

EFFECTO DE VARIOS NIVELES DE TREONINA: LISINA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CERDOS EN FINALIZACION TRATADOS CON RACTOPAMINA

EFFECT OF VARIOUS LEVELS OF THREONINE:LYSINE ON PRODUCTION PARAMETERS IN FINISHING PIGS TREATED WITH RACTOPAMINE

Jaime Eduardo Parra Suescún¹ y Hernán Alonso Echavarría Sánchez²

Resumen. Para determinar el efecto de la adición de Ractopamina (RAC) y la relación Treonina:Lisina (Thr:Lys) sobre los rendimientos productivos, se realizó un experimento durante 28 días. Para este fin se utilizaron 42 cerdos de aproximadamente 72,4± 2,3 kg, en los cuales se evaluó el efecto de dos niveles de RAC (5 y 10 ppm) y tres relaciones Thr:Lys (0,60; 0,65 y 0,70) en la dieta, sobre el consumo de alimento diario (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP), ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDTMLG), y además, la eficiencia (Ef) se expresó como GDTMLG en función del CDA. El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 y se hizo un análisis de medidas repetidas en el tiempo. Todas las variables fueron medidas en cada animal 14 y 28 días después de iniciado el suministro de la dieta. Los valores medios/animal/día de todas las variables presentaron interacciones. En general se observó que niveles altos de Rac tuvieron un mejor desempeño con niveles bajos o intermedios de Thr:Lys mientras que los niveles bajos de Rac tuvieron mejores resultados con niveles altos de Thr:Lys. Por esta razón, es de esperarse que las diferencias entre las variables con los dos niveles de Rac se deban al manejo nutricional (relación Thr:Lys), ya que este factor influencia la magnitud de la respuesta. Desde el punto de vista productivo, la combinación a recomendar es 10 ppm de Rac y Thr:Lys 0,6.

Palabras claves: Ractopamina, tejido magro, relación treonina/lisina, cerdos en finalización.

Abstract. To determine the effect of adding Ractopamine (RAC) and Threonine:Lysine ratio (Thr:Lys) on the productive yields, an experiment during 28 days was made. 42 pigs of approximately 72,4± 2,3 kg were used in which the effect of two levels of RAC was evaluated (5 and 10 ppm) and three relate Thr:Lys (0,60; 0,65 and 0,70) in the diet on the consumption of daily food (CDF), the daily weight gain (DWG), daily lean fat-free tissue gain (DLFFTG), and also, the efficiency (Ef) was expressed as DLFFTG in function of CDF. A randomized experimental block design, in a 2 x 3 factorial arrangement and a repeated-measures analysis over time were made. All the variables were measured in each animal 14 and 28 days after initiate the diet supply. The mean/animal/days values of all the variables presented interactions. In general it was observed that high levels of Rac had a better acting with low or mean levels of Thr:Lys while the low levels of Rac had better results with high levels of Thr:Lys. For this reason, differences among variables with two levels of Rac are due to nutritional handling (Thr:Lys ratio), since this factor influences the magnitude of the answer. From the productive point of view, the combination to recommend is 10 ppm of Rac and Thr:Lys 0,6.

Key words: Ractopamine, lean tissue, threonine:lysine ratio, finishing pigs.

La producción porcícola no sólo ha avanzado en la obtención de líneas genéticas precoces con mejores índices de conversión de alimento, sino también hacia la obtención de cerdos con canales mucho más magras. Adicionalmente a la mejora genética, se han desarrollado aditivos no nutricionales, los cuales son

capaces de mejorar los rendimientos productivos; dentro de este grupo de compuestos se encuentra la Ractopamina (RAC). Este aditivo permite incrementar ciertos indicadores productivos y modificar el tejido magro en el cerdo, con una marcada disminución en la concentración de grasa subcutánea e intramuscular

¹ Profesor Auxiliar. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A 1779, Medellín, Colombia. <jeparrasu@unal.edu.co>

² Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <hechavar@unal.edu.co>

Recibido: Agosto 22 de 2007; aceptado: Mayo 1 de 2008.

