

EFFECT OF DIETARY LEVELS OF CANE MOLASSES AND CRUDE PROTEIN ON NITROGEN BALANCE IN GROWING AND FINISHING PIGS

EFFECTO DEL CONTENIDO DIETÉTICO DE MELAZA DE CAÑA Y PROTEÍNA CRUDA EN EL BALANCE DEL NITROGENO EN CERDOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN

Rubén Loeza-Limón¹, Jorge G. Vicente-Martínez^{1*}, Violeta M. Loeza-Deloya¹, Isaac De Gasperín-López¹,
Álvaro A. Ángeles-Marín¹, Juan M. Pinos-Rodríguez¹

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, México.
(jvicente@uv.mx).

ABSTRACT

Cane molasses (CM) are considered an alternative for cereals and reduce cost of diets. However, adding levels up to 20 % of total diet to replace cereals of the diet of pigs could reduce growth performance because of the low metabolizable energy value of the CM, coupled with failure of the pigs to increase feed consumption to maintain metabolizable energy and protein intake. The objective of this study was to evaluate the effects of diets with CM and protein levels on the use of dietary nitrogen (N) in growing and finishing pigs. The hypothesis was that high levels of CM with an appropriate balance of amino acids do not affect N balance in growing and finishing pigs. One trial with six growing pigs (20-50 kg body weight) and other with six finishing pigs (50-100 kg body weight) were conducted to evaluate the effects of increasing dietary CM (0, 10 and 20 %) on N balance. Each experiment was conducted in a replicated 3 × 3 Latin Square design with three treatments and six replicates each. In the first experiment growing pigs fed diet with 20 % CM had higher feed and N intake and N losses, as well as lower N retained than those fed with 0 and 10 % ($p \leq 0.05$). In finishing pigs, the highest values of feed and N intake as well as total N losses were found with diets containing 10 and 20 % CM compared with diets without CM. Nitrogen retained decreased linearly as percentage of CM increased in the diet. In the second experiment a N balance was conducted with finishing pigs fed basal diets with 0 and 20 % CM and 10, 12 and 14 % crude protein (CP) balanced for lysine. Nitrogen intake, excretion and retention increased as CP increased in the diet. Although CM increased N intake, no changes in fecal or urinary N excretion and N retention were found. Dietary CM inclusion decreased N

RESUMEN

La melaza de caña (CM) se considera una alternativa a los cereales y reduce el costo de las dietas. Sin embargo, niveles hasta 20 % de la dieta total para reemplazar de cereales en la dieta de cerdos puede reducir el crecimiento, debido al valor bajo de energía metabólica de la CM, junto con la incapacidad de los cerdos para aumentar su consumo de alimento para mantener el consumo de energía metabolizable y de proteína. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de niveles de CM y proteína sobre el uso del nitrógeno (N) en dietas para crecimiento y finalización de cerdos en engorda. La hipótesis fue que los niveles altos de CM con el balance adecuado de aminoácidos, no afectan el balance del N en cerdos en crecimiento y finalización. Un experimento con seis cerdos en crecimiento (20-50 kg peso corporal) y otro con seis cerdos en finalización (50-100 kg peso corporal) se realizaron para evaluar los efectos del aumento en la dieta de CM (0, 10 y 20 %) sobre el balance de N. Cada experimento se realizó en un diseño de Cuadro Latino 3 × 3, con tres tratamientos y seis repeticiones para cada uno. En el primer experimento, los cerdos en crecimiento alimentados con 20 % de CM en la dieta tuvieron un mayor consumo de alimento y de N, pero menos N retenido que aquellos alimentados con 0 a 10 % ($p \leq 0.05$). En los cerdos en finalización, los valores mayores de consumo de alimento, N y la pérdida total de N fueron para dietas de 10 y 20 % de CM, comparados con las dietas sin CM. El N retenido disminuyó en forma lineal al aumentar el porcentaje de CM en la dieta. En el segundo experimento se probó el balance de N en cerdos de finalización alimentados con dietas basales, con 0 y 20 % de CM y 10, 12 y 14 % de proteína cruda (PC), balanceadas para lisina. El consumo, retención y excreta del N aumentaron con el aumento de la CP en la dieta. Aunque, la CM aumentó el consumo de N, no cambiaron las excretas de N fecal, ni en orina, ni su retención. La inclusión de CM en la dieta redujo la eficiencia de uso del N de los cerdos en crecimiento y finalización. Sin embargo, los efectos indeseables

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2018. Aprobado: agosto, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 123-132. 2018.

utilization efficiency in growing and finishing pigs. However, the undesirable effects of CM at 20 % on N balance were not observed when diets were formulated for ideal protein amino acid pattern for finishing pigs. Therefore, the inclusion of CM in diets for growing and finishing pigs should consider an amino acid balance to maintain an adequate N utilization.

Keywords: feed intake, nitrogenous nutrients digestibility, nitrogen losses, nitrogen retention.

