

## LISINA Y TREONINA DIGESTIBLE EN DIETAS PARA CERDOS EN CRECIMIENTO

### Digestible lysine and threonine in diets for growing pigs

Sandra Gutiérrez-Hernández, José Luis Figueroa-Velasco, María Teresa Sánchez-Torres-Esqueda, Aleída Selene Hernández-Cázares, José Luis Cordero-Mora, José Alfredo Martínez-Aispuro\*

Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, CP. 56230, Estado de México, México.

\*Autor de correspondencia: alfredo\_aispuro@yahoo.com

**Artículo científico** recibido: 4 de julio de 2014, **aceptado:** 12 de mayo de 2015

**RESUMEN.** El objetivo del trabajo fue evaluar dos niveles de lisina y treonina digestibles en cerdos en crecimiento, para analizar el comportamiento productivo, características de la canal y la concentración de urea en plasma. En el experimento 1 se utilizaron 36 cerdos con peso promedio inicial de  $27.65 \pm 5.65$  kg durante cuatro semanas, distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2$ , dos concentraciones de lisina: 0.83 y 0.93 % y treonina: 0.52 y 0.62 %, respectivamente. Con los datos se realizó un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey. No hubo efecto por la concentración de lisina y treonina en las variables ( $p > 0.05$ ). En el experimento 2 se utilizaron 35 cerdos con peso promedio inicial de  $16.71 \pm 7.85$  kg durante seis semanas para evaluar cinco niveles de treonina (0.52, 0.62, 0.72, 0.82 y 0.92 %), en un diseño completamente al azar. Se utilizaron contrastes ortogonales para detectar efectos lineales, cuadráticos y cúbicos para determinar el nivel óptimo biológico (NOB) para cada variable. El NOB para ganancia de peso y consumo de alimento fue 0.90 % de treonina digestible. En el experimento 1 y 2 la concentración de urea en plasma se modificó por la cantidad de lisina y treonina presentes en la dieta ( $p < 0.05$ ). Se concluye que el nivel más adecuado de lisina digestible para dietas es de 0.83 % y de treonina digestible de 0.90 %.

**Palabras clave:** Características de la canal, comportamiento productivo, lisina, treonina

**ABSTRACT.** The objective was to evaluate two levels of lysine and threonine for growing pigs on growth performance, carcass characteristics and plasma urea concentration. In experiment 1, 36 pigs were used with initial body weight of  $27.65 \pm 5.65$  kg during four weeks, allotted in a completely randomized design with a factorial arrangement  $2 \times 2$  (lysine: 0.83 and 0.93 %) with  $\times 2$  (threonine: 0.52 and 0.62 %). The variables were analyzed ANOVA and treatment means were compared with Tukey's test. There was not effect on the concentration of lysine and threonine in all variables ( $p > 0.05$ ). In experiment 2, 35 pigs were used with initial body weight of  $16.71 \pm 7.85$  kg during six weeks, were evaluated five levels of threonine (0.52, 0.62, 0.72, 0.82 and 0.92 %), distributed in a completely randomized design. Orthogonal contrasts were used to determine linear, quadratic and cubic effects to estimate the optimal biological level (OBL) for each variable. The NOB for average daily gain and feed consumption was 0.90 % digestible threonine. In experiment 1 and 2 the concentration of urea in plasma was modified by the amount of lysine and threonine in the diet ( $p < 0.05$ ). We conclude that the most appropriate level of digestible lysine to diet is 0.83 % and 0.90 % digestible threonine.

**Key words:** Carcass characteristics, productive performance, lysine, threonine

## INTRODUCCIÓN

La adición de aminoácidos (AA) sintéticos a las dietas de cerdos puede resolver el problema de la deficiencia y el exceso de estos (Gloaguen *et al.* 2014); además, disminuye la excreción del nitrógeno y la contaminación ambiental (Madrid *et al.* 2013). Las necesidades de AA para la producción en cerdos está influenciado por factores como la capacidad genética para la síntesis de proteína corporal, el sexo y la edad del animal (NRC 1998). La lisina y treonina son dos AA limitantes en la dieta de los cerdos para la síntesis de proteína; por lo que, se debe buscar el porcentaje adecuado de cada uno para evitar desbalances que afecten la síntesis de proteína, ya que las concentraciones se determinan considerando la proporción que guardan con respecto a la lisina (NRC 2012). A pesar de que existen investigaciones acerca del nivel de lisina digestible que debe incluirse en cada etapa de desarrollo de los cerdos, hay gran variación con respecto al nivel recomendado, debido al rápido progreso genético que ha experimentado la especie en los últimos años, (Figueroa *et al.* 2012). Sin embargo, los resultados no han sido consistentes dado que el mejor nivel depende de la variable en estudio (López *et al.* 2010).