(Stoller *et al.*, 2003). Este producto es un agonista β -adrenérgico de la familia de las fenoleolanolaminas, particularmente selectiva por los receptores β -adrenérgicos de las células adiposas y del músculo esquelético. Este producto promueve la lipólisis y el incremento del tejido magro en la canal (Apple *et al.* 2004; Armstrong *et al.* 2004; Batterham *et al.*, 1990). El principal efecto de la administración de este producto es el de la orientación de los nutrientes (glucosa y aminoácidos) hacia la síntesis de proteína muscular, favoreciendo la hipertrofia del tejido (aumento en el tamaño de la fibra muscular) (Williams *et al.*, 1994). La utilización de este producto exige modificar la densidad de nutrientes, particularmente aminoácidos, para soportar el aumento en la síntesis de proteína (Apple *et al.*, 2004). Por otro lado, al hablar de los requerimientos de aminoácidos en la alimentación de los cerdos, hay que tomar en cuenta que éstos se basan en suplir en primera instancia los requerimientos de lisina, el cual se considera como el principal aminoácido limitante en la alimentación de esta especie (Batterham *et al.* 1990; Bikker Verstegen y Bosch, 1994). Además, la síntesis de tejido magro, cuando se recurre al uso de modificadores del metabolismo como RAC, depende de la corrección de los niveles de lisina digestible ileal verdadera (Lys) (Fernández *et al.*, 2002) y del resto de los aminoácidos de acuerdo al concepto de lo que se ha denominado "Proteína Ideal" (Backer, 1995). Con el uso de dietas formuladas con base en sorgo y torta de soya, pueden provocarse relaciones inadecuadas de aminoácidos respecto a Lys, tal es el caso de Treonina (Thr) y la relación Treonina:Lisina (Thr:Lys). Thr, es el segundo aminoácido limitante en ambos ingredientes, y su digestibilidad promedio es menor a la de Lys. Adicionalmente, cualquier exceso de aminoácidos tiene un impacto económico negativo y puede perjudicar el comportamiento productivo de los cerdos. Por todo esto y por la mayor demanda de Lys que implica el uso de la RAC, es posible que los niveles de Thr sean diferentes, y por tanto la relación Thr:Lys sea distinta a la propuesta por Van Milgen y LeBellego (2003) para cerdos en finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo tuvo una duración de 28 días. Se utilizaron un total de 42 cerdos machos castrados de aproximadamente $72,4 \pm 2,3$ kg, producto de cruzamientos alternos Duroc \times Landrace, alojados en corrales individuales ($1,25 \text{ m}^2$). El experimento se

realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2 (Tres relaciones Thr:Lys y dos niveles de RAC), los resultados se analizaron a través de un análisis de medidas repetidas en el tiempo, ya que todas las variables fueron medidas en cada animal 14 y 28 días después de iniciado el suministro de la dieta. Cada uno de los animales fue aleatorizado a una de las seis combinaciones de los factores: Relación (Thr:Lys) Treonina:Lisina fueron: 0,60, 0,65 y 0,70 y las dosis de Ractopamina: 5 ppm y 10 ppm. Cada tratamiento tuvo un total de 7 repeticiones. Con estas restricciones, los tratamientos estuvieron constituidos de la siguiente manera: 1) Rac 5ppm, Thr:Lys 0,60; 2) Rac 5 ppm, Thr:Lys 0,65; 3) Rac 5 ppm, Thr:Lys 0,70; 4) Rac 10 ppm, Thr:Lys 0,60; 5) Rac 10 ppm, Thr:Lys 0,65; 6) Rac 10 ppm, Thr:Lys 0,70. Las dietas fueron formuladas para obtener una densidad energética de $3,20 \text{ Mcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ de EM de alimento con base en sorgo y torta de soya, y las vitaminas y minerales cubrieron las recomendaciones del NRC (1998). El resto de los aminoácidos se manejaron con las recomendaciones de Proteína Ideal (Backer, 1995) para la etapa de finalización. El alimento se ofreció a saciedad dos veces al día (07:00 y 17:00), y el consumo se midió diariamente (CDA). Para calcular la ganancia diaria de peso (GDP), los cerdos se pesaron individualmente al inicio del experimento y luego en intervalos de 14 días. A partir de mediciones de ultrasonido en tiempo real, a 6,5 cm de la línea media y en el punto 2 (P_2); se obtuvieron las mediciones de grasa dorsal (GD), profundidad del músculo gran dorsal (PM) a la altura de la décima y última costillas, y el área de ojo de chuleta (AOCH) sobre la décima costilla. Para la estimación de tejido magro libre de grasa (MLG) y ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDTMLG), se utilizaron las ecuaciones señaladas por Cisneros *et al.* (1996). La eficiencia (Ef) se expresó como GDTMLG en función del CDA. El análisis de datos se realizó con el paquete estadístico SAS[®], usando el procedimiento MIXED (SAS, 2001).

