

Efectos de la ractopamina y el nivel de lisina sobre la respuesta productiva de cerdos magros en la fase de engorde

Aníbal Pérez¹, Néstor E. Obispo^{*2}, José Palma² y Claudio F. Chicco³

RESUMEN

Con híbridos comerciales mejorados genéticamente para la condición magro, en la fase de acabado (hembras y machos castrados), se evaluó el efecto de dos niveles de ractopamina (RAC) en la dieta (0 y 10 ppm) y tres niveles de lisina (Lis): 0,95 1,05 y 1,15% sobre la ganancia diaria de peso (GDP), peso canal caliente (PCC) y fría (PCF a 24 y 48 h), porcentaje de rendimiento en canal (REN) y pérdidas por goteo a las 24 (M24) y 48 horas (M48). Hubo una interacción ($P<0,001$) entre el nivel entre el nivel de RAC y el sexo para GDP, donde la adición de RAC a la dieta permitió que las hembras igualaran a los machos castrados. La GDP fue mayor ($P<0,001$) para el tratamiento que recibió el máximo nivel de lisina en la dieta, superando éste a los niveles 0,95 y 1,05% en 8,2 y 11,03%, respectivamente. El PCC mostró un efecto inverso en relación al nivel de lisina, siendo más alto ($P<0,01$) para el tratamiento con 0,95% de lisina, superando en 4,9 y 3,5 kg a los niveles 1,05 y 1,15%, respectivamente. El REN no se vio afectado por el nivel de este aminoácido en la dieta. Igual comportamiento se observó para PCF24 y PCF48. Las M24 y M48 fueron afectadas ($P<0,001$) en relación al nivel de lisina con las mermas más altas en el nivel 1,05% (2,61 y 1,80 kg, respectivamente). Igualmente, en ambos casos, las menores pérdidas fueron observadas al nivel 1,15% de lisina (1,92 y 1,23 kg para M24 y M48, respectivamente). La

¹ Ing. Agr., MS., Ejercicio Libre.

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apartado postal 4653. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: nobispo@inia.gob.ve

³ Universidad Central de Venezuela. Facultades de Ciencias Veterinarias y Agronomía. Postgrado de Producción Animal. Maracay, Aragua. Venezuela.

inclusión de RAC afectó el PCC, siendo mucho más alta ($P<0,001$) en relación al control superándolo en 5,86 kg. El REN fue más alto ($P<0,05$) para el tratamiento RAC10, superando este al control en 0,9 unidades porcentuales. Los valores de PCF24 y PCF48, en relación a la RAC resultaron mucho más altos ($P<0,001$) en RAC10, superando éstos al control en 5,863 y 5,13 kg, respectivamente. Las M24 fueron similares entre los tratamientos RAC0 y RAC10. La M48 fue mayor ($P<0,001$) en 0,709 kg para el tratamiento con RAC.

Palabras clave: Cerdos, ractopamina, lisina, rendimiento en canal, ganancia diaria de peso.

Effect of ractopamine and lysine levels on the performance of leaning pigs in the finishing phase

SUMMARY

Genetically improved leaning pigs (gilts and barrows) in the finishing phase were used to investigate the effect of two levels of ractopamine (RAC: 0 and 100 ppm) and three levels of lysine (Lys: 0.95, 1.05, and 1.15%) on the average daily gain (ADG), hot (Hw) and cold (Cw: 24 and 48 h) weights, dressing percentage (DP), and drip losses at 24 (DL24) and 48 hours (DL48). There was an interaction between sex and RAC which allowed gilts ADG were similar than those observed for barrows. ADG was higher ($P<0.001$) for those pigs on Lys 1.15%, with increases of 8.2 and 11.03% for the treatments Lys 0.95 and 1.05%, respectively. Hw was higher ($P<0.01$) for Lys 0.95% than Lys 1.05 and 1.15% by 4.9 and 3.5 kg, respectively. DP, Cw 24 and 48h were not affected by the level of this amino acid in the diet. Lys at 1.05% showed higher ($P<0.001$) drip losses at 24 and 48h, with values of 2.61 and 1.80 kg, respectively. The lower drip losses were observed for Lys 1.15% (1.92 and 1.23 kg, for 24 and 48 h, respectively). RAC10 was 5.85 kg higher ($P<0.001$) in Hw than control. Similarly, adding RAC showed higher (0.9 percentage units) than RAC0 ($P<0.05$). Cw at 24 and 48 h were much higher RAC10 with increases of 5.863 and 5.13 kg, respectively, as compared to RAC0. DL 24 were similar between treatments, however DL48 was higher ($P<0.001$) by 0.709 kg for RAC10 as compared to RAC0.