INTRODUCTION

The most important changes in swine production in the recent 10 years were the shift from maximizing daily gain to improving lean tissues and efficiency of gain. The use of alternate energy sources in developing countries plays an important role in the animal industry, and some of the most promising alternatives available as energy sources are in the tropical areas. Cane (*Saccharum officinarum*) molasses (CM) is a sugar cane by-product used extensively as a feedstuff in commercial swine units in tropical areas and lately in some areas in USA. Cane molasses has a low energy concentration as compared to conventional grains (NRC, 2012). In pigs, 35 kg body weight, the digestible and metabolizable energy (ME) values of CM were 12.3 and 11.8 MJ kg⁻¹ dry matter, respectively. Those findings showed that reduction in growth performance with the substitution cereals by CM in pig diets is due to the low ME value of CM, coupled with failure of the pig to maintain ME intake (Bayley *et al.*, 1983; González *et al.*, 1993). The feasibility of CM as a main replacement of cereal grains in diets for pigs without any affectation on growth performance was shown by Sureshkumar *et al.* (2016). But in the literature reviewed no data was found about the effects of diets containing CM on N retention and excretion of growing and finishing pig. Therefore, it is necessary to establish the N balance values when including CM in diets for growing and finishing pigs, with different crude protein (CP) content, as well as the effect of synthetic amino acid fortified diets to keep an ideal protein pattern in CM diets. The objective of this study was to evaluate the effects of diets with CM and protein levels on the use of dietary N in growing and finishing barrows. The hypothesis was that high levels of CM with an appropriate balance of amino acids do not affect N balance in growing and finishing pigs.

de la CM al 20 % en el balance del N no se observaron cuando las dietas se formularon con un patrón ideal de aminoácidos en la proteína para cerdos en finalización. Por tanto, la inclusión de CM en las dietas para cerdos en crecimiento y finalización, debería considerar un balance de aminoácidos que mantenga el uso adecuado del N.

Palabras clave: consumo de alimento, digestibilidad de nutrientes nitrogenados, pérdidas de nitrógeno, retención de nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

Los cambios más importantes en la producción porcina en los 10 años recientes fueron el pasar de maximizar la ganancia diaria de peso, a mejorar los tejidos magros y la eficiencia de la ganancia. El uso de fuentes de energía alternativas en los países en desarrollo tiene una función importante en la industria pecuaria, y algunas alternativas más prometedoras como fuentes de energía disponibles están en las áreas tropicales. La melaza de caña (CM) es un subproducto de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con amplio uso como alimento en unidades porcinas comerciales en las áreas tropicales y, de modo reciente, en algunas áreas de EUA. La CM tiene una concentración baja de energía comparada con los granos convencionales (NRC, 2012). En cerdos de 35 kg de peso corporal, los valores de energía digestible y metabólica (ME) de la CM fueron 12.3 y 11.8 MJ kg⁻¹ de materia seca, respectivamente. Esos hallazgos mostraron que la reducción en el crecimiento, al sustituir los cereales por CM en las dietas de cerdos, se debe a la baja ME de la CM, aunada a la incapacidad del cerdo para mantener la ingesta de ME (Bayley *et al.*, 1983; González *et al.*, 1993). Sureshkumar *et al.* (2016) demostraron la viabilidad de la CM como reemplazo principal de los cereales en las dietas para cerdos, sin afectar el crecimiento. Pero en la literatura revisada no se encontraron datos sobre los efectos de las dietas que contienen CM, en la retención y excreción del N de cerdos en crecimiento y finalización. Por lo tanto, es necesario establecer los valores del balance del N, al incluir CM en las dietas para cerdos en crecimiento y finalización, con diferentes contenidos de proteína cruda (PC), así como el efecto de las dietas fortificadas para síntesis de aminoácidos, para mantener un patrón ideal de proteínas en las dietas con CM. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de las dietas con CM y de los niveles de proteína en el uso

MATERIALS AND METHODS

Experiment 1

The two trials were performed at the metabolic unit in the experimental swine station at Campo Experimental La Posta (INIFAP), Paso del Toro, Veracruz, México. Six Landrace×Large White pigs (20.8 kg ±1.34 initial body weight) for the growing trial, and six Landrace×Large White pigs (55.2±3.65 kg initial body weight) for the finishing trial were used. Pigs allocated in individual metabolic tubular cages were fed three corn-soybean meal diets with 0, 10 or 20 % CM (dry matter basis). Diets were formulated to have similar protein contents according to the NRC (2012) for growing and finishing pigs (Table 1).

Seven days before the collection period, pigs were adapted to cages and feeding regimen and diets which were offered three times a day with a minimum of 7 h interval between each meal.

dietético del N en cerdos de engorda, en crecimiento y finalización. La hipótesis fue que los niveles altos de CM, con el balance apropiado de aminoácidos, no afectan el balance del N en cerdos en crecimiento y finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Los dos experimentos se realizaron en la unidad metabólica en la estación experimental porcina en el Campo Experimental La Posta (INIFAP), Paso del Toro, Veracruz, México. Seis cerdos Landrace×Large White, (20.8 kg±1.34 peso corporal inicial) para la prueba de crecimiento, y seis cerdos Landrace×Large White (55.2±3.65 kg peso corporal inicial) para la prueba de finalización. Los cerdos en jaulas metabólicas tubulares individuales se alimentaron con tres dietas de maíz-soya con 0, 10 o 20 % de CM

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets with cane molasses (CM) used in growing and finishing pigs, Experiment 1.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales con melaza de caña (CM), para cerdos en crecimiento y finalización, Experimento 1.

