

## Efectos de la relación entre lisina y energía metabolizable en la dieta sobre el desempeño productivo y características de la canal de cerdos en crecimiento

J.J. Colina Rivero<sup>1</sup>, M.E. Díaz<sup>2</sup>, L.E. Manzanilla<sup>2</sup>, H.E. Araque<sup>2</sup>, F.E. Mora<sup>2</sup>, G.E. Martínez<sup>2</sup>

Cátedra de Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela<sup>3</sup>,  
Venezuela. Maracay. Estado Aragua. 2101. Apartado Postal 4563.

Recibido Abril 02, 2013. Aceptado Agosto 10, 2013.

### Effects of lysine to metabolizable energy ratio in the diet on growth performance and carcass characteristics of growing pigs

**Abstract.** To evaluate the effects of dietary digestible lysine and metabolizable energy ratio (Lys:ME; g/Mcal) on growth performance and carcass characteristics of growing pigs, 70 crossbred barrows (Yorkshire × Landrace) were randomly allotted in a design of two complete blocks with five diets and seven replications of two pigs each. Pigs were fed *ad libitum* in two phases with diets containing 2.00, 2.29, 2.57, 2.85 and 3.14 g/Mcal in phase I (26.61-56.68 kg liveweight) and 1.54, 1.77, 2.00, 2.22 and 2.45 g/Mcal in phase II (56.68-83.36 kg liveweight). Average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and feed:gain ratio (FG) were evaluated. Backfat depth (BF) and *longissimus* muscle area (LMA) were measured and lean gain (LG) and lean yield (LY) of carcass were calculated. In the evaluated phases, ADG, ADFI and FG did not significantly differ among treatments. In phase II, ADG increased and FG decreased linearly ( $P < 0.05$ ) with the ratio Lys:ME. In phase I, the ratio affected (linear,  $P < 0.05$ ) BF. The greatest BF (4.67 mm) corresponded to 2.00 g/Mcal. The LG showed a quadratic ( $P < 0.05$ ) and linear ( $P = 0.01$ ) response in phases I and II, respectively, reaching 398 g/d with 2.85 g Lys/Mcal in phase I. The ratio of Lys:EM within the range studied did not affect growth performance and the majority of carcass characteristics of growing pigs.

**Key words:** Growth performance, Lean gain, Lysine, Metabolizable energy, Swine.

**Resumen.** Para evaluar los efectos de la relación entre lisina digestible y energía metabolizable (Lis:EM; g/Mcal) en la dieta sobre el desempeño productivo y características de la canal de cerdos en crecimiento, se utilizaron 70 cerdos castrados cruzados (Yorkshire × Landrace), distribuidos en un diseño de dos bloques completos al azar con cinco tratamientos y siete repeticiones de dos cerdos cada uno. Los cerdos se alimentaron *ad libitum* en dos etapas con dietas que contenían 2.00, 2.29, 2.57, 2.85 y 3.14 g/Mcal en la etapa I (26.61-56.68 kg de peso vivo) y 1.54, 1.77, 2.00, 2.22 y 2.45 g/Mcal en la etapa II (56.68-83.36 kg de peso vivo). Se evaluó el consumo diario de alimento (CAD), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión de alimento (CA). Se midió la profundidad de la grasa dorsal (PGD) y área del músculo *longissimus dorsi* (ALD), y se calculó la ganancia (GM) y rendimiento magro (RMC) de la canal. Las variables GDP, CAD y CA no variaron significativamente entre tratamientos en ninguna etapa. En la etapa II, la GDP incrementó y la CA disminuyó linealmente ( $P < 0.05$ ) con la relación Lis:EM. En la etapa I, la relación afectó (lineal,  $P < 0.05$ ) la PGD. La mayor PGD (4.67 mm) correspondió a 2.00 g/Mcal. La GM mostró un efecto cuadrático ( $P < 0.05$ ) y lineal ( $P = 0.01$ ) en las etapas I y II, respectivamente, alcanzando 398 g/d con 2.85 g Lis/Mcal en la etapa I. La relación Lis:EM dentro de los límites estudiados no afectó el desempeño productivo y la mayoría de las características de la canal.

**Palabras clave:** Desempeño productivo, Energía metabolizable, Ganancia magra, Lisina, Porcinos.

<sup>1</sup>Autor para la correspondencia, e-mail: janeth.colina@ucv.ve

<sup>2</sup>Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Estado Aragua. 2101. Apartado Postal 4579.