RESULTADOS

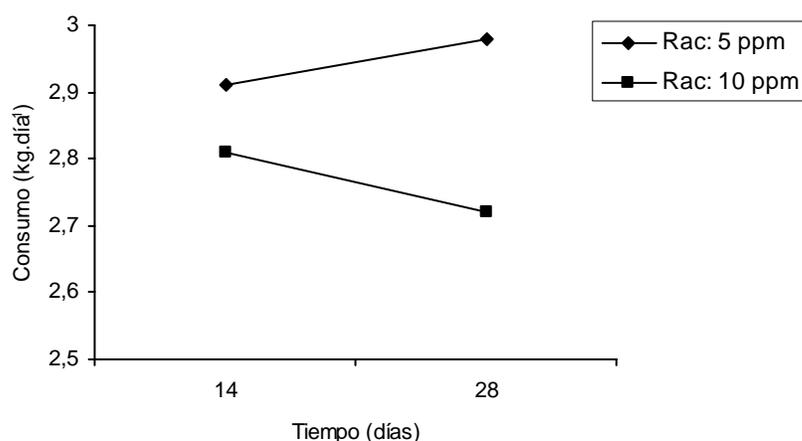
A manera de resumen, en la Tabla 1 se presentan los valores medios/animal/día de todas las variables para los dos períodos de tiempo analizados. Se advierte al lector que estas medias no siempre corresponden con las utilizadas para construir los gráficos que a continuación se muestran, pues en algunos casos hubo interacciones cuyo análisis excluye a uno de los factores.

Tabla 1. Promedios de las variables estudiadas en cerdos en finalización para los periodos de 0-14 días y 14-28 días después de iniciada la suplementación con RAC y diferentes relaciones Thr:Lys.

	5 ppm de Ractopamina			10 ppm de Ractopamina		
	Relación Treonina: Lisina			Relación Treonina: Lisina		
0-14 días	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7
CDA (kg·día ⁻¹)	2,85	2,91	2,88	2,78	2,81	2,7
GDP (kg·día ⁻¹)	0,78	0,93	0,87	0,85	0,83	0,82
GDTMLG (kg·día ⁻¹)	0,28	0,30	0,31	0,30	0,31	0,291
EF	0,01	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11
	5 ppm de Ractopamina			10 ppm de Ractopamina		
	Relación Treonina: Lisina			Relación Treonina: Lisina		
14-28 días	0,6	0,65	0,7	0,6	0,65	0,7
CDA (kg·día ⁻¹)	2,91	2,98	2,95	2,68	2,72	2,62
GDP (kg·día ⁻¹)	0,75	0,88	0,83	0,80	0,82	0,82
GDTMLG (kg·día ⁻¹)	0,26	0,28	0,30	0,31	0,30	0,29
EF	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11

Consumo de alimento. Se presentó una interacción significativa ($P < 0,05$) entre el nivel de Rac y el período de la medición. Desde el inicio del experimento, el CDA fue mayor para los tratamientos con 5 ppm RAC; con una tendencia a incrementarse en el tiempo. Contrariamente, el CDA

en el nivel de 10 ppm RAC mostró una tendencia decreciente. Todas las medias (Figura 1) fueron diferentes entre sí ($P < 0,05$). El mayor CDA se obtuvo con la combinación 5 ppm Rac a los 28 días (2,95 kg·día⁻¹) y el menor consumo con la combinación 10 ppm Rac a los 28 días (2,68 kg·día⁻¹).

**Figura 1.** Consumo de alimento (kg·día⁻¹) en cerdos en finalización, según el nivel de RAC en la dieta y día después de iniciada la suplementación.

Independiente de lo anterior, los tres niveles de Thr:Lys generaron consumos diferentes ($P < 0,05$), con su mayor valor ($2,86 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1}$) para Thr:Lys 0,65 (Figura 2).

Ganancia de peso. La respuesta en ganancia de peso se vio afectada de manera relacionada ($P < 0,0001$) con la relación Thr:Lys, Nivel de Rac y día de medición.

En la Figura 3, se observa que la combinación de 5 ppm Rac con Thr:Lys 0,65 genera las mayores GDP, en los dos períodos evaluados (0,93 kg y 0,88 kg para los 14 y 28 días respectivamente). Los valores anteriores fueron estadísticamente diferentes entre sí y respecto a las medias de las otras combinaciones ($P < 0,05$). Las menores GDP se obtuvieron con la combinación 5 ppm Rac y Thr:Lys 0,60.

