

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE LISINA SOBRE LA GANANCIA DE PESO Y CARACTERÍSTICAS CÁRNICAS Y DE LA CANAL EN CERDOS EN INICIACIÓN

Effect of Lysine Supplementation on Weight Gain and Meat and Carcass Characteristics in Initiation Pigs

Ramón F. García Castillo ¹, Orlando E. Malacara Álvarez ¹, Jaime Salinas Chavira ², Manuel Torres Hernández ¹, Jesús M. Fuentes Rodríguez ¹ y Jorge R. Kawas Garza ³

¹ Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México CP-25315. Email: rgarcas@uaaan.mx. ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. ³ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación de lisina en dietas para cerdos en iniciación sobre ganancia de peso y características de la canal y cárnicas. Se utilizaron 18 cerdos castrados (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) con peso vivo inicial promedio de 10,13 kg y 40 días de edad. Se asignaron en tres tratamientos (T) con 6 repeticiones cada uno. El testigo (T1) fue dieta basal sin lisina adicionada; T2 = T₁ + 0,285 kg de L-lisina/100 kg de alimento, y T3 = T₁ + 0,569 kg de lisina/100 kg de alimento. Los cerdos se alimentaron por 33 d. La dieta basal fue de sorgo, (*Sorghum vulgare*) y pasta de soya, (*Glycine max*) (20,81% de PC y 3.460 Mcal EM/kg de MS). Al final del período de alimentación se registró el peso de los animales, la altura a la cruz (cm), circunferencia torácica (cm), espesor de grasa dorsal medida con ultrasonido. Para las características de la canal y cárnicas se sacrificaron al azar cuatro animales por tratamiento. Para muestras de costilla, jamón y paleta de cada canal se analizó para MS, PC, grasa y cenizas. No se encontró diferencias ($P \geq 0,05$) entre tratamientos para ganancia de peso, altura a la cruz, circunferencia torácica, y grasa dorsal (mm). Para peso al sacrificio, rendimiento de la canal caliente y fría, área del ojo de la costilla, contenido de MS, PC, grasa y cenizas de costilla, jamón y paleta fueron similares ($P \geq 0,05$) entre tratamientos. Se concluye que la lisina como promotor de crecimiento de tejido magro no se reflejó en ganancia de peso, características de la canal o composición de la carne de los cerdos en iniciación.

Palabras clave: Lisina, cerdos en iniciación, alimentación, canal, carne.

ABSTRACT

The effect of lysine supplementation in diets for growing pigs on weight gain, carcass and meat characteristics was evaluated. Eighteen castrated pigs (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) of 10.13 kg initial weight and 40 d of T2 = T₁ + 0.285 kg of lysine / 100 kg of feed; and T3 = T₁ + 0.569/100 kg of feed. Basal diet contained 20.81% CP and 3,460 Mcal/kg of ME. Pigs were fed for 33 d. At the end of the feeding trial final weight, cross height (cm) and thoracic circumference (cm), and subcutaneous fat measured with ultrasound were recorded. For carcass and meat characteristics, four pigs per treatment selected at random were slaughtered. Samples of rib, ham and shoulder from each carcass were analyzed for DM, CP, fat and ash. There were no differences ($P > 0.05$) between treatments for weight gain, cross height, thoracic circumference, weight at sacrifice, hot and cold carcass yields, rib eye area and subcutaneous fat. The content of DM, CP, fat and ash was similar ($P > 0.05$) among treatments. It is concluded that lysine as growth promotant of lean tissue was no reflected in weight gain, carcass characteristics or meat composition of the growing pigs.

Key words: Lysine, growing pigs, feeding, carcass, meat.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la calidad del producto porcino no es solamente exigencia local o nacional sino a nivel mundial. Para esto, es necesario ser más eficientes y competir con productos de calidad. La genética ha mejorado el índice de conversión del alimento en el producto obtenido del cerdo (*Sus scrofa domestica*), así como las canales son más magras. El

productor debe obtener un máximo incremento de peso en el menor tiempo posible, ofreciendo alimento que mejore la calidad de la canal [15].