Ingredient (% DM)	Growing pigs 20-50 kg			Finishing pigs (50-100 kg)		
	CM 0%	CM 10%	CM 20%	CM 0%	CM 10%	CM 20%
Corn grain	68.39	54.89	44.21	82.70	70.21	58.30
Soybean meal	22.29	24.30	25.61	13.10	14.61	16.00
Cane molasses		10.00	20.00		10.00	20.00
Dicalcium phosphate	2.82	2.78	2.61	1.90	1.82	1.75
Corn oil	2.52	3.74	3.84	1.00	2.38	3.00
Limestone	2.85	3.21	2.67	0.37	0.07	0.05
NaCl	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Min/Vit premix [†]	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Antibiotic	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
L-threonine	0.069	0.066	0.063	0.05	0.05	0.04
D L methionine	0.06	0.057	0.054	0.035	0.015	0.015
L lysine	0.191	0.147	0.133	0.035	0.035	0.035
Nutrients (% DM)						
CP	17.0	17.2	17.2	13.5	13.5	13.5
Lysine	1.01	1.01	1.02	0.63	0.65	0.66
Threonine	0.68	0.67	0.67	0.59	0.58	0.55
Methionine/Cysteine	0.60	0.59	0.58	0.54	0.50	0.47
Tryptophan	0.20	0.20	0.21	0.15	0.15	0.15
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.60	0.57	0.59
Phosphorus	0.70	0.70	0.70	0.45	0.45	0.45
ME, MJ kg ⁻¹ DM	14.0	13.8	13.7	13.9	13.8	13.6

[†]Per kg of diet: 5.5 MIU vitamin A; 1.3 MIU vitamin D; 22 IU vitamin E; 2.2 mg vitamin K; 18 mg pantothenic acid; 5 mg riboflavin; 35 mg niacin; 97 mg choline; 26 µg vitamin B12; 280 mg Mg; 125 mg Zn; 175 mg Fe; 24.92 mg Cu; 0.27 mg Se. [‡]Por kg de dieta: 5.5 MIU vitamina A; 1.3 MIU vitamina D; 22 IU vitamina E; 2.2 mg vitamina K; 18 mg ácido pantoténico; 5 mg riboflavina; 35 mg niacina; 97 mg colina; 26 µg vitamina B12; 280 mg Mg; 125 mg Zn; 175 mg Fe; 24.92 mg Cu; 0.27 mg Se.

Experimental diets and cages were randomly assigned, and the diet changes for each group prevented that repeated diets were provided at the same collection period. The collection period was 7 d followed by 7 d of adaptation to diets. Daily feed intake was recorded to obtain maximum feed intake. For the collection period 95 % of the maximum feed intake observed for the adaptation period was offered, dividing the total per day in three feeds like that of the adaptation period. Daily feed refusals, fecal samples and urine aliquots were composited per animal for each collection period and N content was determined according to AOAC (1997). Feed samples of each diet were taken after mixing and frozen at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. To assure freshness and to prevent loss of available lysine, diets were not stored more than ten days after being mixed.

Feed samples were analyzed twice to determine N content by macro Kjeldahl method (AOAC, 1997). To determine amino acid composition samples were analyzed by triplicate, finely ground, fat extracted (Ashworth, 1987) and hydrolyzed for 21 h in 6N HCL solution as described by Gehrke and Wall (1985). Amino acid composition of hydrolysates was determined by HPLC (Beckman System 6300-gold).

Each growing and finishing trial were conducted in a replicated 3×3 Latin Square design with three treatments (diets: 0, 10 and 20 % of cane molasses) and six collection periods with six replicates for each diet. All statistical analysis were conducted using PROC MIXED (SAS, 2002). Model effects were period and treatment while animal was termed a random effect and placed into the random statement. Means were compared with Tukey test (Steel and Torrie, 1996). Additionally, orthogonal polynomial coefficients were used to test the linear or quadratic effects of feeding cane molasses on N balance variables. All data are presented as least square means and differences were considered when $p \leq 0.05$.

Experiment 2

A N balance trial was conducted to evaluate the effect of diets with 0 or 20 % of CM (dry bases) and three levels of crude protein (10, 12, and 14 %) for finishing barrows (Table 2). Two groups of six crossbred finishing barrows ($49.3\text{ kg} \pm 0.4$ body weight) were used in a replicate N balance trial. Pigs were housed in metabolic crates with characteristics as described in Experiment 1. Feed samples were taken after mixing and frozen ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) to prevent losses of available lysine. Diets were elaborated once a week. Feed samples urine and feces were analyzed by duplicate to determine N percentage and crude protein ($\text{N} \times 6.25$) by macro Kjeldahl method (AOAC, 1997). Collection and analysis of fecal and urinary samples were performed as described in Exp. 1.

(base materia seca). Las dietas se formularon para contenidos de proteína similares de acuerdo con NRC (2012), para cerdos en crecimiento y finalización (Cuadro 1).

Siete días antes del período de recolección, los cerdos se adaptaron a las jaulas, y al régimen de alimentación y las dietas tres veces al día, con un intervalo mínimo de 7 h entre cada comida. Las dietas y las jaulas experimentales se asignaron al azar, y los cambios en la dieta para cada grupo impidieron proporcionar dietas repetidas en el mismo período de recolección. El consumo diario de alimento se registró para obtener el dato máximo. El período de recolección fue 7 d seguido de 7 d de adaptación a las dietas. El consumo diario de alimento se registró para obtener el consumo máximo de alimento. En el período de recolección se ofreció el 95 % del consumo máximo de alimento observado para el período de adaptación; se dividió el total por día en tres alimentos similares a los del período de adaptación. Cada día se recolectó el alimento rechazado, muestras fecales y alícuotas de orina, por animal en cada período de recolección y se determinó el contenido de N (AOAC, 1997). Muestras de alimento de cada dieta se tomaron después de mezclarlo y se congelaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para asegurar la frescura y evitar la pérdida de lisina disponible, las dietas no se almacenaron más de 10 d después de mezcladas.