Se ha observado que la concentración de treonina digestible en la dieta afecta la conversión alimenticia y la ganancia de peso en cerdos en crecimiento, ya que un exceso o deficiencia en la dieta disminuye la síntesis de proteína en los tejidos (Wang *et al.* 2006, Wecke y Liebert 2010), en virtud de que no se ha logrado establecer el nivel adecuado de este aminoácido ni la relación óptima con respecto a la lisina; ya que dicha relación depende de la variable de estudio que se optimiza (Zhang *et al.* 2013). Las concentraciones de lisina y treonina recomendados por el NRC (2012) es de 1.00 y 0.60 %, respectivamente, mientras que Brazilian Tables for Poultry and Swine (Rostango *et al.* 2011) recomiendan 0.90 y 0.59 %, respectivamente; lo cual excede la concentración de estos dos aminoácidos, con respecto al anterior NRC (1998) que es de 0.83 y 0.52 %. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el mejor nivel de lisina y

treonina digestibles para el comportamiento productivo, características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de sorgo y pasta de soya.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se realizaron dos experimentos en la Unidad Porcina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, ubicada en Montecillo, Estado de México, a los 98° 48' 27" LO y a 19° 48' 23" LN, con altitud de 2 241 m, clima templado subhúmedo, lluvias en verano, temperatura media anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 644.8 mm (García 1988).

### Experimento 1

Dos niveles de lisina y dos de treonina digestibles se evaluaron en dietas para cerdos en crecimiento. Los tratamientos (T) fueron: T1, 0.83 lisina + 0.52 treonina; T2, 0.83 lisina + 0.62 treonina; T3, 0.93 lisina + 0.52 treonina; T4, 0.93 lisina + 0.62 treonina. Se utilizaron 36 cerdos (19 hembras y 17 machos castrados) híbridos (Landrace×Yorkshire×Pietrain) con peso promedio inicial de 27.65 ± 5.65 kg durante cuatro semanas, distribuidos en un diseño completamente al azar en arreglo factorial con nueve repeticiones por tratamiento. Los cerdos se alojaron en corrales individuales equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso. Las dietas se formularon con el comando Solver de Excel (Microsoft Excel 2007) para cubrir o exceder los requerimientos sugeridos por el NRC (1998) excepto para PC debido a que se consideró el concepto de dietas bajas en proteína (Tabla 1).

### Experimento 2

Los tratamientos (T) fueron cinco niveles de treonina digestible para cerdos en crecimiento: T1, 0.52; T2, 0.62 ; T3, 0.72; T4, 0.82; T5, 0.92. El valor de lisina (0.83 %) para cada uno de los T fue el mismo, ya que en el experimento 1 se estableció que no había necesidad de utilizar un valor superior,