<sup>3</sup>Agradecimiento a la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento parcial para la ejecución de este estudio.

## Introducción

Los avances en el mejoramiento genético de los cerdos resultan en mayores tasas de deposición de proteína, lo que requiere modificar las dietas para responder a genotipos más exigentes en nutrientes. Una estrategia nutricional para lograrlo es garantizar la relación óptima entre la cantidad de lisina como primer aminoácido limitante y la energía en las dietas (Urynek y Buraczewska, 2003; De la Llata *et al.*, 2007; Main *et al.*, 2008). La formulación de las dietas para cerdos sobre la base de la relación entre lisina digestible y la concentración energética, expresada en energía metabolizable (g Lis/Mcal de EM) garantiza la cantidad correcta de lisina al variar la densidad energética (De La Llata *et al.*, 2007). De acuerdo a las recomendaciones de la NRC (1998), las relaciones entre lisina digestible y energía metabolizable (Lis:EM) para cerdos en crecimiento oscilan entre 2.0 y 2.5 g/Mcal, lo que indica que esta relación no

es constante y es atribuible a varios factores. Sin embargo, en cerdos jóvenes en crecimiento el mayor efecto está determinado por la interacción entre la densidad energética de la dieta y el consumo de lisina (Zhang *et al.*, 1986). El incremento en la relación Lis:EM en dietas para cerdos en crecimiento se traduce en mejoras en el desempeño productivo (De la Llata *et al.*, 2007; Main *et al.*, 2008). No obstante, el nivel para alcanzar un rendimiento óptimo puede variar con el consumo de energía (Schneider *et al.*, 2010), sexo, línea genética y condiciones ambientales (Main *et al.*, 2008). En el trópico, es limitada la información relacionada con este aspecto. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la relación entre lisina digestible y energía metabolizable en la dieta sobre el desempeño productivo y características de la canal de cerdos en crecimiento.

## Materiales y Métodos

### Ubicación e Instalaciones

Este estudio se condujo durante nueve semanas en las instalaciones del Laboratorio Sección de Porcinos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay. Estas instalaciones se ubican a 67° 36' 36" longitud, 10° 16' 20" latitud, y 443 msnm, con temperatura media anual de 25.1°C y pluviosidad promedio anual de 1063 mm.

Se utilizaron dos galpones experimentales, en el primero se dispuso de 20 corrales de 4 m<sup>2</sup> cada uno, separados por paredes y piso de hormigón; y en el segundo se dispuso de 15 corrales de 4.2 m<sup>2</sup> cada uno, con divisiones de hormigón, piso mitad sólido y mitad con drenaje. Ambos galpones estaban techados y expuestos a luz solar de día y artificial de noche. Además, cada corral estaba provisto de un comedero fijo de tres espacios y un bebedero tipo chupón de acero inoxidable para suministro de agua *ad libitum*.

### Animales y Dietas Experimentales

Se utilizaron 70 cerdos machos castrados, cruzados (Yorkshire × Landrace), con peso promedio inicial de 26.61 kg y 60 días de edad. Se alojaron al azar en los dos galpones descritos (40 en el primero y 30 en el segundo) y se distribuyeron entre cinco dietas experimentales usadas en dos etapas de crecimiento: etapa I (26.61 a 56.68 kg) y etapa II (56.68 a 83.36 kg peso vivo), con duración de cinco y cuatro semanas, respectivamente. Se establecieron siete repeticiones o unidades experimentales (corrales) con dos cerdos cada una para cada dieta. Las cinco dietas

experimentales en cada etapa (Cuadros 1 y 2) se suministraron bajo un modelo de bloques completos al azar con cinco relaciones Lis:EM (g de lisina/Mcal de EM), incluyendo dos niveles limitantes, uno en el requerimiento (NRC, 1998) y dos superiores a éste. Para obtener el incremento en la relación Lis:EM en cada dieta se ajustó la cantidad de maíz, soya, lisina sintética (L-lisina HCl) y se mantuvo la densidad energética en 3.5 Mcal EM/kg utilizando aceite crudo de palma. La determinación de composición química de las dietas experimentales incluyó análisis de materia seca (MS:105°C/24 h) y proteína cruda (N Kjeldahl × 6.25) según la AOAC (1990). El contenido de lisina en las dietas experimentales se determinó mediante espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS).