Los requerimientos nutritivos básicos del cerdo los obtiene de la proteína, minerales, vitaminas y la energía [19, 20]. Sin embargo, proteínas de algunos ingredientes (sorgo, *Sorghum vulgare*; maíz, *Zea mays*; avena, *Avena sativa*, etc.) de uso común en la alimentación del cerdo presentan deficiencia o son limitantes para algunos aminoácidos esenciales como lisina, metionina, triptófano, treonina y valina. Esta limitante puede causar efectos adversos en el comportamiento productivo del animal.

Los granos de cereales generalmente proveen del 30 al 70% del total de la proteína de la dieta, por lo que es necesario agregar otras fuentes de proteína para un adecuado balance proteico. El grano de sorgo como ingrediente básico en la formulación de dietas para cerdos es buena fuente de energía pero poco eficiente en lisina [19].

La lisina es el aminoácido formador de tejido magro y reduce la acumulación de grasa en la canal en pollos de engorde [8]. De acuerdo con Friesen y col. [6], el cúmulo de proteína depende del consumo diario de lisina. Las recomendaciones usuales podrían estar subestimadas para máximo cúmulo proteico y disminuir deposición de grasa en la canal, para garantizar buen crecimiento y desarrollo muscular. Animales alimentados a base de maíz, *Zea mays*; harinas de soya, *Glycine max* o sorgo, *Sorghum vulgare*; dependerán más del nivel de lisina suministrado [13]. La lisina, se considera el primer aminoácido limitante [2], por lo tanto, la suplementación de lisina en la dieta del cerdo en crecimiento debe mejorar su comportamiento productivo (consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia), la característica de la canal y su composición química. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de lisina en la dieta para cerdos en iniciación, por medio de ganancia de peso diario, el rendimiento y calidad de la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de trabajo

Esta investigación se realizó en la Unidad Metabólica y laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El clima de la región es BSo kx'(w) (e) que se caracteriza por ser seco o árido, el más seco de los BS, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, precipitación media anual de 225 mm y temperatura media anual de 17,7°C [7].

Distribución de los animales y tratamientos

La prueba de alimentación contó con un periodo experimental con una duración de 33 días. Se utilizaron 18 cerdos castrados, cruce tipo comercial (Yorkshire, Hampshire, Duroc

y Landrace) con peso vivo inicial promedio de 10,134 kg y 40 días de edad. Se dividieron en tres grupos o tratamientos (T) con 6 repeticiones cada uno, considerado cada cerdo como una unidad experimental. Los animales se distribuyeron en tres corrales de concreto de 9,0 M² (3,0 x 3,0 m) equipadas con comedero y bebedero automático. El grupo testigo (T₁) dieta basal sin lisina adicionada; T₂ = T₁ + 0,285 kg de L-lisina/100 kg de alimento y T₃ = T₁ + 0,569 kg de lisina/100 kg de alimento.

Composición y análisis químico de las dietas

Las dietas se formularon a base de sorgo molido y pasta de soya para contener: 20,81% de PC y 3.460 Mcal energía metabolizable (EM) por kilogramo de Materia Seca (MS). La lisina utilizada tenía 98% de pureza de Basf Mexicana S. A. de C. V. Los requerimientos nutricionales para cerdos de esta edad y peso se establecieron de acuerdo a las tablas de requerimientos para cerdos [20]. Se estimó un contenido de 1,138; 1,423 y 1,707% de lisina para T₁, T₂ y T₃, respectivamente (TABLA I). La ración base fue analizada para determinar su composición química. Muestras de las raciones fueron obtenidas para su posterior análisis, fueron secadas en una estufa marca Thelco, Modelo 27, Chicago, IL 60647, EUA.; a 60°C y molidas a través de una malla de 1 mm en un molino de marca Thomas-Wiley, laboratorio Mill, modelo 4, PA., EUA. Las muestras fueron analizadas para determinar MS a 105°C, humedad y extracto etéreo (EE). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento Kjeldahl, % N x 6,25 [1]. Los contenidos del total de nutrientes digestibles (TND) y EM se estimaron de acuerdo a Crampton y Harris [4]; calcio y fósforo, fueron estimados en base a valores reportados en tablas 11-1 y 11-2 de composición de alimentos [20].

Alimentación y manejo de los lechones

Los animales se pesaron en una báscula (marca: Nuevo León, modelo: AM 500 Kg. Equipos para Mercados S. A. (EMSA), Monterrey, N.L., México) individualmente al inicio y al finalizar la investigación. Esta práctica se realizó siempre a la misma hora (08:00 a. m.) en ayuno y en el mismo orden. La ganancia diaria de peso se calculó considerando la diferencia entre el peso final y el peso inicial dividido entre los días de prueba.