**Tabla 1.** Dietas experimentales para cerdos en crecimiento (experimento 1).

Tratamiento	T1	T2	T3	T4
<b>Ingrediente, %</b>				
Sorgo	77.01	77.17	77.25	77.40
Pasta de soya	17.38	17.16	16.95	16.73
Aceite de soya	2.04	1.99	2.00	1.95
Ortofosfato	1.48	1.48	1.48	1.49
Carbonato de calcio	0.89	0.88	0.88	0.88
L- Lisina <sup>A</sup>	0.53	0.54	0.74	0.75
L-Treonina	0.08	0.18	0.08	0.19
L-Triptófano	0.01	0.01	0.01	0.01
DL-Metionina	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal común	0.25	0.25	0.25	0.25
Premezcla vitamínica <sup>B</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12
Premezcla mineral <sup>C</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Análisis calculado</b>				
EM, Mcal Kg <sup>-1</sup>	3.27	3.27	3.27	3.27
PC, %	15.10	15.10	15.10	15.10
Fósforo total, %	0.60	0.60	0.60	0.60
Calcio, %	0.70	0.70	0.70	0.70
Lisina, %	0.83	0.83	0.93	0.93
Treonina, %	0.52	0.62	0.52	0.62
Metionina, %	0.25	0.25	0.25	0.25
Triptófano, %	0.15	0.15	0.15	0.15
Arginina, %	0.77	0.76	0.76	0.75
Histidina, %	0.33	0.33	0.32	0.32
Isoleucina, %	0.61	0.61	0.60	0.60
Leucina, %	1.43	1.43	1.42	1.42
Fenilalanina, %	0.68	0.68	0.68	0.67
Valina, %	0.67	0.67	0.67	0.66
<b>Análisis determinado, %</b>				
PC	15.64	15.69	15.59	15.54
Calcio	0.98	0.99	0.98	0.98
Fósforo total	0.65	0.67	0.68	0.66

T1: tratamiento 1, T2: tratamiento 2, T3: tratamiento 3, T4: tratamiento 4. <sup>A</sup>Biolys aporta 50 % de lisina. <sup>B</sup>Proporcionó por kg de alimento: vitamina A 15 000 UI, vitamina D3 2 500 UI, vitamina E 37.5 UI, vitamina K 2.5 mg, tiamina 2.25 mg, riboflavina 6.25 mg, niacina 50 mg, piridoxina 2.5 mg, cianocobalamina 0.0375 mg, biotina 0.13 mg, cloruro de colina 563 mg, ácido pantoténico 20 mg, ácido fólico 1.25 mg. <sup>C</sup>Aportó por kg de alimento: Fe 150 mg, Zn 150 mg, Mn 150 mg, Cu 10 mg, Se 0.15 mg, I 0.9 mg, Cr 0.2 mg.

el periodo de evaluación duró seis semanas. Se utilizaron 35 cerdos (19 hembras y 16 machos castrados) híbridos (Landrace×Yorkshire×Pietrain) con peso promedio inicial de  $16.71 \pm 7.85$  kg. Los animales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con siete repeticiones por tratamiento, el periodo de evaluación fue de seis semanas. Los cerdos se alojaron en corrales individuales equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso. Las dietas se formularon con el comando Solver de Excel

(Microsoft Excel 2007) para cubrir o exceder los requerimientos sugeridos por el NRC (1998) excepto para PC, que se formuló con el concepto de dietas bajas en proteína (Tabla 2).

### Análisis químicos

La proteína cruda se determinó por el método de macrokjeldahl (AOAC 1990). La concentración de calcio y fósforo se determinó con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 4000, serie Lambda 2, Perkin Elmer Inc., Norwalk, CT,

EUA de acuerdo con Karl *et al.* (1979).

### Variabes de respuesta

Fueron estudiadas en ambos experimentos: comportamiento productivo (consumo de alimento, CAL; ganancia diaria de peso, GDP; conversión alimenticia, CA; ganancia de carne magra, GCM; y peso vivo final de los cerdos, PVF) y características de la canal (grasa dorsal, GD; grasa inicial, GDI y grasa final, GDF); porcentaje de carne magra (%CM inicial, %CMI y %CM final, %CMF); área del músculo *Longissimus dorsi*, AML (inicial, AMLI y final, AMLF) y concentración de urea en plasma (CUP). Las variables GDP y CAL se midieron cada 7 d, con esta información se calculó la CA. La GD y AML se midieron utilizando un ultrasonido de tiempo real (SonoVet 600, Medison, Inc., Cypress, California, USA) al inicio y al final de cada etapa. Con estos datos y con los PVI y PVF se calculó la GCM y el PCM utilizando la ecuación del National Pork Producers Council (1991).

Al final de cada experimento se obtuvieron muestras de sangre de la vena cava anterior en tubos vacutainer<sup>®</sup> con heparina, que se colocaron en hielo hasta centrifugarse a 2500 g por 20 min en una centrifuga SIGMA 2-16K, para separar el plasma del paquete celular. El plasma se transfirió a tubos de polipropileno y se almacenó en un congelador a -20 °C (EUR251P7W Tappan, Electrolux Home Products North America, USA) hasta la determinación de la urea en plasma por espectrofotometría con el espectrofotómetro Cary 1E UV-vis, Varian, Australia (Chaney y Marbach 1962).

