/19202>
- Botero, J. M. (2004). Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, pp 119.
- Chitra, P., & Balasubramanian, A. (2016). A study on chemical composition and nutritive value of albizia tree leaves as a livestock feed. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(6), 4638-4642. <https://www.ijset.net/journal/1501.pdf>
- Crampton, E. W., & Harris, L. E. (1969). Applied animal nutrition. The use of feedstuffs in the formulation of livestock rations. W.H: Freeman. San Francisco, pp 763.
- Hassan, L. U., Umar, K. J., & Atiku, I. (2007). Nutritional evaluation of *Albizia lebbbeck* (L.) pods as source of feed for livestock. *American Journal of Food Technology*, 2(5), 435-439. <http://doi.org/10.3923/ajft.2007.435.439>
- Huang, C., Zhang, S., Stein, H. H., Zhao, J., Li, D., & Lai, Ch. (2018). Effect of inclusion level and adaptation duration on digestible energy and nutrient digestibility in palm kernel meal fed to growing-finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 31(3), 395-402. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0515>
- Jha, R., & Berrocoso, J. D. (2015). Review: dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal*, 9(9), 1441-1452. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000919>
- Jha, R., Fohse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L., & Willing, B. P. (2019). Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6(48). <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- Kambashi, B., Boudry, C., Picron, P., & Bindelle, J. (2014). Forage plants as an alternative feed resource for sustainable pig production in the tropics: a review. *Animal*, 8(8), 1298-1311. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000561>
- Kyriazakis, I., & Emmans, G. C. (1999). Voluntary Feed Intake and Diet Selection. In: *A Quantitative Biology of the Pig*.
- Leterme, P., Botero, A. M., Londoño, A. M., Bindelle, J., & Buldgen, A. (2006). Nutritive value of tropical tree leaf meal in adult sows. *Animal Science*, 82(2), 175-187. <https://doi.org/10.1079/ASC200521>
- Liu, J. B., Liu, Z. Q., Chen, L., & Zhang, H. F. (2016). Effects of feed intake and dietary nutrient density on apparent ileal and total tract digestibility of nutrients and gross energy for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 94(10), 4251-4258. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9373>
- Lowell, J. E., Liu, Y., & Stein, H. H. (2015). Comparative digestibility of energy and nutrients in diets fed to sows and growing pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 69(2), 79-97. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1013664>
- Ly, J., & Pok. S. (2014). Use of mulberry foliage for pigs in the integrated tropical system. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(1), 63-66. <http://cjas.science.com/index.php/CJAS/article/view/429>
- Ly, J., Caro, Y., Arias, R., Delgado, E., & Mireles, S. (2018). Studies of the nutritive value of *Albizia lebbbeck* (L) Benth foliage through its *in vitro* digestibility. *Livestock Research for Rural Development*, 30(2). <http://www.lrrd.org/lrrd30/2/ycar30027.html>

- Ly, J., Reyes, J. L., Macías, M., Martínez, V., Domínguez, P. L., & Ruiz, R. (1998). Ileal and total tract digestibility of leucaena meal (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit.) in growing pigs. *Animal Feed science and Technology*, 70(3), 265-273. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01106-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01106-6)
- Ly, J., Samkol, P., Phiny, C., Bustamante, D., & Caro, Y. (2016). Balance of nitrogen (n) in pigs fed with *Moringa Oleifera* foliage meal. *Revista Bio Ciencias*, 3(4), 349-358. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.04.09>
- Minitab. (2014). Statistical software 14.0. User's Guide to Statistics. Versión electrónica: <https://www.minitab.com>
- Mireles, S., Ly, J., Caro, Y., & Grageola, F. (2020). Follaje de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. para alimentar cerdos. 1. Indices del patrón de consumo y de comportamiento. *Revista Bio Ciencias*, 7, e940. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e940>
- Mishra, S. S., Gothecha, V. K., & Sharma, A. (2010). *Albizia lebbbeck*: a short review. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 4(2): 9-15. https://www.academia.edu/38027978/ALBIZIA_LEBBECK_A_SHORT_REVIEW
- Preston, T. R., & Murgueitio, E. (1992). Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics. Centro para la Investigación en Sistemas de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, pp 89. ISBN 958-95215-0-2
- Roth, F. X., & Kirshgessner, A. (1984). Verdaulichkeit der Energie und Rohrnährstoffe beim Schwein in Abhängigkeit von Futterungsniveau und Lebendgewicht. *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 51(1-5), 79-87. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1984.tb01413.x>
- Urriola, P. E., & Stein, H. H. (2010). Effects of distillers dried grains with solubles on amino acid, energy, and fiber digestibility and on hindgut fermentation of dietary fiber in a corn-soybean meal diet fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88 (4), 1454-1462. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2162>
- Van Keulen, J., & Young, S.A. (1977). Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vu, V. T. K., Prapasongsab, T., Poulsen, H. D., & Jorgensen H. (2009). Prediction of manure nitrogen and carbon output from grower-finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 151(2), 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.10.008>
- Wenk, C. (2001). The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90(1-2), 21-33. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00194-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00194-8)