Keywords: Pig, ractopamine, lysine, dressing percentage, average daily gain.

INTRODUCCIÓN

La producción de cerdos no sólo ha avanzado en la obtención de líneas genéticas precoces, con mejores índices de conversión de alimento, sino también y hacia la obtención de cerdos con canales mucho más magras. Este avance ha sido motivado primeramente por la necesidad de incrementar los requerimientos obtenidos en el desposte de las canales, de manera de que éstos proporcionen una mayor cantidad de carne con la consecuente mejora en la rentabilidad y una mayor demanda de este tipo de carnes en base a exigencias relacionadas con la salud de los consumidores. Adicionalmente a la mejora genética, se han desarrollado aditivos no nutricionales, los cuales son capaces de mejorar los rendimientos productivos, como por ejemplo el compuesto ractopamina. Estos aditivos permiten incrementar ciertos indicadores productivos y la modificación del tejido magro en el cerdo, con disminución de la concentración de grasa subcutánea e intramuscular. Este producto es un agonista β -adrenérgico de la familia de las fenotetanolaminas, que actúa sobre los receptores β -adrenérgicos de las células adiposas y del músculo esquelético, promoviendo la lipólisis, con el consecuente incremento del magro en la canal (Smith y Paulson, 1994; Spurlock *et al.*, 1994; Crome *et al.*, 1996).

El empleo de ractopamina ha permitido experimentar resultados variables sobre el cerdo al ser adicionada a valores desde 5, 10 y 20 ppm sobre la respuesta productiva, ganancia diaria de peso (Dunsha *et al.*, 1993a; Williams *et al.*, 1994), rendimiento en canal (Williams *et al.*, 1994; Crome *et al.*, 1996) y pérdidas por goteo. Sin embargo las pruebas señalan que el efecto más notorio de este compuesto se manifiesta sobre la modificación de las características del tejido magro (Armstrong *et al.*, 2004).

Por otro lado, al señalar 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 *et al.*, 1994). Sin embargo, otras investigaciones estiman que los aminoácidos azufrados (AAS) metionina y cisteína también son limitantes, por lo que entonces, será importante mantener una óptima proporción AAS:lisina (Knowles *et al.*, 1998). Se considera que para minimizar la deposición de grasa y garantizar un buen crecimiento y desarrollo muscular, esta proporción debería estar cercana al 0,67%. Sin embargo, parece no ser así en aquellos animales alimentados a base de maíz, harinas de soya o sorgo, los cuales dependerán más del nivel de lisina suministrado (Knowles *et al.*, 1998). Por consiguiente, la distribución

del resto de los aminoácidos en la proteína va a depender de la cantidad de lisina requerida por el cerdo en su respectivo estado fisiológico constituyéndose de esta manera en lo que se ha llamado la proteína ideal.

La selección genética para la obtención de animales mucho más magros propicia un aumento de los requerimientos de lisina del cerdo (Friesen *et al.*, 1994). Por lo tanto, los requerimientos de lisina para los cerdos durante el engorde dependerán del tipo de dieta y del criterio de respuesta en el intento de obtener una óptima respuesta en ganancia de peso, conversión de alimento, características de la canal y tasa de retención de proteína en el músculo para lo cual es importante establecer un nivel adecuado nivel de este aminoácido en la dieta (NRC, 1998)

Los requerimientos de aminoácidos en los cerdos se encuentran influenciados, entre otros, por factores genéticos (magro vs. grasa), sexo, concentración de energía de la dieta, biodisponibilidad de estos aminoácidos y la frecuencia de alimentación (Hahn *et al.*, 1995). Se han evaluado los efectos de la lisina en las características de la canal del cerdo, sobre el rendimiento de la canal al beneficio, profundidad de la grasa dorsal en la última y antepenúltima costilla, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro, encontrándose resultados variables de acuerdo al nivel de incorporación dado, capacidad genética y el sexo (Hansen y Lewis, 1993; Hahn *et al.*, 1995).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la ractopamina a tres diferentes niveles de lisina en la ganancia de peso y el rendimiento de la canal en cerdos en la fase de ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la granja "Los 333" del grupo "La Caridad C.A." ubicada en las afueras de la localidad de Parapara de Ortiz, municipio Roscio del estado Guárico. De una población de 3.500 cerdos mejorados genéticamente de la línea Pig Improvement Company (PIC), híbrido comercial proveniente del cruce de las razas Landrace, Duroc, Large White, Hampshire, Berkshire, Pietrain y Meishan, se seleccionaron 180 animales con una edad y peso inicial de 156 días y 93 ± 10 kg, respectivamente. La muestra estuvo constituida por hembras y machos castrados en similares proporciones dentro de los corrales. Los cerdos se alojaron a razón de 30 animales por corral, asignados al azar considerándose la talla para minimizar los efectos de dominancia dentro del corral. En base a