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos de ambos experimentos se analizaron por sexo (machos y hembras) y de manera global. En los experimentos 1 y 2 se realizó un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (SAS 2010). El efecto de la concentración de treonina de las variables del experimento 2 se evaluó con contrastes ortogonales para detectar tendencias lineales, cuadráticas o cúbicas (SAS 2010), así como curvas de respuesta con modelos de regresión tomando en cuenta el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), criterio que se utilizó para determinar el mejor modelo para utilizarse en los modelos econométricos, con los cuales se calcularon los niveles óptimos biológicos (NOB) de lisina que minimiza o maximiza las variables de respuesta. El NOB se calculó con el comando Solver de Excel, para las variables que presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) bajo el siguiente modelo econométrico: función objetivo: minimizar o maximizar  $Y = f(\text{treonina})$  bajo las siguientes restricciones:  $AX \geq B$ ;  $AX_{\text{treonina-treonina}}=0$ ;  $X \geq 0$ , condición de no negatividad. En donde: Y es el parámetro, f (treonina) es la curva respuesta del modelo de regresión, en función del nivel de lisina, A es el aporte nutrimental de lisina de los ingredientes, X representa los ingredientes, y B representa los requerimientos nutrimentales sugeridos por el NRC (1998) para cerdos en crecimiento. En todos los análisis estadísticos se utilizó el peso inicial y el sexo del animal como covariables.

eficiente de determinación ( $R^2$ ), criterio que se utilizó para determinar el mejor modelo para utilizarse en los modelos econométricos, con los cuales se calcularon los niveles óptimos biológicos (NOB) de lisina que minimiza o maximiza las variables de respuesta. El NOB se calculó con el comando Solver de Excel, para las variables que presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) bajo el siguiente modelo econométrico: función objetivo: minimizar o maximizar  $Y = f(\text{treonina})$  bajo las siguientes restricciones:  $AX \geq B$ ;  $AX_{\text{treonina-treonina}}=0$ ;  $X \geq 0$ , condición de no negatividad. En donde: Y es el parámetro, f (treonina) es la curva respuesta del modelo de regresión, en función del nivel de lisina, A es el aporte nutrimental de lisina de los ingredientes, X representa los ingredientes, y B representa los requerimientos nutrimentales sugeridos por el NRC (1998) para cerdos en crecimiento. En todos los análisis estadísticos se utilizó el peso inicial y el sexo del animal como covariables.

## RESULTADOS

En virtud de que no se observó efecto del sexo de los cerdos en ambos experimentos ( $p > 0,05$ ) para las variables estudiadas, se procedió a realizar el análisis estadístico de manera global.

### Experimento 1

Las variables productivas y las características de la canal (Tabla 3 y 4) no se afectaron ( $P > 0,05$ ) al incrementar la concentración de lisina de 0.83 a 0.93 %; efecto similar a lo que ocurrió con la treonina, ya que no se observó ningún cambio en las variables al pasar de 0.52 a 0.62 % ( $p > 0,05$ ). Tampoco hubo efecto de interacción entre los niveles de ambos aminoácidos para cada una de las variables ( $p > 0,05$ ).

### Experimento 2

El consumo de alimento (CAL) y la ganancia diaria de peso (GDP) fueron las variables en las cuales se observó efecto ( $p < 0,05$ ) de la concentración de treonina en la dieta (Tabla 5); por lo cual, se determinó el NOB. Para CAL la ecuación