Desarrollo corporal

Una vez finalizado el periodo de la investigación se pesaron los animales individualmente, se anotó la altura a la cruz (cm) y la circunferencia torácico (cm). El espesor de grasa dorsal se midió entre la séptima y octava costilla a una distancia de siete centímetros de la columna; esto se realizó con un equipo de ultrasonido considerando su manual de operación (Marca Draminski Backfat Scanner, Pig Grading Equipment, Draminski Electronics in Agriculture, Owocowa 17, 10-860 Olsztyn, Polonia).

TABLA I
DIETA BASAL UTILIZADA EN LA ALIMENTACIÓN
DE CERDOS/ BASAL DIET USED IN THE PIG FEEDING

Ingredientes	(% Base Seca)
Sorgo molido	63,5
Pasta de soya	25,5
Cebo de res	2,0
Suplemento (VIT-MIN 100) ^a	9,0
Total	100,00
Determinación	Contenido (%)
Humedad	10,4
Materia seca	89,6
Proteína cruda	20,8
Fibra cruda	3,09
NDT ^b	81,8
ED Mcal/kg MS ^b	3,600
EM Mcal/kg MS ^b	3,460
Ca	0,80
P	0,65

NDT = Nutrientes digestibles totales; ED = Energía Digestible; EM = Energía metabolizable; Mcal/kg MS = Megacalorías por kilogramo de materia seca.

^aSuplemento (VIT-MIN 100) = 2,6% lisina.

^bCálculo de NDT y EM (Crampton y Harris [4]).

Características de la canal

Se escogieron al azar cuatro animales de cada tratamiento para sacrificarlos, iniciando a las 8 a.m. Se obtuvo el peso al sacrificio, el peso de la canal caliente y el rendimiento (%) de la canal caliente (peso de la canal caliente como por ciento del peso al sacrificio). Las canales fueron refrigeradas (3 a 5°C por 24 h en cuarto frío construido por la Impulsora de Refrigeración S. A de C. V., Guadalajara, Jal., México) para posteriormente pesarlas y obtener el peso de la canal fría. La variable rendimiento de la canal fría se calculó como por ciento

del peso vivo del animal. El área del ojo de la costilla (cm²) se midió por medio del método de cuadrícula.

Muestras de carne fueron adquiridas de la costilla, jamón y paleta de cada una de las canales para su posterior análisis para MS a 105°C, cenizas, EE y PC, según el procedimiento Kjeldahl, % N x 6,25 [1].

Diseño experimental

La ganancia diaria de peso, espesor de grasa dorsal, altura a la cruz, circunferencia torácica, peso al sacrificio, peso y rendimiento en canal caliente y fría, área del ojo de la costilla, análisis químico de la carne, fueron analizados mediante un diseño completamente al azar para tres tratamientos con igual número de repeticiones, considerando a cada repetición una unidad experimental [22].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ganancia de peso de los cerdos en iniciación, alimentados con raciones con diferentes niveles de lisina se muestra en la TABLA II. Esta variable no mostró diferencia ($P \geq 0,05$) entre tratamientos. El mayor nivel de lisina no mejoró la ganancia de peso. Resultados similares obtuvieron Hansen y col. [11]. En forma diferente, Meade y col. [16] mencionan que una ración (16,7% PC) integrada por maíz, harina de soya, además 3% de harina de pescado y 10% de suero de leche, es necesario suplementar con lisina y metionina para máxima ganancia. De igual manera, Mitchell y col. [17] encontraron mejor comportamiento productivo de los cerdos cuando recibieron 1,26% de lisina en la ración. Para la presente investigación, la ganancia de peso por los cerdos es satisfactoria en todos los tratamientos [20].

Desarrollo corporal

Las mediciones externas en centímetros (altura a la cruz y circunferencia torácica) de los cerdos al finalizar la prueba de alimentación no fueron afectados ($P \leq 0,05$) por la adición de lisina a la ración (TABLA III). La altura a la cruz (cm) fue de 45,333; 45,500 y 44,166; la circunferencia torácica (cm) de 76,916; 76,250 y 73,666 (cm) para T1 a T3, respectivamente.