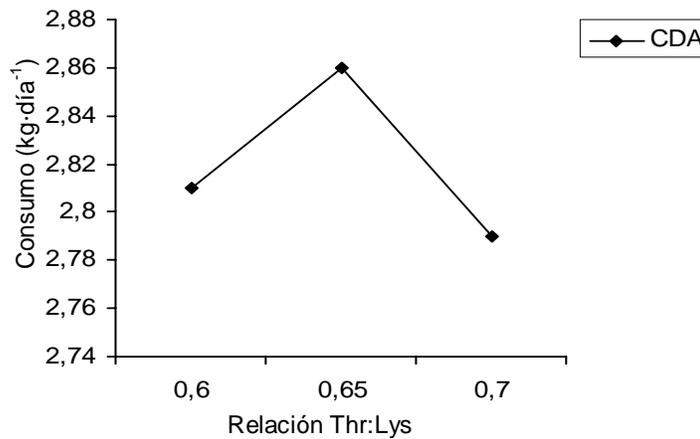


Figura 2. Consumo medio-animal-día⁻¹ (CDA) en cerdos en finalización, según Thr:Lys.

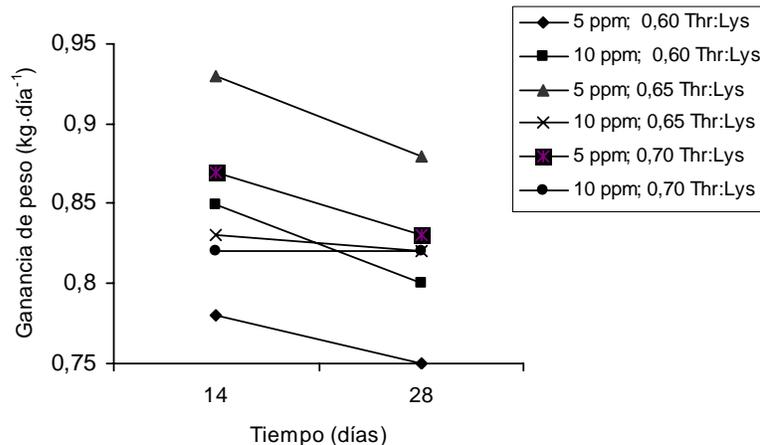


Figura 3. Efecto en cerdos en finalización de la suplementación con diferentes niveles de RAC y relación Thr:Lys en el tiempo sobre la GDP.

Ganancia diaria de tejido magro libre de grasa. En esta variable se presentaron dos interacciones: Thr:Lys con nivel de Rac, y día de medición con Nivel de Rac ($P < 0,01$). En la Figura 4, se observan estas dos interacciones. Con 10 ppm Rac, la GDTMLG

aumenta al pasar del primer al segundo período de tiempo, mientras que con 5 ppm Rac la GDTMLG tiene un comportamiento decreciente. Adicionalmente, niveles bajos de Rac (5 ppm) tendrían un mejor comportamiento con relaciones altas Thr:Lys, mientras

que niveles altos de Rac (10 ppm) tienen mayores GDTMLG con relaciones bajas o intermedias Thr:Lys. En la Figura 5 se tienen las GDTMLG para las combinaciones evaluadas en los dos períodos de tiempo. Se observa que en el período inicial las mayores GDTMLG se obtuvieron con las combinaciones 5 ppm de Rac con Thr:Lys 0,7 y 10

ppm Rac con Thr:Lys 0,65. En el segundo período de tiempo, las combinaciones anteriores fueron desplazadas por la combinación 10 ppm Rac con Thr:Lys 0,60, con la cual se obtienen las mayores GDTMLG para el período en cuestión, Sin embargo el análisis de la siguiente variable puede dar más claridad.