Las muestras de alimento se analizaron dos veces para determinar el contenido de N mediante macro Kjeldahl (AOAC, 1997). Para determinar la composición de aminoácidos, las muestras se analizaron por triplicado, finamente molidas, se extrajo la grasa (Ashworth, 1987) y se hidrolizaron 21 h en una solución 6N de HCL, (Gehrke y Wall, 1985). La composición de aminoácidos de los hidrolizados se determinó por HPLC (Sistema Beckman 6300-gold).

Cada experimento de crecimiento y finalización se realizó con un diseño de Cuadro Latino 3×3 con tres tratamientos (diets: 0, 10 y 20 % de melaza de caña) y seis períodos de recolección con seis repeticiones para cada dieta. Todos los análisis estadísticos se realizaron con PROC MIXED (SAS, 2002). Los efectos del modelo fueron el período y el tratamiento, mientras que el animal se consideró efecto aleatorio, y se colocó en el enunciado del modelo. Las medias se compararon con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1996). Además, coeficientes polinomiales ortogonales se usaron para probar los efectos lineales y cuadráticos de la alimentación de melaza de caña sobre las variables del balance de N. Todos los datos se presentan como promedios de cuadrados mínimos, y se consideraron diferentes cuando $p \leq 0.05$.

Experimento 2

Un experimento de balance de N se realizó para evaluar el efecto de las dietas con 0 o 20 % de CM (base seca) y tres niveles de proteína cruda (10, 12 y 14 %) en los cerdos en finalización

Table 2. Ingredients and composition diets of Experiment 2.
Cuadro 2. Ingredientes y composición de las dietas del Experimento 2.

	Cane molasses (0 %)†			Cane molasses (20 %)†		
	CP 10 %	CP 12 %	CP 14 %	CP 10 %	CP 12 %	CP 14 %
Ingredient (g kg⁻¹)						
Corn grain	91.714	86.89	81.612	65.242	59.958	54.724
Soybean meal	3.688	8.587	14.525	7.107	12.407	17.747
Canola oil				3.885	3.885	3.885
Cane molasses				20	20	20
L-Threonine	0.102	0.055		0.072	0.062	0.032
L-Lys	0.328	0.288	0.22	0.276	0.226	0.166
Dic. Phos	2.948	2.8	2.589	2.365	2.432	2.345
Limestone	0.167	0.223	0.302			
NaCl	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Min/Vit‡	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Nutrients‡						
ME (Mcal kg ⁻¹)	3.255	3.258	3.26	3.17	3.168	3.165
CP (%)	9.98	11.87	13.997	10.03	12.02	14.18
Lysine (%)	0.593	0.704	0.819	0.595	0.708	0.815
Meth+Cyst (%)	0.397	0.469	0.527	0.383	0.447	0.517
Threonine (%)	0.498	0.52	0.564	0.438	0.51	0.563

†Dietary concentration expressed on as fed basis. ‡Per kg of diet: 5.5 MIU vitamin A; 1.3 MIU vitamin D; 22 IU vitamin E; 18 mg pantothenic acid; 5 mg riboflavin; 35 mg niacin; 97 mg choline; 26 mg vitamin B12; 280 mg Mg; 125 mg Zn; 175 mg Fe; 24.92 mg Cu; 0.27mg Se. Calculated values (NRC, 2012) unless indicated. †Concentración dietética expresada con base en alimento. ‡Por kg de dieta: 5.5 MIU vitamina A; 1.3 MIU vitamina D; 22 IU vitamina E; 18 mg ácido pantoténico; 5 mg riboflavina; 35 mg niacina; 97 mg colina; 26 mg vitamina B12; 280 mg Mg; 125 mg Zn; 175 mg Fe; 24.92 mg Cu; 0.27 mg Se. Valores calculados (NRC, 2012), a menos que se indique.

To determine amino acid pattern of diets feed samples finely ground (by triplicate) were defatted using acetone: chloroform (3:1) as described by Ashworth (1987). Lipid extracted samples were submitted to 6N HCl hydrolysis for 21 h at 110 °C according to Gehrke and Wall (1985). The amino acid composition of hydrolysates was determined by HPLC (Beckman, System 6300-gold). Separation was achieved using a 3-lithium buffer physiological elution system with a cation exchange, column.

The experimental design was a replicated Latin Square 6×6 design under a factorial arrangement of treatments with three levels of crude protein (10, 12, and 14 %) and two levels of CM (0 and 20 %). All statistical analysis were conducted using PROC MIXED (SAS, 2002). Model effects were period and treatment while animal was a random effect. Means were compared with Tukey test (Steel and Torrie, 1996). All data are presented as least square means and differences were considered when $p \leq 0.05$.

(Cuadro 2). Dos grupos de seis cerdos de cruce en finalización (49.3 kg \pm 0.4 de peso corporal) se usaron para la prueba replicada de balance de N. Los cerdos se alojaron en jaulas metabólicas con las características descritas en el Experimento 1. Las muestras de alimento se tomaron después de mezclar y se congelaron (-4 °C) para evitar la pérdida de lisina disponible. Las dietas se elaboraban una vez por semana. Las muestras de alimento, orina y heces se analizaron por duplicado para determinar el porcentaje de N y la proteína cruda (N×6.25) por el método de macro Kjeldahl (AOAC, 1997). La recolección y el análisis de las muestras fecales y de orina se realizaron como se describe en el Experimento 1.