los registros de humedad y temperatura de la unidad de producción se consideró que, a lo largo y ancho de los galpones, los diferentes corrales eran homogéneos en la condición microambiental. Cada cerdo experimental fue identificado en la oreja derecha de manera de facilitar la recolección de los datos.

Los animales se asignaron a los tratamientos en base a un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (dos niveles de ractopamina x tres niveles de lisina y dos sexos). Los diferentes tratamientos se muestran en el Cuadro 1.

Los cerdos tuvieron acceso libre al alimento y al agua de bebida y las dietas fueron formuladas para ser isoproteicas (17,5% PC) e isoenergéticas (3.300 kcal de EM/kg) (Cuadro 2) y cuya composición se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales

Ractopamina, ppm	Lisina, %		
	0,95	1,05	1,15
0	1	2	3
10	4	5	6

Cuadro 2. Análisis químico de los nutrientes de las dietas experimentales.

Componente, %	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Humedad	12,06	12,45	13,10	12,60	12,47	11,86
Proteína	17,18	16,95	17,66	17,62	16,8	17,63
Grasa	6,80	6,69	6,64	7,15	6,82	6,91
Fibra	2,08	2,01	2,19	1,99	2,20	2,01
Cenizas	5,17	4,90	4,92	5,03	4,79	4,72
Calcio	0,950	0,862	0,906	0,843	0,835	0,798
Fósforo	0,591	0,567	0,569	0,572	0,527	0,545

Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales

Ingrediente, %	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Maíz amarillo	67,92	68,09	68,26	66,88	67,05	67,22
Harina de soya 47%	22,24	21,94	21,64	22,41	22,11	21,81
Sebo	2,65	2,63	2,62	3,02	3,01	2,99
Sal®	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Fosfato monodical.	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Carbonato fino	1,53	1,54	1,54	1,53	1,53	1,54
Ractopamina	0	0	0	0,50	0,50	0,50
Melaza	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Lisina HCL 78	0,17	0,31	0,45	0,17	0,31	0,45
Ronozyme	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Salinomicina 1,25%	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Colina Clorhidrato 75	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Aroma de frutas mixtas	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Saborizante (Luctarom)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Premezcla Vitaminas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Premezcla Minerales	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Es importante aclarar, a fin de evitar una mala interpretación de los resultados aquí presentados, que en esta investigación no se midió la variable consumo de alimento. Sólo con carácter informativo para los efectos de la discusión, se realizó una estimación de este valor para cada uno de los tratamientos, ya que los cerdos no estuvieron ubicados en puestos individuales y, por supuesto, no hay suficientes replicaciones para el análisis estadístico. Esta estimación de consumo se realizó similarmente a lo que a campo realiza el productor en la unidad de producción (consumo total del lote en un periodo dado) y una estimación promedio de ganancia diaria en ese periodo dado. Con las estimaciones de consumo y las reales de ganancia diaria de peso de cada tratamiento, igualmente se hizo para la estimación de la conversión de alimento. El resto de las mediciones se hicieron sobre cada uno de los cerdos dentro de cada tratamiento, midiéndose las siguientes

variables productivas: ganancia diaria de peso en kg (GDP), peso de la canal caliente en kg (PCC), peso canal fría a las 24 horas en kg (PCF24), peso canal fría a las 48 horas en kg (PCF48), y por diferencia se obtuvieron las pérdidas por goteo (kg) a 24 (M24) y 48 (M48) horas. La variable rendimiento se calculó en base a una proporción entre el peso vivo del animal y el peso de la canal en caliente.

Para la evaluación estadística se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \alpha\rho_{ik} + \beta\rho_{jk} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Respuesta productiva en el i -ésimo nivel de lisina, j -ésimo nivel de ractopamina y k -ésimo sexo.