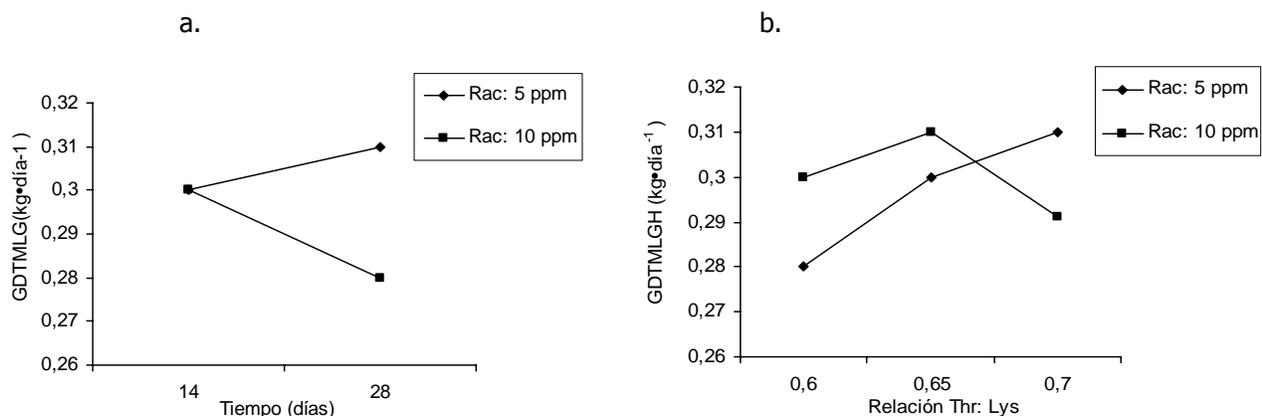


Figura 4. Efecto en cerdos en finalización, de la suplementación con diferentes niveles de RAC y relación Thr:Lys en el tiempo sobre las interacciones para ganancia diaria de tejido magro libre de grasa: a) Nivel de Rac y Thr:Lys, b) Nivel de Rac y el período de tiempo.

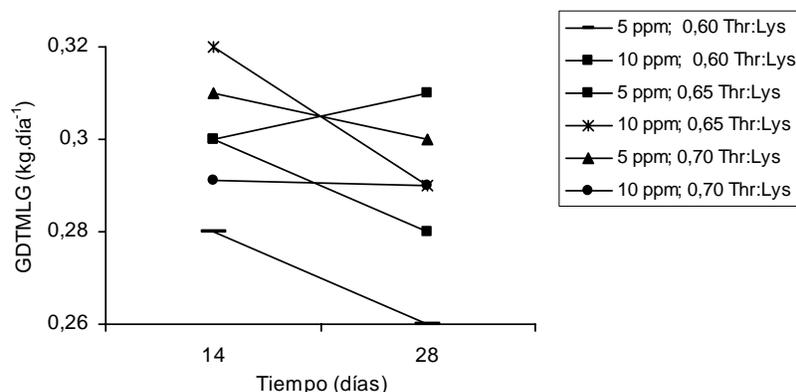


Figura 5. Ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDTMLG) para las combinaciones evaluadas en los dos períodos de tiempo.

Eficiencia. Se presentaron dos interacciones: Thr:Lys con nivel de Rac y Período de la medición con Nivel de Rac ($P < 0,0001$). En la Figura 6 se indican estas dos interacciones y se observa el mismo comportamiento para la variable GDTMLG. Con 10 ppm Rac, la Ef aumenta al pasar del primer al segundo período de tiempo, mientras que con 5 ppm la Ef tiene un comportamiento decreciente.

Adicionalmente, niveles bajos de Rac (5 ppm), tendrían un mejor comportamiento con Thr:Lys altas, mientras que niveles altos de Rac (10 ppm) tienen un mejor comportamiento con Thr:Lys bajas. La Figura 7 enseña el comportamiento de la eficiencia con todas las combinaciones evaluadas. En este caso es de utilidad para observar que en el período inicial no hay diferencias entre ninguna de

las combinaciones que contienen 10 ppm Rac ni entre éstas con la combinación 5 ppm Rac y Thr:Lys 0.7. En el segundo período de tiempo el grupo de combinaciones con 10 ppm Rac no presenta diferencias significativas entre sí y a su vez entrega

mayores Ef que en el primer período, por todo lo anterior, la recomendación más económica sería la combinación de 10 ppm Rac con Thr:Lys 0.6, la cual genera una mayor Ef en todo momento a pesar de que la GDTMLG sea la mayor en el primer período.