Para determinar el patrón de aminoácidos de las dietas, las muestras de alimento se molieron finamente (por triplicado), se desgrasaron con acetona:cloroformo (3:1) según Ashworth (1987). Las muestras de lípidos extraídas se sometieron a hidrólisis con HCl 6N durante 21 h a 110 °C (Gehrke y Wall, 1985). La composición de aminoácidos de los hidrolizados se determinó por

RESULTS AND DISCUSION

Experiment 1

In growing pigs, the inclusion of cane molasses in diets increased quadratically ($p \leq 0.05$) daily feed and N intake (Table 3). The larger increase in feed intake was observed when 20 % CM was included. Because of the larger feed intake, N intake, total N losses and urinary N were greater for the pigs receiving 20 % CM than 0 and 10 % (quadratic, $p \leq 0.05$). Also, fecal N increased linearly ($p \leq 0.05$) as cane molasses increased in the diet. Despite the larger fecal excretion, derived from the larger amount of feed intake for CM, the daily N absorbed and retained were similar for treatments, resulting in lower efficiency of N retention values (N retained as percentage of intake and absorbed) in growing pigs fed 20 % CM, as compared to 0 and 10 %.

HPLC (Sistema Beckman 6300-gold). La separación se logró con un sistema de elusión fisiológica con solución amortiguadora de 3-litio en una columna de intercambio de cationes.

El diseño experimental fue un Cuadro Latino 6×6 con arreglo factorial de tratamientos con tres niveles de proteína cruda (10, 12 y 14 %) y dos niveles de CM (0 y 20 %). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el PROC MIXED (SAS, 2002). Los efectos del modelo fueron el período y el tratamiento, mientras que el animal fue un efecto aleatorio. Los promedios se compararon con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1996). Todos los datos se presentan como promedios de cuadrados mínimos, y se consideraron diferentes cuando $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

En los cerdos en crecimiento, la inclusión de la melaza de caña en las dietas incrementa

Table 3. Nitrogen balance in pigs fed diets with cane molasses. Experiment 1.
Cuadro 3. Balance de nitrógeno en cerdos alimentados con melaza de caña. Experimento 1.

	Cane molasses, % DM			SEM	p-values	
	0	10	20		L ^a	Q ^{††}
Growing pigs (20-50 kg)						
Feed intake (kg d ⁻¹)	1.8 ^b	1.8 ^b	2.0 ^a	0.21	0.10	0.001
N intake (g d ⁻¹)	42.4 ^b	41.6 ^b	46.9 ^a	0.81	0.12	0.012
Total N losses (g d ⁻¹) [†]	16.1 ^b	16.4 ^b	21.5 ^a	0.42	0.011	0.051
Fecal N (g d ⁻¹)	7.8 ^b	8.5 ^b	11.1 ^a	0.30	0.007	0.064
Urinary N (g d ⁻¹)	8.3 ^b	7.9 ^b	10.4 ^a	0.60	0.39	0.041
N absorbed (g d ⁻¹) [‡]	34.6	33.1	35.8	1.11	0.81	0.92
N retained (g d ⁻¹) [§]	26.3	25.2	25.4	0.72	0.58	0.71
N digestibility (%) ^b	81.6 ^a	79.6 ^{ab}	76.3 ^b	0.78	0.012	0.043
N retained of intake (%)	62.0 ^a	60.6 ^a	54.1 ^b	1.05	0.043	0.059
N retained of absorbed (%)	76.0 ^a	76.1 ^a	70.9 ^b	1.04	0.59	0.041
Finishing pigs (50-100 kg)						
Feed intake (kg d ⁻¹)	3.2 ^b	3.5 ^a	3.6 ^a	0.29	0.022	0.046
N intake (g d ⁻¹)	63.1 ^b	66.8 ^a	66.4 ^a	0.85	0.049	0.015
Total N losses (g d ⁻¹) [†]	28.6 ^c	33.9 ^b	37.3 ^a	0.63	0.002	0.69
Fecal N (g d ⁻¹)	8.1 ^b	11.0 ^a	11.8 ^a	0.26	0.001	0.039
Urinary N (g d ⁻¹)	20.6 ^c	22.9 ^b	25.5 ^a	0.69	0.001	0.045
N absorbed (g d ⁻¹) [‡]	55.0	55.8	54.6	0.99	0.79	0.71
N retained (g d ⁻¹) [§]	34.5 ^a	32.9 ^{ab}	29.1 ^b	0.75	0.011	0.039
N digestibility (%) ^b	87.2 ^a	83.5 ^b	82.2 ^b	0.57	0.009	0.042
N retained (% of intake)	54.6 ^a	49.3 ^b	43.8 ^c	0.81	0.005	0.68
N retained (% of absorbed)	62.7 ^a	59.0 ^b	53.3 ^c	0.93	0.003	0.72

[†]Fecal N + urinary N; [‡]N intake - fecal N; [§]N intake - N output; ^b(N absorbed × 100)/N intake. ^aLinear effect of cane molasses level in the diet ($p \leq 0.05$). ^{††}Quadratic effect of molasses. ^{a-c}Means with different letter in a row are statistically different ($p \leq 0.05$). [‡]N fecal + N en orina; [§]N ingerido - N fecal; [§]N ingerido - N excretado; ^b(N absorbido × 100)/N ingerido. ^aEfecto lineal del nivel de melaza de caña en la dieta ($p \leq 0.05$). ^{††}Efecto cuadrático de la melaza. ^{a-c}Los promedios en una línea con letra diferente son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

In finishing pigs, feed and N intake was also increased linearly as dietary inclusion of CM. Because of the increased feed intake, the N excretion (urinary and fecal) increased linearly ($p \leq 0.05$) as CM increased in the diet. Daily N absorption was not affected by dietary inclusion of CM, although N retention, digestibility of nitrogenous nutrients and N efficiency utilization (N retained as intake and absorbed) was reduced linearly ($p \leq 0.05$) as CM level increased in the diet.