μ = Media teórica de la población.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel de lisina ($i = 0, \dots, 2$)

β_j = Efecto del j -ésimo nivel de ractopamina ($j = 0, 1$)

ρ_k = Efecto del k -ésimo sexo ($k = 0, 1$)

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de lisina y el j -ésimo nivel de ractopamina.

$\alpha\rho_{ik}$ = Efecto de la interacción de primer orden del i -ésimo nivel de lisina el k -ésimo sexo.

$\beta\rho_{jk}$ = Efecto de la interacción de primer orden del j -ésimo nivel de ractopamina y el k -ésimo sexo.

ε_{ijk} = Error experimental del i -ésimo nivel de lisina, el j -ésimo nivel de ractopamina y la k -ésimo sexo.

Las GDP se calcularon en base al registro inicial y final de peso de los cerdos divididos entre 28 días que duro la fase de cebado de estos cerdos [(Peso final - Peso inicial)/28d].

El día 27, último día del ensayo, los animales fueron sometidos a un proceso de ayuno por 16 horas, de manera de garantizar al máximo la

desocupación de las vísceras intestinales y además, disminuir el enrojecimiento de la canal al momento del beneficio.

Una vez transportados al matadero, los animales se agruparon por tratamientos, y se sacrificaron por aturdimiento a través de choques eléctricos, degollado, escalado y desviscerado, preservándose las canales, la piel, cabeza y patas.

Las canales se pesaron y la data se registró de acuerdo a su identificación auricular; esta pesada representó el peso de la canal caliente. Seguidamente, las canales se llevaron a las cavas de refrigeración a una temperatura de 4°C por 24 h, se pesaron nuevamente y se registraron sus pesos. Así se obtuvo el peso frío a las 24 h post beneficio. El resultado de restar el peso de la canal caliente con el peso de la canal fría a las 24 h, determino las pérdidas por goteo a 24 h. Posteriormente, estas canales se transportaron al centro de desposte, ubicado en la zona industrial de Coropo, estado Aragua, donde se pesaron nuevamente al cabo de 24 h, obteniéndose así el peso de la canal fría a 48 h y se estimó igualmente por diferencia con el peso frío a las 24 h, las pérdidas por goteo a 48 h post beneficio.

Los datos se evaluaron a través del análisis de varianza (ANOVA) usando el programa estadístico SAS (1985) por el procedimiento GLM. Las medias se ajustaron por mínimos cuadrados y se compararon a través de la prueba de la mínima diferencia significativa (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas productivas de los cerdos en esta investigación en ningún caso mostraron interacción estadística significativa entre los niveles de lisina y los niveles de ractopamina utilizados. Los resultados obtenidos resultaron contrarios a los obtenidos por Schinckel *et al.* (2003), Apple *et al.* (2004), Armstrong *et al.* (2004) y Carr *et al.* (2005) quienes si observaron interacción entre el nivel de lisina y el nivel de ractopamina sobre la respuesta productiva. Si la diferencia entre los resultados de la presente investigación y la realizada por estos autores obedecen a diferencias en los niveles empleados, o a condiciones experimentales, quedará por demostrarse. Al no mostrarse efectos interactivos entre ambos factores, la discusión de los resultados se detalló sólo para los efectos principales.

Sin embargo, se observó en GDP un efecto altamente significativo ($P<0,001$) entre el nivel de ractopamina y el sexo, observándose que los

machos castrados sin ractopamina presentaban una mayor GDP con respecto a las hembras sin ractopamina (0,973 vs 0,758 kg/día), mientras que la adición de RAC a la dieta permitió a las hembras igualar a los machos en este parámetro (Figura 1). Contrariamente, Dunshea *et al.* (1993a) observaron una GDP superior en machos castrados que en hembras al suministrar 20 ppm de ractopamina en la dieta.

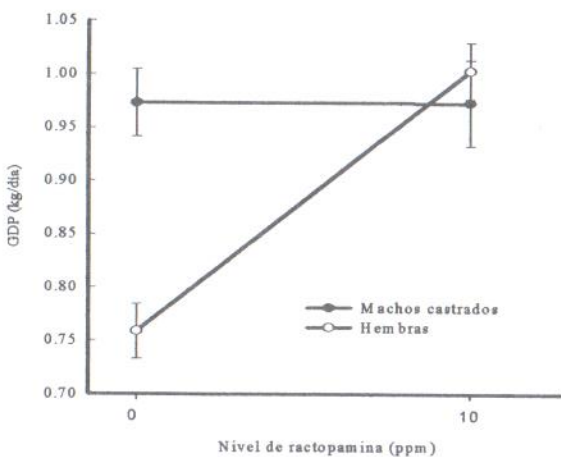


Figura 1. Efecto de la ractopamina y el sexo sobre la ganancia diaria de peso.