**Tabla 2.** Dietas experimentales para cerdos en crecimiento (experimento 2).

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Ingrediente, %</b>					
Sorgo	76.99	77.15	77.30	77.46	77.61
Pasta de soya	17.57	17.35	17.13	16.91	16.69
Aceite de soya	2.081	2.03	1.99	1.93	1.88
Ortofosfato	1.48	1.49	1.49	1.50	1.50
Carbonato de calcio	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88
L-Lisina <sup>A</sup>	0.34	0.34	0.35	0.36	0.36
L-Treonina	0.08	0.19	0.29	0.40	0.50
DL-Metionina	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
L-Triptófano	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sal común	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premezcla vitamínica <sup>B</sup>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Premezcla mineral <sup>C</sup>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Análisis calculado</b>					
EM, Mcal Kg <sup>-1</sup>	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
PC, %	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10
Fosforo total, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Calcio, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Lisina, %	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Treonina, %	0.52	0.62	0.72	0.82	0.92
Metionina, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Triptófano, %	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Arginina, %	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75
Histidina, %	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32
Isoleucina, %	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60
Leucina, %	1.43	1.43	1.42	1.42	1.41
Fenilalanina, %	0.69	0.68	0.69	0.68	0.67
Valina, %	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66
<b>Análisis determinado (%)</b>					
PC	14.46	14.52	14.21	14.91	14.49
Calcio total	1.06	1.10	1.12	1.13	1.17
Fosforo total	0.59	0.63	0.63	0.67	0.69

T1: tratamiento 1, T2: tratamiento 2, T3: tratamiento 3, T4: tratamiento 4, T5: tratamiento 5. <sup>A</sup>Biolys aporta 50 % de lisina. <sup>B</sup>Proporcionó por kg de alimento: vitamina A 15 000 UI, vitamina D3 2 500 UI, vitamina E 37.5 UI, vitamina K 2.5 mg, tiamina 2.25 mg, riboflavina 6.25 mg, niacina 50 mg, piridoxina 2.5 mg, cianocobalamina 0.0375 mg, biotina 0.13 mg, cloruro de colina 563 mg, ácido pantoténico 20 mg, ácido fólico 1.25 mg. <sup>C</sup>Aportó por kg de alimento: Fe 150 mg, Zn 150 mg, Mn 150 mg, Cu 10 mg, Se 0.15 mg, I 0.9 mg, Cr 0.2 mg.

**Tabla 3.** Comportamiento productivo de cerdos hembras y machos castrados en crecimiento alimentados con dos niveles de lisina y treonina digestible en la dieta.

Tratamiento	LIS	TRE	CAL (kg d <sup>-1</sup> )	GDP (kg d <sup>-1</sup> )	CA	PVI (Kg)	PVF (Kg)	GCM (kg d <sup>-1</sup> )
1	0.83	0.52	1.90	0.78	2.43	28.33	56.49	0.29
2	0.83	0.62	1.85	0.77	2.38	26.87	56.41	0.29
3	0.93	0.52	1.85	0.77	2.41	27.37	56.17	0.29
4	0.93	0.62	1.88	0.78	2.40	28.03	56.55	0.30
EEM			0.06	0.01	0.06	1.08	0.71	0.008
FV				Valor de P				
Lisina			0.84	0.90	0.99	-	0.90	0.52
Treonina			0.83	0.83	0.64	-	0.83	0.54
Lis* Treo			0.95	0.98	0.95	-	0.98	0.75

CAL: Consumo de alimento, GDP: Ganancia de peso, CA: Conversión alimenticia, PVI: Peso inicial, PVF: Peso final, GCM: Ganancia de carne magra, EEM: Error estándar de la media, FV: Fuente de variación.

**Tabla 4.** Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos hembras y machos castrados en crecimiento alimentados con dos niveles de lisina y treonina digestible en la dieta.

Tratamiento	LIS	TRE	GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm <sup>2</sup> )	AMLF (cm <sup>2</sup> )	%CMI	%CMF	CUP (mgdL <sup>-1</sup> )
1	0.83	0.52	3.07	5.58	12.80	20.80	49.79	43.60	18.12
2	0.83	0.62	3.04	5.54	12.60	20.63	49.49	43.55	24.97
3	0.93	0.52	3.01	4.03	12.37	20.60	49.20	43.59	21.46
4	0.93	0.62	3.08	5.39	12.50	21.68	49.39	44.08	22.13
EEM			0.30	0.249	0.42	0.701	0.49	0.42	1.65
FV					Valor de P				
Lisina			-	0.17	-	0.54	-	0.54	0.88
Treonina			-	0.52	-	0.52	-	0.61	0.03
Lis*Treo			-	0.40	-	0.67	-	0.79	0.05
Tratamiento 1 vs Tratamiento 2			-	-	-	-	-	-	0.03