Para evaluar el desempeño productivo de los cerdos se realizaron estimaciones de consumo diario de alimento (CAD), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión de alimento (CA) durante cada semana de duración del estudio. El CAD se determinó a través del pesaje del alimento colocado menos el no consumido para cada unidad experimental. La GDP se determinó a través de la diferencia entre peso vivo final (PVF) y peso vivo inicial (PVI) de cada semana dividido entre el número de días del período. Para el pesaje semanal de los cerdos se utilizó una balanza electrónica (Tru-TestSpeedrite, Serie EC 2000). La CA se calculó a través de la relación existente entre el CAD y la GDP para cada semana.

Cuadro 1. Dietas experimentales para cerdos en crecimiento (Etapa I: 26.61 a 56.68 kg peso vivo).

	Relación Lis:EM, g/Mcal				
	2.00	2.29	2.57	2.85	3.14
<u>Ingredientes (%)</u>					
Maíz amarillo	71.38	71.41	71.43	71.70	71.79
Harina de soya	19.00	18.80	18.65	18.22	17.99
Aceite crudo de palma	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Salvado de trigo	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Carbonato de calcio	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Fosfato dicálcico	1.01	1.03	1.02	1.03	1.03
Premezcla de vitaminas y minerales <sup>a</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-Lisina HCl	0.04	0.18	0.32	0.46	0.60
L-Treonina	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
L-Triptófano	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DL-Metionina	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
<u>Composición Química</u>					
Energía metabolizable (Mcal/kg) <sup>b</sup>	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Proteína total (%) <sup>c</sup>	16.42	16.47	16.41	16.45	16.42
Lisina total (%) <sup>c</sup>	0.81	0.91	1.02	1.12	1.21
Lisina digestible (%) <sup>b</sup>	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10
Fósforo disponible (%) <sup>b</sup>	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Calcio (%) <sup>b</sup>	0.63	0.60	0.63	0.60	0.63

<sup>a</sup>Proporciona las siguientes cantidades por kg de dieta según el fabricante: vitamina A, 7000 UI; vitamina D3, 2000, vitamina E, 5 UI; vitamina K3, 2 mg; tiamina, 1.5 mg; riboflavina, 4 mg; piridoxina, 3 mg; Vitamina C, 70 mg; ácido nicotínico, 20 mg; ácido pantoténico, 8 mg; Colina, 130 mg; Se, 0.23 mg; Mn, 50mg; Zn, 60 mg; Cu, 40 mg; Fe, 80 mg; Co, 0.10 mg.

<sup>b</sup>Valores calculados

<sup>c</sup>valores analizados

Cuadro 2. Dietas experimentales para cerdos en crecimiento (Etapa II: 56.68 a 83.36 kg peso vivo).

	Relación Lis:EM, g/Mcal				
	1.54	1.77	2.00	2.22	2.45
<u>Ingredientes (%)</u>					
Maíz amarillo	76.85	76.80	76.72	76.66	76.52
Harina de soya	14.01	13.96	13.93	13.89	13.93
Aceite crudo de palma	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Salvado de trigo	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Carbonato de calcio	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Fosfato dicálcico	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Premezcla de vitaminas y minerales <sup>a</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-Lisina HCl	0.01	0.11	0.22	0.32	0.42
<u>Composición Química</u>					
Energía metabolizable (Mcal/kg) <sup>b</sup>	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Proteína total (%) <sup>c</sup>	14.27	14.25	14.32	14.39	14.37
Lisina total (%) <sup>c</sup>	0.64	0.73	0.80	0.89	0.96
Lisina digestible (%) <sup>b</sup>	0.57	0.64	0.71	0.78	0.85
Fósforo disponible (%) <sup>b</sup>	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Calcio (%) <sup>b</sup>	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52

<sup>a</sup>Proporciona las siguientes cantidades por kg de dieta según el fabricante: vitamina A, 7000 UI; vitamina D3, 2000, vitamina E, 5 UI; vitamina K3, 2 mg; tiamina, 1.5 mg; riboflavina, 4 mg; piridoxina, 3 mg; Vitamina C, 70 mg; ácido nicotínico, 20 mg; ácido pantoténico, 8 mg; Colina, 130 mg; Se, 0.23 mg; Mn, 50mg; Zn, 60 mg; Cu, 40 mg; Fe, 80 mg; Co, 0.10 mg.