Los resultados de GDP, en términos de la respuesta al nivel de lisina (Cuadro 4), fueron mayores ($P<0,001$) para el tratamiento que recibió el máximo nivel de lisina en la dieta (1,15%), superando éste a los niveles 0,95 y 1,05% en 0,08 y 0,11 kg/día, respectivamente. Esto es coincidente con los resultados encontrados por Dunshea *et al.* (1993a) quienes obtuvieron mejores resultados sobre la GDP al utilizar niveles de lisina superiores (1,12; 1,31 y 1,50%). Friesen *et al.* (1994) obtuvieron mejores respuestas con niveles más bajos de lisina 0,9%. Por debajo 0,9% de lisina en la dieta no se observaron efectos sobre la GDP (Loughmiller *et al.*, 1998).

Los valores del peso de la canal caliente (PCC) (Cuadro 4) fueron más altos ($P<0,01$) para el tratamiento con 0,95% de lisina, superando en 4,9 y 3,5 kg a los niveles 1,05 y 1,15%, respectivamente.

Cuadro 4. Efecto de la lisina en la respuesta productiva de los cerdos en la fase de engorde

Variable†	Lisina, %			
	0,95	1,05	1,15	P<
GDP, kg/d	0,907b ± 0,031	0,879b ± 0,024	0,988a ± 0,0313	0,001
PCC, kg	100,60a ± 1,441	95,66c ± 1,408	97,06b ± 1,188	0,05
REN, %	82,43 ± 0,532	82,16 ± 0,346	81,34 ± 0,297	NS
PCF24, kg	98,44a ± 1,402	93,05c ± 1,396	95,14b ± 1,186	0,001
PCF48, kg	96,78a ± 1,385	91,25c ± 1,386	93,91b ± 1,182	0,001
M24, kg	2,16a ± 0,119	2,61a ± 0,115	1,92c ± 0,110	0,001
M48, kg	1,63b ± 0,139	1,80a ± 0,154	1,23c ± 0,075	0,001

†GDP = ganancia diaria de peso; PCC = peso canal caliente; REN = rendimiento en canal; PCF24 = peso en canal frío 24 horas; PCF48 = peso en canal frío 48 horas; M24 = pérdidas por goteo 24 horas; M48 = pérdidas por goteo 48 horas.

En cuanto al REN y el nivel de lisina, estos valores resultaron similares, independientemente del nivel del aminoácido en la dieta (Cuadro 4), tal y como fue observado por Hansen y Lewis (1993) y Chen *et al.* (1999), utilizando niveles de lisina inferiores y superiores, respectivamente, a los usados en esta investigación.

El PCF24 y PCF48 en relación con el nivel de la lisina, en ambos casos fue mucho más alto ($P<0,001$) para el tratamiento con 0,95%, superando este en 5,4; 3,3 y 5,5 y 2,9 kg, a los niveles 1,05 y 1,15% de lisina, respectivamente.

Las pérdidas por goteo M24 y M48 (Cuadro 4) se vieron afectadas ($P<0,001$) por el nivel de lisina, con las mermas más altas al nivel 1,05% (1,61 y 1,80 kg, respectivamente). Igualmente, en ambos casos, las menores pérdidas fueron observadas al nivel 1,15% de lisina (1,92 y 1,23 kg para M24 y M48, respectivamente). Se observó una mayor acumulación de grasa intramuscular con dietas deficientes en lisina, con mayores pérdidas de peso al sacrificio (Witte *et al.*, 2000). Se ha señalado que una canal más magra conduce a una mayor pérdida por goteo, debido a que las canales más magras tienden a acumular más agua (Weatherup *et al.*, 1998).

La inclusión de ractopamina afectó el PCC y fue mucho más alta ($P<0,001$) en relación al control superándolo en 5,86 kg (Cuadro 5). Aallhus *et al.* (1990) no observaron este efecto, con niveles iguales o más altos de ractopamina.

Cuadro 5. Efecto de la ractopamina en la respuesta productiva.