TABLA II
GANANCIA DE PESO DE CERDOS EN INICIACIÓN EN LAS RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE LISINA/
WEIGHT GAIN OF THE GROWING PIGS ON THE RATIIONS WITH DIFFERENT LYSINE LEVELS.

Variables	T1 0 g LA ^a	T2 0,285 LA ^a	T3 0,589 LA ^a	EEM	P ≥ F
Cerdos/Tratamiento	6	6	6		
Peso inicial (kg)	9,17	10,059	10,542	0,909	0,850
Peso final (kg)	30,50	29,667	29,667	1,556	0,910
Ganancia de peso total (kg)	20,684	19,609	19,122	0,966	0,519
Ganancia de peso/día (kg)	0,627	0,594	0,580	2,743	0,515

^aLA = kg de L-lisina/100 kg de alimento. EEM = Error estándar de la media.

En forma consistente con los resultados de ganancia de peso vivo de los cerdos en el presente estudio, la lisina adicional a la dieta no se refleja en el crecimiento de los cerdos, ya que no se afectó la altura o circunferencia torácica.

Peso y rendimiento de la canal

En la TABLA IV se presentan las características de la canal de cerdos consumiendo raciones con lisina. Las variables estudiadas (peso al sacrificio, pesos de la canal caliente y fría, rendimientos de la canal caliente y fría) fueron similares ($P \leq 0,05$) entre tratamientos. Los pesos al sacrificio fueron de 30,0; 30,0 y 29,5 kg para T₁, T₂ y T₃. Los pesos de la canal caliente fueron de 20,410; 22,035 y 18,910 kg para T₁, T₂ y T₃, respectivamente. El rendimiento en canal fue de 68,0; 73,5 y 64,1% para T₁, T₂ y T₃, respectivamente. Para los tratamientos T₁, T₂ y T₃. Los pesos de la canal fría fueron 20,030; 21,535 y 18,465 kg, mientras que los rendimientos de la canal fría fueron 66,8; 71,5 y 62,6 %, respectivamente.

La adición de diferentes niveles de lisina a la dieta de los cerdos no afectaron ($P \leq 0,05$) el área del ojo de la costilla y espesor de grasa dorsal (mm). El área del ojo de la costilla fue 52,5; 56,5 y 58,0 cm²; el espesor de grasa dorsal, 12,333; 13,714 y 11,428 mm, para T₁ a T₃, respectivamente. En este sentido, Campbell [3] realizó un experimento con cerdos machos destetados a los 20 días de edad. Alimentándolos con una ración control

(20% PC y 1,1% lisina) y raciones con menor contenido (14,6 y 16,6%) de PC. La calidad de la canal no respondió a la suplementación de lisina independientemente del nivel de proteína.

De acuerdo al nivel de incorporación dado, capacidad genética y el sexo se han encontrado resultados variables [9, 10] al evaluar los efectos de la lisina en las características de la canal del cerdo, como rendimiento de la canal, espesor de la grasa dorsal en la última y antepenúltima costilla, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro.

Para el presente estudio el contenido de proteína de la dieta (20,81%) fue el normalmente utilizado para cubrir el requerimiento proteico de los cerdos. Quizás la suplementación de lisina con nivel normal de PC, provocaría que hubiera más energía disponible para síntesis de tejido adiposo y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso y la conversión alimenticia, sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC [5]. Como también, se pueden reducir el recambio de proteína corporal y la producción de calor corporal en cerdos [18]. Sin embargo, la respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir el contenido de PC de la dieta adicionando AA sintéticos, pero las características de la canal podrían mejorarse (menor grasa dorsal) si se reduce la concentración de EM en esas dietas con menor contenido de proteína, esto podría mejorar la calidad de la carne.

TABLA III
DESARROLLO CORPORAL DE CERDOS CONSUMIENDO LAS RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE LISINA/
BODY DEVELOPMENT OF THE PIGS CONSUMING THE RATIONS WITH DIFFERENT LYSINE LEVELS.

Variables	T1 0 g LA ^a	T2 0,285 LA ^a	T3 0,589 LA ^a	EEM	P ≥ F
Número de animales	6	6	6		
Altura a la cruz (cm)	45,33	45,500	44,166	1,150	0,652
Circunferencia torácica (cm)	76,916	76,250	73,666	7,596	0,545

^aLA = kg de L-lisina/100 kg de alimento. EEM = Error estándar de la media.