<sup>b</sup>Valores calculados

<sup>c</sup>valores analizados

La profundidad de la grasa dorsal (PGD) y el área del músculo *longissimus dorsi* (ALD) se midieron al final de cada etapa utilizando un equipo de ultrasonido (MINDRAY, Serie DP6600vet) realizando la medición a la altura de la décima costilla a 6 cm de la línea media dorsal. Los valores obtenidos de ambas mediciones se utilizaron para calcular la ganancia magra (GM) y el rendimiento magro de la canal (RMC), estimado sobre el peso vivo a través de las ecuaciones de predicción de la NPPC (2000) y NRC (1998).

#### Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar (dos bloques representados por cada galpón), con cinco tratamientos representados por los niveles de la relación Lis:EM, con medidas repetidas en el tiempo (semanal). En tal sentido, los resultados se expresan como el promedio de todas las mediciones sobre la misma unidad experimental para cada etapa, excepto para PVF, PGD, ALD y RMC, donde se analizó la medida obtenida en la semana final de la etapa correspondiente. Cada corral con dos cerdos representó la unidad experimental, para un total de 70 cerdos en 35 corrales. Para el análisis de los datos de la segunda etapa se incluyó el PVF de la primera etapa como covariable para las variables CAD, GDP y CA. El análisis estadístico de estas variables se realizó con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + L_j + S_k + E_{1ijkl} + (L_j * S_k) + E_{2ijkl},$$

en donde:

$Y_{ijkl}$ : CAD ó GDP ó CA de la unidad experimental del bloque "i", nivel de Lis:EM "j" en la semana "k".

$\mu$ : Media teórica de la población

$B_i$ : Efecto del bloque o galpón ( $i = 1, 2$ )

$L_j$ : Efecto del nivel de Lis:EM ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$S_k$ : Efecto de la semana: Etapa I ( $k = 1, 2, 3, 4, 5$ ), Etapa II ( $k = 1, 2, 3, 4$ )

$E_{1ijkl}$ : Efecto del error normalmente distribuido debido a las medidas repetidas en el tiempo sobre la misma unidad experimental, con media cero y varianza  $\sigma^2$ .

$L_j * S_k$ : Efecto de la interacción entre el nivel Lis:EM y de la semana.

$E_{2ijkl}$ : Efecto residual normalmente distribuido con media cero y varianza  $\sigma^2$ .

La interacción entre nivel de Lis: EM y semana no fue significativa ( $P > 0.05$ ) para ninguna de las variables estudiadas.

El análisis estadístico para las variables: PVF, PGD, ALD, GM y RMC, se realizó utilizando el siguiente modelo:  $Y_{ijk} = \mu + B_i + L_j + E_{ijk}$ , en donde:

$Y_{ijk}$ : PVF ó PGD ó ALD ó GM ó RMC de la unidad experimental "k" del bloque "i", Lis:EM "j".

$\mu$ : Media teórica de la población

$B_i$ : Efecto del bloque o galpón ( $i = 1, 2$ )

$L_j$ : Efecto del nivel de Lis:EM ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$E_{ijk}$ : Efecto residual e independientemente distribuido con media cero y varianza  $\sigma^2$ .

Los valores de probabilidad ( $P \leq 0.05$ ) fueron considerados significativos. Se realizó un análisis de regresión para observar el efecto lineal y cuadrático de la relación Lis:EM sobre cada variable.

## Resultados y Discusión

No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para PVF, GDP, CAD, y CA de los cerdos en ninguna de las etapas evaluadas (Cuadros 3 y 4). En la etapa II (Cuadro 4), aunque sin diferencias significativas entre tratamientos en general, el PVF y la GDP incrementaron y la CA disminuyó progresivamente, aunque los valores de esta última variable no disminuyeron constantemente, sino ocurrió un ligero incremento con la dieta de 2.22 g Lis/Mcal de EM. El efecto lineal no se observó en el caso del CAD. Aunque no se evidencian diferencias entre tratamientos, el análisis de regresión indica variaciones en las variables mencionadas en la etapa II, por lo que es probable que los niveles de la relación Lis:EM, o los niveles de lisina digestible utilizados no fueron lo suficientemente amplios entre sí para detectar diferencias.