GDI: Grasa dorsal inicial, GDF=Grasa dorsal final, AMLI: Área de músculo *longissimus* inicial, AMLF: Área de músculo *longissimus* final, CMI: Carne magra inicial, CMF: Carne magra final, CUP: Concentración del nitrógeno uréico en plasma, EEM: Error estándar de la media, FV: Fuente de variación.

que más se ajustó fue:  $CAL = -0.82 (\text{treonina}) + 0.36 (\text{tre}^2) - 0.04 (\text{tre}^3) + 0.05 (\text{PVI}) + 0.64 (R^2 = 0.54)$ , obteniendo un NOB 0.90 % de treonina digestible. Mientras que para la ganancia diaria de peso fue:  $GDP = -0.54 (\text{tre}) + 0.21 (\text{tre}^2) - 0.024 (\text{tre}^3) + 0.02 (\text{PVI}) + 0.48 (R^2 = 0.42)$ , obteniendo un NOB 0.90 % de treonina digestible. Entre tratamientos no hubo diferencias ( $p > 0,05$ ) para las características de la canal.

La concentración de urea en plasma (CUP) en el experimento 1 (Tabla 4) se redujo ( $P < 0.05$ ) por el nivel de treonina en la dieta. Mientras que en el experimento 2 (Tabla 6) la CUP aumentó linealmente conforme se redujo el nivel de treonina en la dieta.

## DISCUSIÓN

El efecto nulo del nivel de lisina y treonina (Tabla 3 y 4) en el experimento 1, pudo deberse a que no se consideró la relación que guardan estos dos aminoácidos; debido a que las concentraciones que se establecieron para cada uno de los tratamientos (T1, 1 : 0.62; T2, 1 : 0.74; T3, 1 : 0.55 y T4, 1 : 0.66) no eran iguales, lo cual pudo haber repercutido en un desbalance de los aminoácidos, reflejándose en una respuesta nula en las variables. Al respecto, Wecke y Liebert (2010) no pudieron establecer el nivel adecuado de lisina (0.96 y 1.36 %) y treonina

(0.71 y 0.90), sin embargo, encontraron una relación lisina: treonina del 61 %. Mientras que Rostango et al. (2011) reportaron una relación lisina: treonina del 66 % y el NRC (2012) de 60 %. La divergencia en las concentraciones de lisina y treonina en cada experimento, pueden deberse a que la relación y cantidad de estos dos aminoácidos depende de la variable que se quiera optimizar; al respecto, Zhang et al. (2013) obtuvieron un nivel óptimo de 0.70 % para la GDP, 0.68 % para la conversión alimenticia y 0.63 % para la concentración de urea en plasma. En el presente trabajo la relación mínima y máxima (0.60 y 0.70 %) de lisina : treonina pudo repercutir en no encontrar efectos con diferentes niveles de ambos aminoácidos.

En el experimento 2, el nivel de treonina digestible que mostró una mejor GDP Y CAL fue de 0.90 % (Tabla 5), con una concentración de 0.83 % de lisina. Al respecto, Lopez et al. (2010) observaron que utilizar valores desde 0.42 a 0.62 % de treonina con 0.75 % de lisina, no modifica las variables productivas ni de la canal; por lo que sugieren que se necesita la evaluación de valores extremos para observar efecto en estas variables. Al respecto, Rodrigues et al. (2001) encontraron que los niveles de treonina de 0.60 hasta 0.80 % influenciaron de forma lineal la ganancia de peso; mientras que el consumo de alimento se incrementó de forma cuadrática por arriba del 0.66 % de

**Tabla 5.** Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento alimentados con cinco niveles de treonina.

Treonina (%)	Comportamiento productivo					
	GDP (kg d <sup>-1</sup> )	CAL (kg d <sup>-1</sup> )	CA	PVI (kg)	PVF (kg)	GCM (kg)
0.52	0.57ab	1.24a	2.22	21.14	37.55	0.24
0.62	0.54b	1.30a	2.40	22.17	36.89	0.22
0.72	0.54b	1.31a	2.38	20.84	36.95	0.22
0.82	0.70a	1.66b	2.37	22.01	41.37	0.28
0.92	0.60ab	1.47ab	2.47	21.77	38.55	0.25
EEM	0.04	0.08	0.10	1.37	1.13	0.01
Efecto (R <sup>2</sup> )						
Lineal	0.33	0.48	0.06	-	-	0.33
Cuadrático	0.33	0.48	0.07	-	-	0.34
Cúbico	0.42	0.54	0.09	-	-	0.38