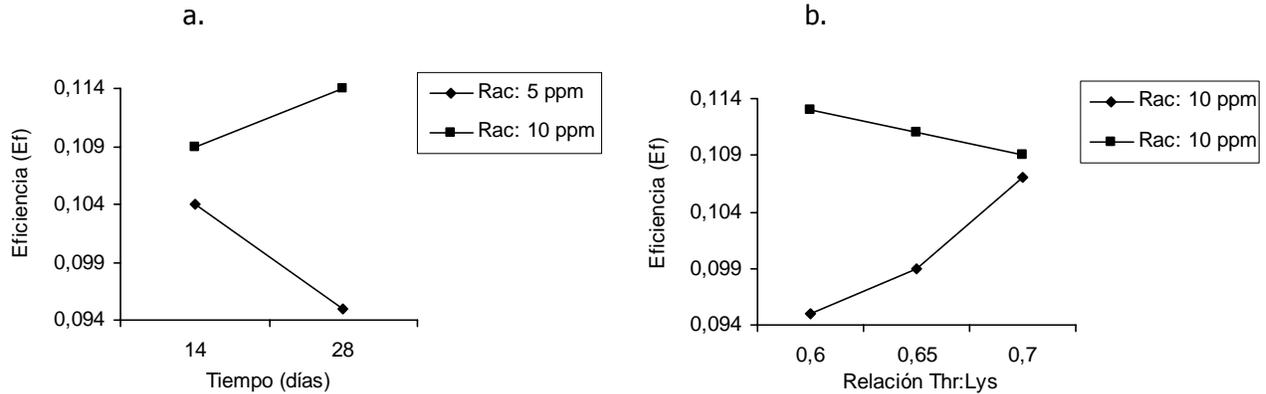


Figura 6. Interacciones para la variable eficiencia magra entre: a) Nivel de Ractopamina y el período de tiempo b) Nivel de Ractopamina y Relación Treonina:Lisina, de cerdos en finalización.

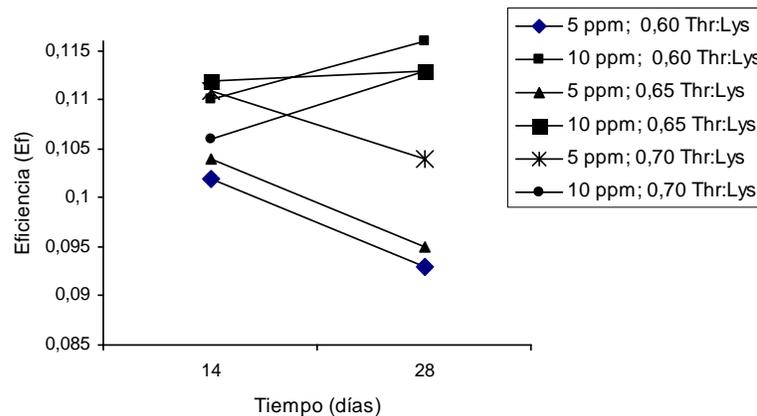


Figura 7. Eficiencia (Ef) en el tiempo de cerdos en finalización suplementados con Ractopamina y varios niveles de Treonina:Lisina.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron similares a los encontrados por algunos autores (Schinckel *et al.*, 2003a, Apple *et al.*, 2004, Armstrong *et al.*, 2004 y Carr *et al.*, 2005), quienes observaron interacción entre el nivel de lisina y el nivel de ractopamina sobre la respuesta productiva, pero ninguno de las investigaciones mencionadas analizó en detalle dicha interacción.

Las relaciones encontradas para el CDA con los niveles de Rac y de Thr:Lys son parecidas a las mencionadas en la literatura. Watkins *et al.* (1990), registraron una reducción en el CDA durante la fase de finalización al utilizar niveles altos de Rac. Otra causa de disminución de CDA son los niveles altos de Lys en la dieta, lo cual puede ser explicado por haberse alcanzado su capacidad máxima de retención, lo cual limita el consumo de la misma (Susenbeth *et al.*, 1999).

En términos de GDP los resultados encontrados difieren de algunas citas en la literatura, donde se encuentran resultados muy diversos, en este caso las mayores GDP se presentaron en general en aquellos tratamientos con el menor nivel de Rac, mientras que Stoller *et al.* (2003) encontraron que incluyendo Rac en las dietas para cerdos en finalización, se aumentaban la GDP. Sin embargo, Chen *et al.* (1995) sugieren que las mayores GDP se obtienen como respuesta al incremento en la proteína cruda y aminoácidos de la dieta y no al efecto de Rac. Respecto a Thr:Lys, se observó una tendencia a mayores GDP con niveles intermedios de Thr:Lys, mientras que Dunshea *et al.* (1993) obtuvieron mejores resultados sobre la GDP al utilizar los niveles de lisina máximos, y Friesen *et al.* (1994) los lograron con los niveles más bajos.