Smith *et al.* (1999a) evaluaron el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento ajustando las dietas a los requerimientos nutricionales en cada

etapa como en el presente estudio. Los niveles de la relación Lis:EM evaluados oscilaron entre 2.75 y 3.80 g/Mcal, y se observó un efecto significativo de esta relación sobre la GDP, la cual incrementó linealmente, pero no se observó un efecto sobre el CAD y la CA, lo cual es similar a los presentes resultados. Por otra parte, la observación en la Etapa II de un incremento lineal de la GDP, a variaciones en la relación Lis:EM también ha sido observada en cerdos entre 10 y 25 kg de peso vivo (Smith *et al.*, 1999b), y finalización (Apple *et al.*, 2004). Adicionalmente, en otros estudios (De la Llata *et al.*, 2007; Main *et al.*, 2008) no solo han observado un efecto lineal de esta relación sobre la GDP, sino también sobre la CA, como en el presente caso. No obstante, estos autores, detectaron diferencias significativas en las variables citadas al incrementar la relación Lis:EM, logrando estimar un nivel óptimo en todas las etapas, lo cual no se observó en los resultados presentes.

Cuadro 3. Efectos de la relación entre lisina y energía metabolizable (Lis:EM) en la dieta sobre el desempeño productivo de cerdos en crecimiento (Etapa I: 26.61 a 56.68 kg)

	Relación Lis:EM, g/Mcal					EE	Valor de Probabilidad			R <sup>2</sup>
	2.00	2.29	2.57	2.85	3.14		Lis:EM	Lineal	Cuadrático	
PVI (kg)	26.02	27.04	26.12	26.71	27.19	0.47	0.30	-	-	
PVF (kg)	54.19	56.32	56.27	56.43	56.06	1.10	0.40	0.07	0.57	0.11
GDP (kg)	0.80	0.83	0.86	0.84	0.82	0.03	0.56	0.50	0.11	0.09
CAD (kg)	1.83	1.82	1.84	1.85	1.81	0.05	0.96	0.85	0.64	0.00
CA (kg/kg)	2.34	2.31	2.22	2.24	2.26	0.05	0.51	0.32	0.45	0.05

EE: error estándar; PVI: peso vivo inicial; PVF: peso vivo final; GDP: Ganancia diaria de peso; CAD: consumo diario de alimento; CA: conversión de alimento; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

La mayoría de los estudios citados se han realizado en condiciones ambientales diferentes a las del presente en el trópico venezolano, por lo que es posible que dichas condiciones, así como la alta densidad energética de la dieta, calidad de los ingredientes utilizados, edad, y potencial genético de los cerdos hayan influido. Además, cabe destacar, que el contenido de PC se mantuvo en valores similares a medida que incrementó la relación Lis:EM, utilizando lisina sintética en las dietas y permitiendo variaciones únicamente en el contenido de lisina digestible. Esto probablemente no permitió detectar diferencias entre tratamientos. Otros autores (De la Llata *et al.*, 2007; Main *et al.*, 2008) no incluyeron lisina sintética en las dietas y el contenido de PC ha variado.

Por otra parte, en el presente estudio, las dietas fueron isocalóricas y se alojaron dos cerdos en cada corral con un comedero de tres espacios, lo que minimizó la competencia entre cerdos y garantizó la disponibilidad de alimento *ad libitum*. Estos factores pueden haber influenciado la falta de variaciones en el CAD entre tratamientos. La temperatura ambiental también afecta el CAD y puede causar diferencias entre estudios conducidos en condiciones de clima templado y en el trópico. Adicionalmente, el nivel energético de la dieta es el principal factor que controla su consumo (Rostagno *et al.*, 2011), no obstante los consumos observados se ubican dentro

de los límites estimados para cerdos de alto potencial genético en estas etapas (Rostagno *et al.*, 2011), aún cuando la densidad energética de las dietas fue alta. De La Llata *et al.* (2007) y Main *et al.* (2008), determinaron que el CAD de cerdos en crecimiento no varió significativamente en respuesta a diferentes niveles de Lis:EM en dietas con alto contenido de energía (3.5-3.6 Mcal EM/kg), lo cual es coincidente con lo observado en el presente estudio.

Con respecto a la CA, y aunque diversos factores genéticos, condiciones ambientales y calidad de las materias primas utilizadas en la dieta, entre otros, influyen sobre esta variable (Ettle *et al.*, 2003; Main *et al.*, 2008; Rostagno *et al.*, 2011), de manera semejante al presente caso, estudios previos (Smith *et al.*, 1999a; Apple *et al.*, 2004; De la Llata *et al.*, 2007) conducidos en condiciones de clima templado no encontraron diferencias significativas en la CA al variar la relación Lis:EM.

