

Efecto de la adición de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en la dieta de finalización en cerdos

Ramón Hiciano Reyes Bourdier¹, Rogel Omar Castillo Ramírez², Claudia García³ y Miguel Vélez⁴

Resumen. Uno de los últimos avances en la industria de los aditivos es el uso de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®, Elanco). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del hidrocloreuro de ractopamina, sobre el desempeño de cerdos en finalización bajo condiciones locales. El estudio se hizo entre abril y agosto de 2001. Se utilizaron 54 hembras y 54 machos castrados de finalización, cruces de las razas Duroc × Yorkshire × Landrace. Se formaron tres grupos con un peso inicial de 65, 75 y 85 kg, y se ubicaron cuatro cerdos por corral (dos hembras y dos machos). Los tratamientos evaluados fueron: tres niveles de hidrocloreuro de ractopamina (0, 5 y 10 g/t) y tres pesos al sacrificio (90, 100 y 110 kg). El hidrocloreuro de ractopamina, incrementó la ganancia diaria de peso, el porcentaje de carne magra, redujo el índice de conversión, el espesor de grasa dorsal y disminuyó el consumo de alimento ($P= 0.001$). Sin embargo, el color de la carne fue más claro. El incrementar la dosis de 5 a 10 g/t no aumentó las características de desempeño del cerdo ($P= 0.18$), pero sí mejoró el índice de conversión alimenticia y el porcentaje de carne magra. La adición de hidrocloreuro de ractopamina redujo los días al sacrificio en una semana.

Palabras clave: Aditivo reorganizador, beta-agonista, adrenérgico, calidad de la carne.

Abstract. Over the last ten years, the swine industry has made advances in the use of additives, one of which is the use of ractopamine (Paylean®, Elanco). The objective of the study was to evaluate the effect of ractopamine on finishing performance and carcass quality in swine. The study was carried out between April and August 2001. A total of 54 gilts and 54 barrows (Duroc × Yorkshire × Landrace) were used. They were arranged in three groups with initial weights of 65, 75 and 85 kg, placing four pigs/pen (2 gilts and 2 barrows). Treatments were: three ractopamine levels (0, 5 and 10 g/t) and three slaughtered weights (90, 100 and 110 kg). Ractopamine increased the average daily gain and the percentage of lean meat; it reduced feed conversion rate and thickness of backfat and diminished food consumption ($P = 0.001$). However, the color of the meat was clearer when adding ractopamine. Increasing the dose from 5 to 10 g/t of ractopamine did not increase the performance of the pig ($P = 0.18$), but it improved the feed conversion rate and the lean meat percentage. The addition of ractopamine reduced the days to slaughter by one week.

Key words: Re-distributed additive, beta-agonist, adrenergic, meat quality.

Introducción

En los últimos años la industria porcina se ha desarrollado enormemente en genética y tecnología. Los poricultores deben adoptar rápidamente estas tecnologías y ser más eficientes para mantenerse en un mercado altamente competitivo.

En el cerdo, la ganancia de peso en el periodo de finalización va acompañada por un aumento en la formación de tejido adiposo, decreciendo la eficiencia

alimenticia, por lo que generalmente los cerdos son mercadeados a menor peso, con relación a su peso adulto (Crome *et al.*, 1996). La industria cárnica demanda carne magra y el valor de la canal depende de la cantidad y calidad de ésta.

Para mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes se usa una gran diversidad de aditivos. Los más usados son los antibióticos, quimo-terapéuticos, antihelmínticos, probióticos, ácidos orgánicos, sulfato de cobre y picolinato de cromo. Cada uno tiene

¹ Ing. Agr., Jefe de Planta de Procesamiento, Inversiones Agrotécnicas, República Dominicana inatek@codetel.net.do

² M.Sc., Profesor Asociado, Producción de Cerdos, Zamorano, Honduras. rcastillo@zamorano.edu

³ Ph.D. Coordinadora Carrera de Agroindustria, Zamorano, Honduras. cmgarcia@zamorano.edu

⁴ Ph.D. Profesor, Producción Animal, Zamorano, Honduras. mvelez@zamorano.edu

diferentes usos, tales como promotores de crecimiento, prevención y control de enfermedades, antioxidantes o vitamínicos.

Uno de los últimos avances en la industria de aditivos ha sido el uso de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean[®], Elanco), este es el único aditivo de esta naturaleza aprobado por la oficina de Administración de Drogas y Alimentos (FDA) y por el Centro de Medicina Veterinaria (CVM), para usar en cerdos en Estados Unidos. El hidrocloreuro de ractopamina no produce efecto en la salud humana ni sobre las características de la carne, como el sabor, olor, consistencia o jugosidad (Muller, 2000).