Las mayores ganancias alcanzadas con la máxima Thr:Lys pueden explicarse por obtener el tope de retención de nitrógeno en los tejidos, debido a un incremento del gasto calórico durante la absorción de los aminoácidos y la síntesis proteica del músculo esquelético (Dunshea *et al.*, 1993). Adicionalmente, Webster *et al.* (2002) analizaron los efectos conjuntos de Rac y Lys, estableciendo que la GDP es mayor al aumentar el nivel de Rac y Lys en la dieta, lo cual es inconsistente con los resultados de este estudio.

La diversidad de resultados encontrados en la literatura de alguna manera respalda el hecho de que en esta investigación se haya encontrado una interacción triple entre Rac, Thr:Lys y el día de medición de GDP, pudiendo ser ésta la razón de que no haya consenso sobre la combinación óptima que mejore la GDP.

En este estudio se observó que las mayores GDTMLG se presentaron con el nivel más alto de Rac y niveles Thr:Lys bajos o intermedios. En relación a Rac estos resultados están acordes con lo hallado por Schinckel *et al.* 2003b, quienes encontraron que la GDTMLG se incrementó con la adición de Rac, debido a su efecto depresor sobre el CDA, lo cual disminuye la energía disponible para la deposición de lípidos, mejorando la deposición de proteína y por ende, afectando el crecimiento de tejido graso en la canal. Lo anterior está respaldado por Veenhuizen *et al.* (1987), quienes afirman que la utilización de β -adrenérgicos como Rac, presenta un efecto positivo sobre la actividad lipolítica.

Acorde con Schinckel *et al.* (2003b), ofreciendo dietas con altos niveles de Lys por encima de las necesidades del animal se alcanza la máxima deposición de proteína (GDTMLG), resultando en menores pérdidas de peso y deposición de lípidos, debido a la disminución del contenido de energía de la dieta. En este trabajo lo anterior se cumple solo al combinar el nivel de Thr:Lys mayor con el nivel más bajo de Rac, resultado de la interacción entre Rac y Thr:Lys. Por esta razón, es de esperarse que las diferencias en la GDTMLG entre los dos niveles de Rac se deban al manejo nutricional (relación Thr:Lys), ya que este factor influencia la magnitud de la respuesta (Campbell *et al.*, 1990).

En términos de Ef, los resultados encontrados en este estudio, son consistentes con los discutidos para GDTMLG, lo cual es comprensible, pues Ef es una función de dicha variable. Aunque la Ef definida para este trabajo está expresada en términos de GDTMLG, los resultados son afines con lo mencionado en literatura para la Eficiencia (Ef), en términos generales (GDP). Schinckel *et al.* (2003b) encontraron que las mejores eficiencias se obtuvieron con los mayores niveles de Rac. En este trabajo y en particular dicho efecto, se vio potenciado con el nivel de Thr:Lys más bajo, lo cual sugiere que niveles altos de Rac permiten al organismo hacer un uso más eficiente de Lys; es posible que al adicionar niveles levemente por encima de los requerimientos recomendados, el organismo esté destinando energía al catabolismo de dicho exceso en lugar de utilizarla en la construcción y formación de músculo.

CONCLUSIONES

El efecto de Rac y Thr:Lys sobre las variables analizadas no es independiente, ya que dependiendo de la combinación que se haga con los anteriores, se obtendrán resultados diferentes. En general se observó que niveles altos de Rac tuvieron un mejor desempeño con niveles bajos o intermedios de Thr:Lys mientras que los niveles bajos de Rac tuvieron mejores resultados con niveles altos de Thr:Lys.

Para la variable GDTMLG la mejor combinación parece ser la de 10 ppm de Rac con niveles bajos o intermedios de Thr:Lys (0.6 o 0.65), para la variable Ef, los mejores resultados se obtuvieron con la

combinación 10 ppm de Rac y 0.6 de Thr:Lys. Por todo lo anterior se considera que de manera global, la combinación a recomendar es esta última.