Se esperaba un incremento lineal en todas las variables evaluadas al variar la relación Lis:EM en la dieta. Este efecto no se evidenció de igual manera en ambas etapas, aunque los valores analizados de lisina en las dietas indicaron que este aminoácido fue limitante en los dos niveles más bajos de la relación Lis:EM en la etapa I (2.0 g/Mcal) y II (1.54 g/Mcal), al tomar como referencia las respectivas recomendaciones de la NRC (1998) de 2.55 y 2.00 g/Mcal. Sin

Cuadro 4. Efectos de la relación entre lisina y energía metabolizable (Lis:EM) en la dieta sobre el desempeño productivo de cerdos en crecimiento (Etapa II: 56.68-83.36 kg)

	Relación Lis:EM, g/Mcal					EE	Valor de Probabilidad			R <sup>2</sup>
	1.54	1.77	2.00	2.22	2.45		Lis:EM	Lineal	Cuadrático	
PVI (kg)	54.19	56.32	56.27	56.43	56.06	1.10	0.40	0.06	0.57	
PVF (kg)	82.10	82.71	82.65	83.99	84.97	1.12	0.39	0.02	0.43	0.18
GDP (kg)	0.92	0.96	0.96	1.01	1.05	0.05	0.47	0.04	0.76	0.13
CAD (kg)	2.58	2.50	2.47	2.39	2.44	0.05	0.10	0.75	0.88	0.00
CA (kg/kg)	2.89	2.82	2.54	2.58	2.50	0.14	0.23	0.03	0.57	0.15

EE: error estándar; PVI: peso vivo inicial; PVF: peso vivo final; GDP: Ganancia diaria de peso; CAD: consumo diario de alimento; CA: conversión de alimento; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

embargo, los niveles de lisina utilizados en el presente estudio no limitaron las variables productivas evaluadas. Acorde a los resultados expuestos, Lawrence *et al.* (1994) no observaron variaciones en la ganancia de peso de cerdos entre 20 y 50 kg al incrementar la relación entre lisina y la energía digestible de la dieta, y lo atribuyeron a que el nivel de lisina no fue limitante. Cabe destacar que la respuesta observada en este tipo de estudio está determinada por las condiciones ambientales, lo que puede explicar que no haya variaciones, ya que los requerimientos se sustentan en estudios conducidos en clima templado y muchos de estos, bajo ambiente controlado.

En los Cuadros 5 y 6 correspondientes a las etapas I y II respectivamente, se presentan los efectos de la relación Lis:EM sobre las características de la canal estimada sobre el PVF, sin detectar diferencias en ALD, GM y RMC en ninguna etapa. Resultados previos han demostrado que las características de la canal de cerdos en crecimiento no varían por efectos de la relación Lis:EM en la dieta (Smith *et al.*, 1999a; Ertle *et al.* 2003; De La Llata *et al.*, 2007).

No obstante, en la Etapa I (Cuadro 5), la relación Lis:EM afectó ( $P=0.05$ ) la PGD y se observó una respuesta lineal ( $P=0.05$ ) para esta característica. Se obtuvo la mayor PGD (4.67 cm) con 2.00 g/Mcal, mientras los niveles superiores de Lis:EM no difirieron entre sí ( $P>0.05$ ). Esto indica que la PGD es menor a niveles cercanos al requerimiento en esta etapa (NRC, 1998). En la Etapa II, la relación Lis:EM no afectó ( $P>0.05$ ) la PGD (Cuadro 6) lo que sugiere que los niveles utilizados son suficientes para no producir variaciones sobre esta característica en esta etapa. Li *et al.* (2012), observaron efectos lineal y cuadrático sobre el espesor de la grasa dorsal de cerdos en etapa de finalización alimentados con dietas cuya relación Lis:EM varió entre 1.8 y 2.6 g/Mcal, con la diferencia de que las mediciones de

esta característica se realizaron en la canal y no en cerdos vivos mediante ultrasonido como en el presente estudio. Esto es uno de los aspectos al que puede atribuirse la diferencia observada.