El hidrocloreuro de ractopamina funciona como un agonista beta-adrenérgico, que estimula los receptores beta en la membrana celular, los cuales aumentan la actividad de las enzimas que inciden en la producción de carne magra, reduciendo la actividad de las enzimas que inciden en la producción de grasa, reemplazando 3.5 kg de grasa por 5.0 kg de carne magra en la canal (Muller, 2000).

Uttaro *et al.* (1993) encontraron que en dietas de cruces comerciales aumentan los rendimientos de los cortes sin afectar la calidad de la carne y que este incremento es igual en machos y en hembras. Además reduce el consumo diario de alimento, incrementando la eficiencia alimenticia (Aalhus *et al.*, 1990; Gu *et al.*, 1991a; Jones *et al.*, 1988). Igualmente incrementa la masa muscular (Prince *et al.*, 1987; Uttaro *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1994), reduce el porcentaje de grasa, aumenta la deposición de proteína y el rendimiento de la canal (Yen *et al.*, 1990; Gu *et al.*, 1991b) y aumenta el porcentaje de rendimiento del jamón y lomo (Stites *et al.*, 1991).

Cuando se usa hidrocloreuro de ractopamina, debido a la reorganización de la utilización de los nutrientes, se debe incrementar el porcentaje de proteína y lisina en la dieta, para una eficiencia de conversión adecuada y ganancia de peso (Schinckel *et al.*, 2000).

Debido a que este producto es poco conocido, y a la falta de ensayos en Centro América, el objetivo de este estudio fue la evaluación de tres niveles de hidrocloreuro de ractopamina (0, 5, 10 g/t.), en el desempeño del crecimiento, composición y características de la calidad de la carne en cerdos, con 90, 100 y 110 kg de peso vivo al sacrificio, para validar así los resultados obtenidos en otras regiones y

proveer a los productores locales información confiable del uso de hidrocloreuro de ractopamina para que pueda ser utilizado como un aditivo que mejore la eficiencia de las explotaciones porcinas en la región.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la unidad de ganado porcino de Zamorano, valle del Yeguaré localizado a 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras; el lugar está a 14 grados latitud norte y 87 grados longitud oeste, tiene precipitación de 1100 mm por año, temperatura promedio de 24 °C y una altura de 800 msnm.

Se utilizaron 108 cerdos de finalización, 54 hembras y 54 machos castrados, cruces de las razas Duroc × Yorkshire × Landrace. Los cerdos al ingresar a los tratamientos tenían un peso inicial de 65, 75 y 85 kg, y peso vivo al sacrificio de 90, 100 y 110 kg, respectivamente.

Se colocaron cuatro cerdos por corral (dos hembras y dos machos); éstos tenían piso de cemento, drenaje lateral a lo largo de toda la nave, bebederos automáticos y comederos de cemento con tubo de PVC como dosificador del alimento, proporcionando un espacio de 1.2 m²/cerdo.

El estudio se llevó a cabo de abril a septiembre. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA), en un arreglo factorial (3 × 3), con dos factores (tres dosis de hidrocloreuro de ractopamina: 0, 5, 10 g/t y tres pesos de sacrificio: 90, 100 y 110 kg), con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 1). Se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) usando el modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS[®], 1996).

Se utilizó una dieta control con los requerimientos establecidos por el National Research Council (NRC, 1998) y para los tratamientos con hidrocloreuro de ractopamina se utilizaron las recomendadas por la casa productora (Elanco): Incremento de proteína a 16%, de lisina a 0.95% y el balance de los demás aminoácidos con base en la lisina (Cuadro 2).

Se evaluó la ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, el índice de conversión alimenticia (ICA), espesor de grasa dorsal, rendimiento en canal caliente, rendimiento en canal frío, área de lomo, relación músculo:grasa, pH de la carne, capacidad de retención de agua de la carne y el color del músculo.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales, combinación de peso vivo al sacrificio-dosis de hidrocloreuro de ractopamina.

Peso vivo al sacrificio (kg)	Hidrocloreuro de ractopamina (g/t)		
	0	5	10
90	90-0	90-5	90-10
100	100-0	100-5	100-10
110	110-0	110-5	110-10

Los cerdos se pesaron cada 7 días, a partir del momento en que alcanzaron el peso de ingreso a cada tratamiento. El alimento se ofreció *ad-libitum*; se pesó lo ofrecido diariamente y el rechazo al final de cada semana y se determinó el consumo promedio diario. El índice de conversión alimenticia se obtuvo de la división del consumo de alimento por animal entre la ganancia de peso en el mismo período.