Sin embargo, la anterior recomendación se hace desde el punto de vista productivo sin tener en cuenta un análisis económico adecuado. A pesar de las fluctuaciones en los precios de insumos y de la carne de cerdo, se sugiere involucrar un estudio de costo/beneficio en este tipo de trabajos para lograr un mejor análisis de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

- Apple, J. K., C.V. Maxwell, D.C. Brown, K.G. Friesen, R.E. Musser, Z.B Johnson and T. A. Armstrong. 2004. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. *J. Animal Sci.* 82(11):3277-3287.
- Armstrong, T.A., D.J. Ivers, J.R. Wagner, D.B. Anderson, W.C. Weldon and E.P. Berg. 2004. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J. Animal Sci.* 82(11):3245-3253.
- Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent and E. White. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Effects of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. *Brit. J. Nutr.* 64(1):81-94.
- Bikker, P., M.W.A. Verstegen, and M. Bosch. 1994. Amino acid composition of growing pigs in affected by protein and energy intake. *J. Nutr.* 124(10):1961-1969.
- Campbell, R.G., Johnson R. J., King R. H. and Taverner M. R. 1990. Effects of gender and genotype on the response of growing pigs to exogenous administration of porcine growth hormone. *J. Animal Sci.* 68(9):2674-2681.
- Carr, S.N., P.J. Rincker, J. Killefer, D.H. Baker, M. Ellis and F.K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J. Animal Sci.* 83(1):223-230.
- Chen, H.Y., P.S. Miller, A.J. Lewis, C.K. Wolverson and W.W. Stroup. 1995. Changes in plasma urea concentration can be used to determinate protein requirements of two population of pigs with different protein accretion rates. *J. Animal Sci.* 73(9):2631-2639.
- Cisneros, F., M. Ellis, K.D. Miller, J. Novakofski, E.R. Wilson and F.K. McKeith. 1996. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *J. Animal Sci.* 74(11):2566-2576.
- Dunshea, F. R., King, R. H., Campbell R. G., Sainz, R. D. and Kim, Y. S. 1993. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *J. Animal Sci.* 71(11):2919-2930.
- Fernández, D.D.M., V.N. Rosas, F.A. Soria and I.J.A. Cuarón. 2002. Threonine to lysine ratio in pigs treated with ractopamine. p. 147-148 En: *Memorias XXXVII Congreso Nacional AMVEC, Puerto Vallarta, Mexico.*
- Friesen, K. G., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Unruh, J. A., Kropf, D. H. and Kerr, B. J. 1994. Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. En: *Journal of Animal Science.* Vol 72; p. 1761-1770.
- National Research Council - NRC. 1998. *Nutrients requeriment of swine.* 10th Revised Ed. National Academy Press, Washington DC, USA. 181 p.
- Statistical Analysis System. 2001. *System for windows release 8.2 (TS2M0). SAS/STAT User's Guide.* SAS Institute, Cary, North Caroline.
- Schinckel, A.P., C.T. Herr, B.T. Richert, J.C. Forrest and M.E. Einstein. 2003a. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. *J. Animal Sci.* 81(1):16-28.
- Schinckel, A.P., N. Li, B.T. Richert, P.V. Preckel and M.E. Einstein. 2003b. Development of model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. *J. Animal Sci.* 81(5):1106-1119.
- Stoleer, G.M., H.N. Zerby, S.J. Moeller, T.J. Baas, C. Johnson and L.E. Watkins. 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *J. Animal Sci.* 81(6):1508-1516.
- Susenbeth, A., T. Dickel, A. Diekenhorst and D. Oler. 1999. The effect of energy intake, genotype, and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. *J. Animal Sci.* 77(11): 2985-2989.
- Van Milgen, J., and L. Le Bellego. 2003. A meta-analysis to estimate the optimum threonine to lysine ratio in growing pigs. *J. Animal Sci.* 81(Suppl. 1):553.
- Veenhuizen, E.L., K.K. Schmiegel, W.T. Waitt, and D.B. Anderson 1987. Lypolitic, growth, feed efficiency, and carcass response to phenethylamines in swine. *J. Animal Sci.* 65(2):130-138.

Watkins, L.E., D.J. Jones, D.B. Mowrey, D.B. Anderson, and E.L. Veenhuizen. 1990. The effects of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Animal Sci.* 68(11):3588-3595.

Webster, M.J., R.D. Goodband, M.D. Tokach, J.A. Unruh, J.L. Nelssen, S.S. Dritx, D.E. Real, J.M. De Rouchey, J.C. Woodworth, and T.C. Marsteller. 2002. Interactive

effects between Paylean® (Ractopamina HCL) and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristic and tissue accretion. *J. Animal Sci.* 80 (Suppl. 1):187.

Williams, N. H., T.R. Cline, A.P. Schinckel, and D.J. Jones. 1994. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Animal Sci.* 72(12):3152–3162.