Para la GM se observó efectos cuadrático ( $P<0.05$ ) y lineal ( $P=0.01$ ) en las etapas I y II, respectivamente. La GM en los cerdos de la etapa I (26.61-56.68 kg) alcanzó 398 g/d con 2.85 g Lis/Mcal EM. Este nivel se aproxima al nivel (3.0-3.3 g/Mcal) en el cual De la Llata *et al.* (2007) encontraron mejor desempeño productivo para cerdos de similar edad. En la etapa II (56.68-83.36 kg) se evidenció el incremento en la GM por cada unidad de Lis:EM pero no se alcanzó un valor máximo. Esto indica que probablemente los cerdos en esta etapa requieren mayor cantidad de lisina que los niveles evaluados para deposición de tejido magro.

El efecto cuadrático sobre la GM a medida que aumenta la relación Lis:EM en la dieta de los cerdos en crecimiento de la Etapa I, resulta lógico, ya que la edad ejerce influencia sobre estas variaciones (Fontes *et al.*, 2000). Esto está asociado con mayor deposición de proteína corporal o GM conjuntamente con menor PGD en cerdos jóvenes. Se esperaba encontrar una respuesta lineal en la GDP en la etapa I, no obstante, López *et al.* (2010) han señalado que la cantidad de lisina requerida para maximizar la GDP no es igual a la requerida para maximizar las características de la canal. Además, en los últimos años, la selección y el mejoramiento genético de las líneas porcinas comerciales para obtener cerdos con mayor ganancia de peso y más eficientes en deposición de tejido magro, ha incrementado sustancialmente los requerimientos de lisina y la relación Lis:EM (Schinckel *et al.*, 2008; Rostagno *et al.*, 2011). El requerimiento varía de acuerdo a la etapa de desarrollo de los cerdos (Ertle *et al.*, 2003; Rostagno *et al.*, 2011), lo que podría explicar la respuesta lineal en la GDP manifiesta, únicamente en los cerdos de mayor peso.

Cuadro 5. Efectos de la relación entre lisina y energía metabolizable (Lis:EM) sobre las características de la canal estimada sobre el peso vivo de cerdos en crecimiento (Etapa I: 26.61 a 56.68 kg)

	Relación Lis:EM, g/Mcal					EE	Valor de Probabilidad			
	2.00	2.29	2.57	2.85	3.14		Lis:EM	Lineal	Cuadrático	R <sup>2</sup>
PGD (mm)	4.67 <sup>a</sup>	3.86 <sup>b</sup>	3.87 <sup>b</sup>	4.03 <sup>b</sup>	3.93 <sup>b</sup>	0.20	0.05	0.05	0.06	0.22
ALD (cm <sup>2</sup> )	17.83	19.25	18.98	19.65	18.50	0.86	0.52	0.19	0.19	0.32
GM (g/día)	361.91	390.48	397.62	398.02	377.78	13.0	0.26	0.30	0.03	0.24
RMC (%)	52.95	54.30	54.12	54.53	53.67	0.05	0.56	0.45	0.15	0.42

<sup>a</sup><sup>b</sup>Letras diferentes en la misma fila son diferentes

EE: Error estándar; PGD: profundidad de la grasa dorsal; ALD: área del músculo *longissimus dorsi*; GM: ganancia magra; RMC: rendimiento magro de la canal; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

Cuadro 6. Efectos de la relación entre lisina y energía metabolizable (Lis:EM) sobre las características de la canal de cerdos en crecimiento (Etapa II: 56.68-83.36 kg).

	Relación Lis:EM, g/Mcal					EE	Valor de Probabilidad			
	1.54	1.77	2.00	2.22	2.45		Lis:EM	Lineal	Cuadrático	R <sup>2</sup>
PGD (mm)	5.65	5.79	5.22	5.39	5.95	0.41	0.68	0.43	0.06	0.12
ALD (cm <sup>2</sup> )	24.41	24.49	25.54	25.94	26.16	0.10	0.62	0.12	0.91	0.10
GM (g/día)	394.59	404.52	424.20	440.18	449.26	17.4	0.16	0.01	0.93	0.20
RMC (%)	51.90	51.83	52.79	52.62	52.48	0.64	0.76	0.33	0.59	0.10

EE: Error estándar; PGD: profundidad de la grasa dorsal; ALD: área del músculo *longissimus dorsi*; GM: ganancia magra; RMC: rendimiento magro de la canal; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

De manera general, se observa poco efecto de la relación Lis:EM sobre las características de la canal, y estas varían poco al incrementar la relación Lis:EM, lo que puede atribuirse a que se mantuvo similar la

densidad energética en la dieta y los cerdos mostraron un CAD semejante en los distintos tratamientos.