Medias con distinta letra difieren significativamente (P<0,05). EEM: Error estándar de la media, PC: Proteína cruda, GDP: Ganancia diaria de peso, CAL: Consumo de alimento, CA: Conversión alimenticia, PVI: Peso inicial, PVF: Peso final, GCM: Ganancia de carne magra.

**Tabla 6.** Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento, alimentados con cinco niveles de treonina.

Treonina (%)	Características de la canal						CUP mg dL <sup>-1</sup>
	GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm <sup>2</sup> )	AMLF (cm <sup>2</sup> )	%CMI	%CMF	
0.52	2.02	5.93	8.25	15.18	49.10	46.23	24.05
0.62	2.10	5.46	8.57	15.06	49.63	46.54	25.47
0.72	2.18	5.55	7.97	14.01	48.72	45.68	27.89
0.82	2.11	6.35	8.04	15.30	48.77	44.74	21.56
0.92	2.13	6.11	7.90	15.40	48.43	45.78	20.75
EEM	0.13	0.35	0.35	0.78	0.53	0.60	1.75
Efecto (R <sup>2</sup> )							
Lineal	-	0.33	-	0.29	-	0.41	0.08
Cuadrático	-	0.34	-	0.30	-	0.42	0.19
Cúbico	-	0.38	-	0.30	-	0.39	0.20

EEM: Error estándar de la media, PC: Proteína cruda, GDI: Grasa dorsal inicial, GDF: Grasa dorsal final, AMLI: Área del Músculo *longissimus* inicial, AMLF: Área del músculo *longissimus* final, CMI: Carne magra inicial, CMF: Carne magra final.

treonina en cerdos de 30 a 60 kg de PV utilizando un nivel de 0.92 de lisina. Mientras que Zhang *et al.* (2013) establecieron el nivel óptimo de treonina para GDP en 0.70 % con 0.96 % de lisina en la dieta. Sin embargo, las Brazilian Tables for Poultry and Swine (Rostango *et al.* 2011) y el NRC (2012) recomiendan valores inferiores a 0.59 y 0.60 %, respectivamente, con una concentración de lisina cercana a 1.0 %. Los resultados de la presente investigación y los trabajos experimentales previamente realizados, hacen ver que las diferencias encontradas en cada uno de los trabajos están dadas por las concentraciones y relaciones que se establecen entre lisina y treonina, además de que el valor óptimo de treonina que se establece puede diferir. Lo cual no permite establecer un valor único, sin embargo se puede observar que el valor de treonina tiene que ser superior

a 0.60 %.

En cuanto a la ganancia de carne magra y deposición de grasa dorsal, Etle *et al.* (2004) y Donzele (2005) no observaron ningún efecto de la adición de treonina en la dieta para cerdos en crecimiento, resultados similares a los del presente trabajo (Tabla 6). Esto pudo deberse a que el exceso o deficiencia de este aminoácido no fue tan grande como para verse reflejado en estas dos variables. Sin embargo, se observó una reducción de urea en plasma (CUP) en ambos experimentos, atribuible al nivel de treonina, debido a que cuando existe un exceso de uno o varios aminoácidos la CUP se incrementa. En el experimento 1 la menor concentración se dio en el tratamiento 1 y 3 (treonina 0.52 %), en donde la relación con respecto a lisina era de 0.62 y 0.66 %, respectivamente; lo cual pudo

representar un mejor balance de aminoácidos. Las relaciones de lisina: treonina del presente trabajo son muy similares a lo reportado por Zhang *et al.* (2013) quienes encontraron un nivel óptimo de 0.63 % para la concentración de urea en plasma. Sin embargo, en el experimento 2 a pesar de que en el tratamiento 1 se mantuvo una relación de 0.62 % de lisina, dicho tratamiento fue el que presentó un CUP mayor ( $p < 0.08$ ).