The fact that CM increased feed intake in both growing and finishing pigs is not clear; in piglets fed diets based entirely on molasses had higher growth performance compared to pigs fed diets based on lactose because of the better taste of the molasses-based diets (Mavromichalis *et al.*, 2000). The limitation on the use of liquid molasses in complete feeds is the reduced energy content of an ingredient that usually contains more than 50 % water. The addition of simple liquid molasses decreases feed efficiency, as the energy density of the diet is reduced (Harmon and Einstein, 1998). As a consequence, the daily feed intake of pigs increases in order to fulfill energy requirements. Although in our study corn oil was added to CM diets in order to achieve isocaloric diets, the feed intake of diets with 20 % CM was higher than with the other diets. A reduction of nitrogenous reduction of CM was also observed because of amino acids unbalance in diets (Ly *et al.*, 2014).

Therefore, digestibility of nitrogenous nutrients decreased linearly ($p \leq 0.05$) as dietary level inclusion of cane molasses increased. Xandé *et al.* (2010) suggested a depressive effect on dietary protein digestibility by reducing the protein availability for growth purposes. Thus, growth performance of pigs fed CM could be limited by the low digestible dietary protein content.

Besides, it is important to point out that diets containing CM must be formulated based on ideal protein concept (Castro and Martínez, 2015) to reduce N excretion and improve N efficiency utilization, although it is necessary to validate these assumptions. According to Castro and Martínez (2015) and our research, although not all studies showed similar results (Sureshkumar *et al.*, 2016), high level of molasses (up to 20 %) might increase N losses in pigs by speeding up the passage rate and decreasing protein digestibility, causing higher fecal and urine nitrogen excretion with adverse effects on the environment.

cuadráticamente ($p \leq 0.05$) la ingesta diaria de alimento y de N (Cuadro 3). El mayor aumento en la ingesta de alimento se observó cuando se incluyó 20 % de CM. Debido a la mayor ingesta de alimento, el consumo de N, las pérdidas totales de N y el N en orina fueron mayores para los cerdos que recibieron 20 % de CM, con respecto a los que recibieron 0 y 10 % (cuadrática, $p \leq 0.05$). Además, el N fecal aumentó de manera lineal ($p \leq 0.05$) al aumentar la melaza de caña en la dieta. A pesar de la mayor excreción fecal, derivada de la mayor cantidad de ingesta de alimento para CM, el N diario absorbido y retenido fueron similares para los tratamientos. Esto resultó en una menor eficiencia de los valores de retención de N (N retenido como porcentaje de ingesta y absorción) en cerdos en crecimiento alimentados con 20 % de CM, en comparación con las proporciones 0 y 10 %.

En los cerdos en finalización, el consumo de alimento y N también aumentaron linealmente, con la inclusión de CM en la dieta. Debido al mayor consumo de alimento, la excreción de N (urinaria y fecal) aumentó de modo lineal ($p \leq 0.05$) al aumentar CM en la dieta. La absorción diaria de N no se afectó por la inclusión de CM en la dieta, aunque la retención de N, la digestibilidad de nutrientes nitrogenados y el uso eficiente del N (N retenido como consumo y absorbido) se redujo de manera lineal ($p \leq 0.05$) al aumentar el nivel de CM en la dieta.

El hecho de que la CM aumentara el consumo de alimento en cerdos en crecimiento y en finalización no está claro; pues, lechones alimentados con dietas basadas por completo en melaza tuvieron un mayor crecimiento, comparados con cerdos alimentados con lactosa, debido al mejor sabor de las dietas basadas en melaza (Mavromichalis *et al.*, 2000). La limitación en el uso de melazas líquidas en alimentos completos es el contenido energético reducido de un ingrediente que por lo general contiene más del 50 % de agua. La adición de melaza líquida simple disminuye la eficiencia de la alimentación porque se reduce la densidad energética de la dieta (Harmon y Einstein, 1998). Como consecuencia, el consumo diario de alimento de los cerdos aumenta para cumplir los requisitos energéticos. Aunque en nuestro estudio se agregó aceite de maíz a las dietas con CM para lograr dietas isocalóricas, el consumo de dietas con 20 % de CM fue mayor que las otras dietas. También se observó una reducción de la digestibilidad de nutrientes nitrogenados de las

Experiment 2

Because there was not interaction between dietary levels of CM and CP, results are showed as individual factors. Cane molasses did not affect any variable of N balance. Nitrogen intake and absorbed were linearly increased ($p \leq 0.01$) as CP levels in the diet increased. Nitrogen intake, fecal, urinary, absorbed, retained and digestibility, as well as lysine intake and PUN (plasma urea nitrogen) were linearly increased ($p \leq 0.01$) as CP percentage in diets increased. Total N losses, fecal N, N retained as % of intake and N retained as % of absorbed were not affected by CP percentage in the diets (Table 4).