### Conclusiones

La relación entre lisina y energía metabolizable en la dieta de cerdos en crecimiento no afectó el desempeño productivo ni a la mayoría de las características de la canal en ninguna de las dos etapas, lo cual indica que los niveles evaluados no afectaron estas variables. Al incrementar esta relación en la dieta de los animales entre 26.61 a 56.68 kg PV,

disminuyó la grasa dorsal y la ganancia magra mostró un efecto cuadrático. Para los cerdos entre 56.68 y 83.36 kg, probablemente la cantidad de lisina requerida por cada Mcal de energía metabolizable para optimizar el desempeño productivo y la ganancia magra, supera a los niveles evaluados

### Literatura Citada

- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists (15<sup>th</sup> Ed.) Official Methods of Analysis. Arlington, Virginia.
- Apple, J. K., C. V. Maxwell, D. C. Brow, K. G. Friesen, R. E. Mussert, Z. B. Johnson, and T. A. Armstrong. 2004. Effect of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics on finishing pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.* 82:3277-3287.
- De La Llata, M., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2007. Effects of increasing lysine to calorie ratio and added fat for growing-finishing pigs reared in a commercial environment: I. Growth performance and carcass characteristics. *Prof. Anim. Scientist.* 23:417-428.
- Ettle, T., D. A. Roth-Maier, and F. X. Roth. 2003. Effect of apparent ileal digestible lysine to energy ratio on performance of finishing pigs at different metabolizable energy levels. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87:269-279.
- Fontes, O.D. de., J. L. Donzele, R. F. Miranda, G. da Silva, e M. Aragão. 2000. Níveis de lisina para leitoas selecionadas genéticamente para deposição de carne magra, dos 30 a os 60 kg, mantendo constante a relação entre lisina emetionia+cistina, treonina, triptófano, isoleucina e valina. *Rev. Bras. Zoot.* 29: 776-783.
- Lawrence, B.V., O. Adeola, and T. R. Cline. 1994. Nitrogen utilization and lean growth performance of 20- to 50- kilogram pigs fed diets balanced for lysine:energy ratio. *J. Anim. Sci.* 72:2887-95.
- Li, P., Z. Zheng, D. Wang, L. Xue, R. Zhang, and X. Piao. 2012. Effects of the standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy ratio on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 3:1-9.
- López, M., J. L. Figueroa, M. J. González, L. A. Miranda, V. Zamora, y J. L. Cordero. 2010. Niveles de lisina y treonina digestible en dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento. *Arch. Zoot.* 59:205-216.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2008. Determining an optimum lysine:calorieratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. *J. Anim. Sci.* 86:2190-2207.

- NPPC, 2000. Pork Composition & Quality. Assessment Procedures. National pork Producers Council. E. P. Berg, Ed. Des Moines, Iowa. p. 42.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. (10<sup>th</sup> Ed). National Academy Press, Washington, D.C.
- Rostagno, H.S., L.F. Teixeira, J.L. Donzele, P.C. Gomes, R. F. Oliveira, D.C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. Toledo, e R. F. Euclides. 2011. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: composición de alimentos y exigencias nutricionales. Viçosa: UFV. 259 p.
- Schneider, J. D., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. L. Nelssen, J. M. Derouchey, and R. D. Goodband. 2010. Determining the effect of lysine:calorie ratio on growth performance of ten- to twenty-kilogram of body weight nursery pigs of two different genotypes. *J. Anim. Sci.* 88:137-146.
- Schinckel, A. P., D. C. Mahan, T. G. Wiseman, and M. E. Einstein. 2008. Growth of protein, moisture, lipid, and ash of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. *J. Anim.Sci.* 86:460-471.
- Smith, J. W., M. D. Tokach, P. R. O'Quinn, J. L. Nelssen, and R. D. Goodband.1999a. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*77:3007-3015.
- Smith, J. W., M. D. Tokach, P. R. O'Quinn, J. L. Nelssen, and R. D. Goodband 1999b. Effects of lysine:calorie ratio on grown performance of 10- to 25-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 7:3000-3006.
- Urynek, W. and L. Buraczewska. 2003. Effect of dietary energy concentration and apparent ileal digestible lysine:metabolizable energy ratio on nitrogen balance and growth performance of young pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 1227-1236.
- Zhang, Y., I. G. Patridge, and K. G. Ritchel. 1986. The effect of dietary energy level and protein: energy ratio on nitrogen and energy balance, performance and carcass composition of pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 42:389-395.