## CONCLUSIONES

El nivel de lisina digestible más adecuado para dietas para cerdos en crecimiento es de 0.83 %, ya que al utilizar un valor superior no mejoran las variables productivas y de la canal. El nivel de treonina digestible para dietas de cerdos en crecimiento más adecuado es de 0.90 % con una concentración de 0.83 % de lisina.

## LITERATURA CITADA

- Association of Analytical Chemists (AOAC) (1990) Official Methods of Analysis. 15th Ed. Arlington, VA, USA. 128p.
- Chaney AL, Marbach EP (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 8: 130-132.
- Ettle T, Roth-Maier DA, Bartelt J, Roth FX (2004) Requirement of true ileal digestible threonine of growing and finishing pigs. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition* 88: 211-222.
- Donzele JL (2005) Requerimientos de treonina digestible de cerdos machos castrados de alto potencial genético, desde los 95 a los 125 kg. *Ajinomoto Animal Nutrition*. Informe de investigación No. 43. Universidade Federal de Viçosa. [www.lysine.com](http://www.lysine.com). Fecha de consulta 5 de agosto de 2013.
- Figueroa JL, Estrada J, Zamora V, Cordero JL, Sánchez-Torres MT, Nieto R, *et al.* (2012) Digestible lysine levels in low-protein diets supplemented with synthetic amino acids for nursery, growing, and finishing barrows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 51: 33-44.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). 4a edición. México DF. 217p.
- Gloaguen M, Le Floch N, Corrent E, Primot Y, van Milgen J (2014) The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *Journal Animal Science* 92: 637-644.
- Karl RF, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Corad JH (1979) Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2a Ed. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida. Gainesville. Florida, USA. 39p.
- López M, Figueroa JL, González M J, Miranda LA, Zamora V, Cordero JL (2010) Niveles de lisina y treonina digestible en dietas sorgo- pasta de soya para cerdos en crecimiento. *Archivos de Zootecnia* 59: 205-216.
- Madrid J, Martínez S, López C, Orengo J, López MJ, Hernández F (2013) Effects of low protein diets on growth performance, carcass traits ammonia emission of barrows and gilts. *Animal Production Science* 53: 146- 153
- Microsoft Excel (2007) Microsoft Corporation. 1985- 2001. USA. Redmond, WA, USA.
- National Pork Producers Council (NPPC) (1991) Procedures to evaluate market hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council. Des Moines. IA, USA. 16p.

- National Research Council (NRC) (1998) Nutrient requirements of swine. 10th Ed. National Academy Press, Washington, DC. 123p.
- National Research Council (NRC) (2012) Nutrient requirements tables and feed ingredient composition. Nutrient requirements of swine. 11th Ed. National Academy Press, Washington, DC. 400p.
- Rodrigues NEB, Donzele JL, Miranda O R F, Lopes DC, A. Ferreira S, Filho MR, *et al.* (2001) Níveis de treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30: 2039-2045.
- Rostango HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomez PC, Oliveira RF, Lopez DC, *et al.* (2011) Nutritional requirements of growing swine. In: *Brazilian Tables for Poultry and Swine*. 3rd edition. Universidade Federal de Vicosa- Departamento de Zootecnia. pp: 176- 198.
- Statistical Analysis System (SAS) (2010) The SAS system for Windows V8. SAS 9.3 Institute, Cary, NC, USA. pp: 3891- 4092.
- Wang X, Qiao SY, Lui M, Ma YM (2006) Effects of graded levels of true ileal digestible threonine on performance, serum parameters and immune function of 10-25 kg pigs. *Animal Feed Science and Technology* 129: 264- 278.
- Wecke C, Liebert F (2010) Optimal dietary lysine to threonine ratio in pigs (30-110 kg BW) derived from observed dietary amino acid efficiency. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94: 277-285.
- Zhang GJ, Xie CY, Thacker PA, Htoo JK, Qiao SY (2013) Estimation of the ideal ratio of standardized ileal digestible threonine to lysine for growing pigs (22-50 kg) fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids. *Animal Feed Science and Technology* 180: 83-91.