Similar results with corn-soybean based diets were observed by Tuiotek *et al.* (1997), who found no difference in feeding low protein diets for growing-finishing pigs if ideal protein concept is kept when formulating amino acid composition of diets. Stemme *et al.* (2005) found that diets containing CM or derivatives caused an adverse effect of N utilization, caused by CM effect on passage rate and, therefore, a reduction in digestibility, when diets are formulated as a protein percentage. Gottlob *et al.* (2006) indicated that ideal protein pattern is useful, reduces excess of amino acids and prevent amino acid deficiency by providing a more accurate level of all amino acids; besides, by reducing N excess prevent energy expenditure in urea synthesis and excretion.

CM debido al desequilibrio de los aminoácidos en las dietas (Ly *et al.*, 2014).

Por lo tanto, la digestibilidad de nutrientes nitrogenados disminuyó linealmente ($p \leq 0.05$) al aumentar la inclusión de melaza de caña en la dieta. Xandé *et al.* (2010) sugirieron un efecto depresivo sobre la digestibilidad de las proteínas dietéticas al reducir la disponibilidad de proteínas con fines de crecimiento. Así, el rendimiento del crecimiento de los cerdos alimentados con CM pudo ser limitado por el bajo contenido de proteína dietética digerible.

Además, es importante señalar que las dietas con CM deben formularse basadas en el concepto de proteína ideal (Castro y Martí, 2015) para reducir la excreción de N y mejorar el uso eficiente del N, aunque se debe validar estos supuestos. Según Castro y Martínez (2015) y nuestra investigación, aunque no todos los estudios mostraron resultados similares (Sureshkumar *et al.*, 2016), un alto contenido de melaza (hasta 20 %) podría aumentar las pérdidas de N en cerdos al acelerar la tasa de paso y reducir la digestibilidad de las proteínas, lo que causa una mayor excreción de nitrógeno en las heces y la orina con efectos adversos para el ambiente.

Experimento 2

Debido a que no hubo interacción entre los niveles dietéticos de CM y PC, los resultados se

Table 4. Effect of CP level and energy source on the N balance of finishing pigs, Experiment 2.

Cuadro 4. Efecto del nivel de CP y la fuente de energía en el balance de N de cerdos en finalización, Experimento 2.

	Crude protein (%)			SEM	Cane molasses (%)		
	10	12	14		0	20	SEM
Feed intake (kg d ⁻¹)	2.8	2.8	2.9	0.31	2.9	2.8	0.35
N intake (g d ⁻¹)	42.5 ^c	52.0 ^b	63.1 ^a	0.73	51.2	50.0	0.89
Total N losses (g d ⁻¹)	19.9 ^b	22.9 ^b	27.7 ^a	0.59	23.7	22.3	0.60
Fecal N (g d ⁻¹)	8.5	10.0	9.8	0.27	10.5	9.4	0.24
Urinary N (g d ⁻¹)	11.4 ^b	12.9 ^b	17.8 ^a	0.34	13.2	12.9	0.42
N absorbed (g d ⁻¹)	34.0 ^c	42.0 ^b	53.3 ^a	0.72	40.7	40.6	0.90
N retained (g d ⁻¹)	22.6 ^c	29.1 ^b	35.4 ^a	0.71	27.5	27.7	0.74
N digestibility (%)	80.0 ^b	80.8 ^b	84.5 ^a	0.31	79.5	81.2	0.36
N retained (% of intake)	53.2	55.9	56.1	1.09	53.7	55.4	1.02
N retained (% of absorbed)	66.5	69.2	66.4	1.11	67.5	68.2	1.23
Lys intake (g d ⁻¹)	19.4 ^c	23.0 ^b	28.7 ^a	0.24	23.4	24.6	0.30
Plasma urea N (mg dL ⁻¹)	7.5 ^b	9.4 ^{ab}	11.1 ^a	0.48	9.3	10.6	0.60

† No crude protein × cane molasses interaction ($p > 0.05$); ^{a-c} Means in a row with different letter are statistically different ($p \leq 0.05$). ✦ † Sin interacción proteína cruda × melaza de caña ($p > 0.05$); ^{a-c} Los promedios en una línea con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

This fact emphasizes the importance of fortifying lysine in diets containing CM, and diets with this ingredient must be formulated based on the ideal protein concept. If lysine is the main amino acid, the levels of all the other amino acids must be provided as a percentage of lysine level. Similar results in feed and protein intake were found by Diaz *et al.* (2000) with diets containing 20 % of CM.

CONCLUSIONS

Addition of cane molasses up to 20 %, in diets for growing and finishing barrows does not negatively modify the productive response. Diets with molasses should be fortified with L-lysine, while the levels of the other amino acids must be provided following the ideal protein concept. The dietary protein concentration of cane molasses diets can be reduced assuring optimal response of pigs, as long the lysine levels be kept as it was indicated above.