Variable†	Ractopamina, ppm		P<
	0	10	
PCC, kg	94,853b ± 1,002	100,708a ± 1,142	0,001
REN, %	81,515b ± 0,222	82,422a ± 0,405	0,050
PCF24, kg	92,621b ± 0,991	98,483a ± 1,131	0,001
PCF48, kg	91,419b ± 0,995	96,550a ± 1,133	0,001
M24, kg	2,232a ± 0,094	2,225a ± 0,103	0,001
M48, kg	1,202b ± 0,078	1,911a ± 0,117	0,001

†PCC = peso canal caliente, REN = rendimiento en canal, PCF24 = peso frío 24 horas, PCF48 = peso frío 48 horas, M24 = pérdidas por goteo 24 horas, M48 = pérdidas por goteo 48 horas

El REN fue mayor ($P<0,05$) para el tratamiento RAC10, superando al control en 0,9 unidades porcentuales (Cuadro 5). Respuestas mayores, entre 1,5 y 2,4 unidades porcentuales, han sido reportadas por Williams *et al.* (1994) y Crome *et al.* (1996) con incrementos superiores. Igualmente, Armstrong *et al.* (2004) observaron una tendencia a incrementar el REN al aumentar la dosis de ractopamina. Aparentemente, a medida que se incrementa el peso al sacrificio se disminuye la importancia relativa de las vísceras, es decir, ocurre un incremento de la masa muscular con una disminución del peso visceral (Weatherup *et al.*, 1998).

Los valores de PCF24 y PCF48, en relación a la ractopamina (Cuadro 5) resultaron más altos ($P<0,001$) con la inclusión de la ractopamina, superando éstos al control en 5,86 y 5,13 kg, respectivamente. Este efecto no fue observado por Aallhus *et al.* (1990) con niveles iguales o superiores de inclusión.

Al observar las M24 en relación con la inclusión de ractopamina, no se observaron variaciones; sin embargo, el valor fue mayor en 0,709 kg a las 48 h ($P<0,001$), en el tratamiento con ractopamina (Cuadro 5). La ractopamina mejora la formación de músculo (Smith y Paulson, 1994;

Spurlock *et al.*, 1994; Crome *et al.*, 1996), lo que aparentemente, conduce hacia una mayor concentración de agua en estos tejidos de la canal (Medel y Fuentes, 2001), de manera que un mayor contenido de agua puede escurrir mucho más a medida que transcurre el tiempo, y en especial, si no son alcanzados los niveles mínimos de enfriamiento de la canal, los cuales deben estar entre 5 y 6°C en las próximas 20 horas después del beneficio (Honikel, 1999). Estas mermas no han sido observadas en otras investigaciones similares (Uttaro *et al.*, 1993; Stites *et al.*, 1994; Stoller *et al.*, 2003).

Cuadro 6. Efecto del sexo en la respuesta productiva

Variable†	Machos Castrados	Hembras	P<
PCC, kg	100,954a ± 1,114	94,753b ± 1,022	0,05
REN, %	82,072a ± 0,386	81,848a ± 0,263	NS
PCF24, kg	98,770a ± 1,113	92,485b ± 0,998	0,05
PCF48, kg	97,175a ± 1,104	90,965b ± 0,995	0,05
M24, kg	2,184a ± 0,102	2,268a ± 0,094	0,05
M48, kg	1,577a ± 0,117	1,520a ± 0,095	0,05

† Leyenda igual que en el Cuadro 5.

Aunque He *et al.* (1993) no observaron diferencias en el PCC entre machos castrados y hembras, en esta investigación el PCC fue mayor ($P<0,001$) en los machos castrados que en las hembras, con una diferencia de 6,201 kg (Cuadro 6). Los rendimientos de la canal tanto en las hembras como en los machos castrados fueron similares, coincidiendo estos resultados con los obtenidos en otras investigaciones (Cisneros *et al.*, 1996; Dunshea *et al.*, 1993b; Weatherup *et al.*, 1998). Igualmente, el sexo no afectó las variables M24 y M48 (Cuadro 6). No obstante, se han observado mermas mayores en las hembras que en machos castrados (Cisneros *et al.*, 1996).

Aunque en la presente investigación, no tenemos evidencias estadísticas, las estimaciones de consumo de alimento y conversión alimenticia indican, que la mejor conversión alimenticia parece ser la de aquellos tratamientos a los cuales se les suministró la ractopamina, y al considerar el nivel de lisina, los que recibieron el mayor aporte de este aminoácido (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimaciones de consumo de alimento (kg) y conversión alimenticia para cerdos en fase de engorde tratados con ractopamina y tres niveles de lisina.