TABLA IV
PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL DE CERDOS CONSUMIENDO RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE LISINA/
CARCASS WEIGHT AND YIELD OF THE PIGS CONSUMING THE RATIONS WITH DIFFERENT LYSINE LEVELS.

Variables	T1 0 g LA ^a	T2 0,285 LA ^a	T3 0,589 LA ^a	EEM	P ≥ F
Número de animales	4	4	4		
Peso al sacrificio (kg)	30,0	30,0	29,5	4,173	0,996
Peso de la canal caliente (kg)	20,410	22,035	18,910	4,041	0,866
Peso de la canal fría (kg)	20,030	21,535	18,465	4,140	0,873
Rendimiento de la canal caliente (%)	68,0	73,5	64,1	4,710	0,378
Rendimiento de la canal fría (%)	66,8	71,5	62,6	4,776	0,453
Área del ojo de la costilla (cm ²)	52,5	56,5	58,0	14,258	0,965
Espesor de grasa dorsal (mm)	12,333	13,714	11,428	1,440	0,811

^aLA = kg de L-lisina/100 kg de alimento. EEM = Error estándar de la media.

TABLA V
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CANAL DE CERDOS CONSUMIENDO LAS RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE LISINA/ CARCASS CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PIGS CONSUMING THE RATIONS WITH DIFFERENT LYSINE LEVELS

Variables	T1 0 g LA ^a	T2 0,285 LA ^a	T3 0,589 LA ^a	EEM	P≥F
Materia seca (%)					
Costilla	29,4	28,15	30,32	2,36	0,81
Jamón	25,16	25,97	24,25	0,31	0,07
Paleta	18,10	18,46	18,76	5,55	0,99
Proteína cruda (%)					
Costilla	19,03	19,35	19,80	1,63	0,94
Jamón	21,65	21,26	21,23	1,20	0,86
Paleta	18,60	19,48	19,97	0,20	0,12
Extracto etéreo (%)					
Costilla	9,35	9,61	11,04	3,81	0,94
Jamón	1,16	1,46	1,53	0,11	0,17
Paleta	3,46	3,25	3,99	1,03	0,87
Cenizas (%)					
Costilla	1,08	1,17	1,05	0,077	0,59
Jamón	1,23	1,35	1,34	0,13	0,76
Paleta	1,10	1,14	1,22	0,06	0,50

^aLA = kg de L-lisina/100 kg de alimento suplementada. EEM = Error estándar de la media.

Composición química de la canal

El contenido de MS, PC, grasa y cenizas de la costilla, jamón y paleta de los diferentes tratamientos se presenta en la TABLA V. La MS en el jamón tendió a disminuir con la suplementación de lisina ($P \leq 0,07$). Con excepción de MS, las demás determinaciones de composición química de la carne en los cortes de la canal fueron similares entre tratamientos ($P \geq 0,05$).

Aunque no significativo, cerdos que consumieron la ración en la que se incluyó la lisina, tuvieron un mayor contenido de grasa que cerdos del tratamiento testigo. Esta situación ha sido bien estudiada y discutida [5, 18]. Contrario a estos resultados, Schinckel y Lange [21] indican que la proteína corporal aumenta del nacimiento a los 45-65 kg de peso vivo, intervalo en el cual el empleo de lisina se torna más relevante en la diferenciación de las características corporales del cerdo seleccionado para cúmulo de carne magra. Además, Friesen y col. [6] observaron que, el cúmulo proteico dependía del consumo diario de lisina sobre un determinado nivel, por lo que las recomendaciones podrían estar subestimadas para máximo cúmulo proteico en la canal. En este estudio, aunque no hubo diferencia significativa en la concentración de grasa en los cortes evaluados, se observó un ligero mayor contenido de grasa en los cerdos que recibieron la dieta suplementada con lisina. Al respecto, investigaciones revelan que cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina, metionina, treonina y triptófano sintéticos, excretan menos nitrógeno en heces. Además, estas dietas reducen [14] la pérdida de ener-

gía, como también aumentan la retención de EM en tejidos corporales, principalmente grasa. Por lo tanto, la canal del cerdo presenta mayor cantidad de tejido adiposo [12].