LITERATURE CITED

- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis Vol 1. 16th ed. Arlington, VA, USA. 771 p.
- Ashworth, R. B. 1987. Ion-exchange separation of amino acids with postcolumn orthophthalaldehyde detection. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 70: 248-252.
- Bayley, H., V. Figueroa, J. Ly, A. Maylin, and A. Perez. 1983. Utilization of sugar cane final molasses by pig: energy metabolism. *Can. J. Anim. Sci.* 63: 455-462.
- Castro, M., and M. Martínez. 2015. Pig feeding with nontraditional products: fifty years on research at the Instituto de Ciencia Animal. *Cuba J. Agric. Sci.* 49: 189-196.
- Díaz, C. P., E. González, and Y. Rodríguez. 2000. Peso vivo inicial de cerdos en ceba y su relación con el comportamiento productivo en un sistema de alimentación con pienso y miel final *ad libitum*. *Rev. Cuba. Cienc. Agric.* 34: 337-340.
- Gehrke, C. W., and L. L. Wall. 1985. Sample preparation for chromatography of amino acids: Acid hydrolysis of protein. *J. AOAC.* 811 p.
- González, J., P. Lezcano, and S. Castañeda. 1993. Sistema de alimentación para cerdos en ceba con dietas basadas en miel final y pienso con Saccharina de bagacillo. *Rev. Cuba. Cienc. Agríc.* 27: 185-192.
- Gottlob, R. O., J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. S. Dritz, J. L. Nelsen, C. W. Hastad, and D. A. Knabe. 2006. Amino acid and energy digestibility of protein sources for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 1396-1402.
- Harmon, B. J., and M. E. Einstein. 1998. Molasses/fat combination as a nutrient source for swine. *Swine Day Report*. Purdue University, West Lafayette, IN, USA. pp: 91-96.
- Ly, J., R. Almaguel, P. Lezcano, and E. Delgado. 2014. Highest molasses or maize as energy source for growing pigs. Performance traits and rectal digestibility. *Cub. J. Agric. Sci.* 48: 281-285.

muestran como factores individuales. La melaza de caña no afectó ninguna variable del balance de N. El consumo y absorción del nitrógeno aumentaron linealmente ($p \leq 0.01$) al aumentar los niveles de PC en la dieta. El consumo y la excreción fecal y urinaria, la absorción, retención y digestibilidad del nitrógeno, así como el consumo de lisina y el PUN (nitrógeno ureico en plasma) aumentaron linealmente ($p \leq 0.01$) al aumentar el porcentaje de CP en las dietas. Las pérdidas totales de N, el N fecal, el N retenido como % de la ingesta y el N retenido como % de la absorción no se afectaron por el porcentaje de CP en las dietas (Cuadro 4).

Tuiotek *et al.* (1997) observaron resultados similares con dietas a base de maíz-soya, y no encontraron diferencias en la alimentación con dietas bajas en proteínas para cerdos en crecimiento-finalización si se mantiene el concepto de proteína ideal al formular la composición de aminoácidos de las dietas. Stemme *et al.* (2005) encontraron que las dietas que contienen CM o derivados causaron un efecto adverso en el uso del N, causado por el efecto de CM en la tasa de paso y, por lo tanto, una reducción en la digestibilidad, cuando las dietas se formulan como porcentaje de proteína. Gottlob *et al.* (2006) indicaron que el patrón ideal de proteína es útil, que reduce el exceso y previene la deficiencia de aminoácidos al proporcionar un nivel más preciso de todos los aminoácidos; además, al reducir el exceso de N previene el gasto energético en la síntesis y excreción de la urea.

Este hecho enfatiza la importancia de fortalecer con lisina las dietas que contienen CM, y las dietas con este ingrediente deben formularse con base en el concepto de proteína ideal. Si la lisina es el aminoácido principal, los niveles de todos los otros aminoácidos deben proporcionarse como porcentajes del nivel de lisina. Diaz *et al.* (2000) encontraron resultados similares en el consumo de alimento y proteína con dietas que contienen 20 % de CM.

CONCLUSIONES

La adición de melaza de caña hasta un 20 %, en las dietas para crecimiento y finalización de cerdos, no modifica negativamente la respuesta productiva. Las dietas con melaza deben enriquecerse con L-lisina, mientras que los niveles de los otros aminoácidos deben proporcionarse con el concepto de proteína ideal.

- Mavromichalis, I., J. D. Hancock, R. H. Hines, B. W. Senne, and H. Cao. 2000. Lactose, sucrose, and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 93: 127-135.
- NRC (National Research Council). 2012. *Nutrient Requirements of Swine. Eleventh Revised Edition.* National Academic Press, Washington, D.C. 20418 USA. 420 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/13298>
- SAS (Statistical Analysis System Institute) 2002. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide.* SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 5136 p.
- Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1996. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach.* Jenson Books Inc, USA. 633 p.
- Stemme, K., B. Gerdes, A. Harms, and J. Kamphues. 2005. Beet-vinasse (condensed molasses solubles) as an ingredient in diets for cattle and pigs – nutritive value and limitations. *J. Anim. Physiol. Anim. Nut.* 89: 179-183.
- Tuitoek, J. K., L. G. de Lange, and B. J. Kerr. 1997. Body composition and protein and fat accretion in various body

La concentración de proteína dietética, en dietas con melaza de caña, se puede reducir para asegurar una respuesta óptima en cerdos, siempre que los niveles de lisina se mantengan como ya se indicó.

—Fin de la versión en Español—



- components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. *J. Anim. Sci.* 75: 1584-1590.
- Xandé, X., H. Archimède, J. L. Gourdine, C. Anais, and D. Renaudeau. 2010. Effects of the level of sugarcane molasses on growth and carcass performance of Caribbean growing pigs reared under a ground sugarcane stalks feeding systems. *Trop. Anim. Health Prod.* 42: 13-20.