Tratamiento	Consumo corral 28 días‡	Consumo/animal/día	Conversión†
0,95% lis + 0 ppm Rac.	2467	2,937	3,539
1,05% lis + 0 ppm Rac.	2200,5	2,620	3,113
1,15% lis + 0 ppm Rac.	2300,5	2,739	2,969
0,95% lis + 10 ppm Rac.	2423	2,885	2,930
1,05% lis + 10 ppm Rac.	2374	2,826	3,065
1,15% lis + 10 ppm Rac.	2327,5	2,771	2,631

† Conversión de alimento: kg alimento/kg de GDP

‡ n = 30 cerdos por corral

En la literatura se señala que a una mayor concentración de lisina en la dieta se limita el consumo, lo cual se explica por un tope de retención de lisina la cual va a limitar el consumo de la misma y la capacidad de su retención en el animal (Susenbeth *et al.*, 1999). Con el máximo nivel de lisina se puede alcanzar el tope de retención de nitrógeno en los tejidos, ya que existe un incremento del gasto calórico durante la absorción de los aminoácidos y la síntesis proteica del músculo esquelético; sin embargo, esta es compensada al existir una óptima relación lisina:energía, la cual impide la reducción del crecimiento de los tejidos (Susenbeth *et al.*, 1999).

Crome *et al.* (1996) y De Camp *et al.* (2001) observaron una mejor conversión de alimento con el empleo de ractopamina en la dieta; sin embargo, Aallhus *et al.* (1990) no observaron efecto del nivel de ractopamina en el consumo y mucho menos en la conversión de alimento, resultado posiblemente provocado por el bajo nivel de lisina utilizado.

CONCLUSIONES

- La inclusión de 1,15% de lisina mejoró la ganancia diaria de peso de cerdos magros en la fase de engorde, siendo este nivel superior al recomendado en la literatura indicando que pudiera existir un mayor requerimiento de este aminoácido en este tipo de cerdo.
- En esta investigación, la tasa de crecimiento de las hembras se igualó con la de los machos cuando se incluyó 10 ppm de ractopamina en la dieta.
- El rendimiento en canal no se altera por el nivel de lisina de la dieta. Sin embargo, se mejora con la inclusión de ractopamina.
- La inclusión de 10 ppm de ractopamina en la ración no afectó las mermas por goteo a las 24 horas pero sí a las 48 después del sacrificio y refrigeración.

- A las 24 horas después del sacrificio en refrigeración, las mermas por goteo no se ven afectadas por el nivel de lisina en la dieta, sin embargo tienden a disminuir en relación con este factor a las 48 h.

IMPLICACIONES

Considerando la evolución alcanzada en la generación de nuevos cerdos magros en la industria porcina, como lo es el caso de utilizados en la presente investigación, y los efectos del nivel de lisina, los cuales fueron evidentes sobre la ganancia diaria de peso, y en atención a lo sugerido en otras investigaciones similares, se hace pensar una necesaria reevaluación de los niveles de algunos aminoácidos limitantes actualmente empleados en la alimentación de este tipo de cerdos especializados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aallhus J.L., S.D. Jones, A.L. Schaefer, A.K.W. Tong, W.M. Robertson, J.K. Merrill y A.C. Murray. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 70: 943 – 952.
- Apple J.K., C.V. Maxwell, D.C. Brown, K.G. Friesen, R.E. Musser, Z.B. Johnson y T.A. Armstrong. 2004. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.*, 82: 3277-3287.
- Armstrong T.A., D.J. Ivers, J.R. Wagner, D.B. Anderson, W.C. Weldon y 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. Anim. Sci.*, 82: 3245-3253.
- Batterham E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent y E. White. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Effects of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. *Br. J. Nutr.*, 64: 81-94.
- Bikker P., M.W.A. Verstegen y M.W. Bosch. 1994. Amino acid composition of growing pigs in affected by protein and energy intake. *J. Nutr.*, 124: 1961-1969.