CONCLUSIÓN

El efecto de lisina como formador de tejido magro no se reflejó en un cambio de la ganancia de peso o en la calidad de la canal. Consecuentemente, el utilizar dietas con nivel recomendado de PC y lisina es suficiente para crecimiento normal y calidad cárnica del cerdo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15th Ed. Washington, D.C. 1018 pp. 1997.
- [2] BATTERHAM, E.S.; ANDERSEN, L.M.; BAIGENT, D.R.; WHITE, E. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs. Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. **Br. J. Nutr.** 64:81-94. 1990.
- [3] CAMPBELL, R.G. The response of early weaned pigs to suboptimal protein diets supplemented with synthetic lysine. **Anim. Prod.** 26:11-16. 1978.
- [4] CRAMPTON, E.W.; HARRIS, L.E. The use of feedstuffs in the formulation of livestock rations. 2nd Ed. W.H. Free-

- man (Ed). **Applied Animal Nutrition**. San Francisco, EUA. 56-86 pp. 1969.
- [5] FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; FISCHER, R.L.; GÓMEZ, R.S.; DIEDRICHSEN, R.M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low crude protein, amino acid-supplemented diets. **J. Anim. Sci.** 80:2911-2919. 2002.
- [6] FRIESEN, K.G.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. The use of compositional growth curves for assessing the response to dietary lysine by high-lean growth gilts. **J. Anim. Sci.** 62:159-169. 1996.
- [7] GARCÍA, E. Datos meteorológicos de las estaciones empleadas en el presente trabajo actualizados a 1980. Segunda parte. 4ta Ed. Instituto de Geografía. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. UNAM. México. Pp 87-88. 1987.
- [8] GARCÍA, C.R.F.; CRUZ, C.; MORONES, R.; PICÓN, F. Dietas para pollo reproductor basadas en lisina y metionina total y digestible, con adición de enzimas. **Rev. Agr. Nuev. Época.** 52:6-12. 2004.
- [9] HAHN, J.D.; BIEHL, R.R.; BAKER, D.H. Ideal digestible lysine level for early and late finishing swine. **J. Anim. Sci.** 73:773-784. 1995.
- [10] HANSEN, B.; LEWIS, A. Effects of dietary protein concentration (corn:soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: mathematical descriptions. **J. Anim. Sci.** 71:2122-2132. 1993.
- [11] HANSEN, J.A.; KNABE, D.A.; BURGOON, K.G. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 20 to 50 kilogram swine. **J. Anim. Sci.** 71:442-451. 1993.
- [12] KERR, B.J.; MCKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. **J. Anim. Sci.** 73:433-440. 1995.
- [13] KNOWLES, T.A.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 76: 1081-1090. 1998.
- [14] LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **J. Anim. Sci.** 79:1259-1271. 2001.
- [15] MAGA, J.A. Phytate: its chemistry, occurrence, Food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **J. Agr. Food Chem.** 30:1-9. 1982.
- [16] MEADE, R.J.; TYPPO, J.T.; TUMBLERSON, M.E.; GOIHL, J. H. Lysine and methionine supplementation, on rate and efficiency of gain of pigs weaned at an early age. **J. Anim. Sci.** 24:626-632. 1965.
- [17] MITCHELL J.R, J.R.; BECKER, D.E.; JENSEN, A.H.; NORTON, H.W.; HARMON, B.G. Caloric density of the diet and the lysine need of growing swine. **J. Anim. Sci.** 24:977-980. 1965.
- [18] NOBLET, J.; HENRY, Y.; DUBOIS, S. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. **J. Anim. Sci.** 65:717-726. 1987.
- [19] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Protein and amino acids. **Nutrient Requirements of Swine**. 9th Ed. National Academy Press. Washington, D.C. Pp 8-10. 1988.
- [20] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Proteins and amino acids (Chapt. 2); Nutrient requirement tables (Chapt. 10); Composition of feed ingredients (Chapt. 11). **Nutrient Requirements of Swine**. 10th Ed. National Academy Press, Washington, D.C. Pp 16-30, 110-142. 1998.
- [21] SCHINCKEL, A.P.; LANGE, C.F.M. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. **J. Anim. Sci.** 74:2021-2036. 1996.
- [22] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Análisis de varianza I: Clasificación de una vía (Cáp. 7); Comparación múltiples (Cáp. 8). 2da. Ed. **Bioestadística: principios y procedimientos**. McGraw-Hill, New York, EUA. Pp 132-165, 166-185. 1988.