- Carr S.N., P.J. Rincker, J. Killefer, D.H. Baker, M. Ellis y F.K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 83: 223-230.
- Chen H.Y., A.J. Lewis, P.S. Miller y J.T. Yen. 1999. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.*, 77: 3238 – 3247.
- Cisneros F., M. Ellis, D.H. Baker, R.A. Easter, y F.K. McKeith. 1996. The influence of short-term feeding of amino acid-deficient diets and high dietary leucine levels on the intramuscular fat content of pig muscle. *Anim. Sci.*, 63:5 17-522.
- Crome P.K., F.K. McKeith, T.R. Carr, D.J. Jones, D.H. Mowrey y J.E. Cannon. 1996. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. *J. Anim. Sci.*, 74: 709-716.
- De Camp S.A., S.L. Hankins, A.L. Carroll, D.J. Ivers, B.T. Richert, A.L. Sutton y D.B. Anderson. 2001. Effects of ractopamine and level of dietary crude protein and phosphorus excretion from finishing pigs. Purdue University.
- Dunshea F.R., R.H. King, R.G. Campbell, R.D. Sainz e Y.S. Kim. 1993a. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 71: 2919-2930.
- Dunshea F.R., R.H. King y R.G. Campbell. 1993b. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. *J. Anim. Sci.*, 71: 2931-2941.
- Friesen K.G., J.L. Nelssen, R.D. Goodband, M.D. Tokach, J.A. Unruh, D.H. Kropf y B.J. Kerr. 1994. Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. *J. Anim. Sci.*, 72:1761-1770.
- Hahn J.D. R.R. Biehl y D.H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early and late finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 73: 773 – 784.

- Hansen B. y A. Lewis 1993. 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.
- He P.F., X. Aherne, J.R. Thompson, A.L. Schaefer y J.K. Merrill. 1993. Effect of ractopamine on carcass characteristics and joint-cartilage soundness in finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 73: 169-176.
- Honikel K. 1999. Influence of chilling of pork carcasses on physical quality traits. National Pork Producers Council Chilling Workshop. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- Knowles T.A., L.L. Southern y T.D. Bidner. 1998. Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 76: 1081-1090.
- Loughmiller J.A., J.L. Nelssen, R.D. Goodband, M.D. Tockach, E.C. Titgemeyer y I.H. Kim. 1998. Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of late-finishing gilts. *J. Anim. Sci.*, 76: 1075-1080.
- Medel P. y A. Fuentetaja. 2001. Efecto del perfil genético, del sexo, del peso al sacrificio y de la alimentación sobre la productividad y la calidad de la canal y de la carne de cerdos grasos. Factores que afectan en la producción de cerdo graso. XVI Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España.
- NRC (National Research Council). 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10^{ma} ed. National Academy Press. Washington, DC. 211 pp.
- SAS (Statistical Analysis System). 1985. SAS User's Guide: Statistics. 5^{ta} ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schinckel A.P., C.T. Herr, B.T. Richert, J.C. Forrest y M.E. Einstein. 2003. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 81: 16 - 28.
- Smith D.J. y G.D. Paulson. 1994. Growth characteristics of rats receiving ractopamine hydrochloride and the metabolic disposition of ractopamine hydrochloride after oral or intraperitoneal administration. *J. Anim. Sci.*, 72: 404 - 414.

- Spurlock M.E., J.C. Cusumano, S.Q. Ji, D.B. Anderson, C.K. Smith II, D.L. Hancock y S.E. Mills. 1994. The effect of ractopamine on β -adrenoreceptor density and affinity in porcine adipose and skeletal muscle tissue. *J. Anim. Sci.*, 72: 75-80.
- Steel R. y J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2^{da} ed. McGraw- Hill, New York, NY.
- Stites C.R., F.K. McKeith, S.D. Singh, P.J. Bechtel, D.J. Jones y D.H. Mowrey. 1994. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. *J. Muscle Foods*, 5: 367-376.
- Stoller G.M., H.N. Zerby, S.J. Moeller, T.J. Baas, C. Johnson y L.E. Watkins. 2003. The effect of feeding ractopamine (paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *J. Anim. Sci.*, 81: 1508 - 1516.
- Susenbeth A., T. Dickel, A. Diekenhorst y 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. Anim. Sci.*, 77: 2985-2989.
- Uttaro B.E., R.O. Ball, P. Dick, W. Rae, G. Vessie y L.E. Jeremiah. 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *J. Anim. Sci.*, 71: 2439-2449.
- Weatherup R.N., V.E. Beattie, B.W. Moss, D.J. Kilpatrick y N. Walker. 1998. The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs. *Anim. Sci.*, 67: 591-600.
- Williams N.H., T.R. Cline, A.P. Schinckel y D.J. Jones. 1994. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.*, 72: 3152-3162.
- Witte D.P., M. Ellis, F.K. McKeith y E.R. Wilson. 2000. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. *J. Anim. Sci.*, 78: 1272-1276.