La grasa dorsal se midió a la altura de la décima costilla, 24 horas después del sacrificio. Para medir el rendimiento en canal caliente se pesaron todas las canales a las 2 horas después del sacrificio y para canal frío, 24 horas después del sacrificio. El área del lomo se midió con una hoja de acetato cuadrículada, se hizo a las 24 horas después del sacrificio a la costilla 10.

Para determinar la relación músculo:grasa se tomaron dos cerdos por tratamiento, se dividieron las canales en los cortes principales (piernas, paletas, lomo, cuello chuleta y tocineta) y luego en los recortes: cerdo 1, cerdo 2, cerdo 3, extra 1, piel y hueso, de cada corte, para determinar el porcentaje de tejido graso y carne magra de la canal. El pH se midió 1 hora y 24 horas después del sacrificio, se midió en la chuleta a la altura de la costilla 10 con un potenciómetro calibrado.

La capacidad de retención de agua se midió 24 horas después del sacrificio, se tomó una muestra de carne magra de 500 g, se molió y se colocaron 10 g en un tubo de ensayo, se agregó un volumen de agua conocido, se centrifugó y se midió el agua no retenida; el porcentaje de agua retenida se determinó por diferencia del volumen inicial y el final.

Para determinar el color del músculo se tomó una muestra de 50% de los cerdos. Se usó un espectrofotómetro colorflex, modelo 45/o Only, serie CX0687, port insertt 1.25 plgs., PN- 04-6623-N. Este muestra tres tonalidades de color:

L*, que mide la intensidad de oscuro a claro, con una escala de 0 a 100.

a*, mide las ondas de rojo (+) a verde (-).

b*, mide las ondas de amarillo (+) azul (-).

Resultados y Discusión

Características del desempeño

Ganancia diaria de peso. La ganancia diaria de peso fue mayor ($P=0.001$) en los cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina, excepto en cerdos sacrificados a 110 kg y con 10 g/t de hidrocloreuro de ractopamina obtuvo ganancias similares a los controles (Cuadro 3). El tratamiento de 5 g/t a 90 kg obtuvo la mayor ganancia, con 392, 383 y 410 g /día más que los controles a 90, 100 y 110 kg. Estos resultados concuerdan con los de Crome *et al.* (1996), quienes reportan mejora en la ganancia de 100, 120 g/día más que el control, a dosis de 10 y 20 g/t de hidrocloreuro de ractopamina, en los últimos 40 kg de ganancia, en cerdos sacrificados a 107 y 125 kg de peso.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de cerdos en finalización.

Hidrocloreuro de ractopamina (g/t)	EM(Kcal/kg)	Porcentaje (%)				
		Proteína	Lisina	Metionina + cistina	Treonina	Triptófano
0	3,265	13.2	0.65	0.35	0.41	0.11
5	3,265	16.0	0.95	0.51	0.59	0.16
10	3,265	16.0	0.95	0.51	0.59	0.16

Cuadro 3. Características de desempeño de los cerdos alimentados con hidrocloreuro de ractopamina y sacrificados a 90, 100 ó 110 kg de peso vivo.

Peso vivo al sacrificio (kg)	hidrocloreuro de ractopamina (g/t)	Días en ensayo	Peso (kg)		GDP (g/día)	CDA (g/día)	ICA
			Inicial	Final			
90	0	29 a ^{&}	65.9 c	91.2 c	892 b	3,926 a	3.9 b
	5	20 b	65.5 c	90.9 c	1,284 a	3,608 b	2.8 f
	10	23 b	63.7 c	90.4 c	1,188 a	2,948 h	2.4 e
100	0	30 a	75.2 b	101.6 b	901 b	3,546 c	3.7 c
	5	22 b	74.3 b	99.4 b	1,173 a	3,438 d	2.9 d
	10	24 b	74.7 b	99.9 b	1,117 a	3,061 g	2.9 d
110	0	28 a	85.2 a	109.5 a	874 b	3,593 b	4.2 a
	5	22 b	84.3 a	109.0 a	1,117 a	3,291 f	3.0 d
	10	23 b	84.7 a	108.6 a	1,059 ab	3,137 e	3.1 d

GDP = Ganancia diaria de peso/cerdo.

CDA = Consumo diario de alimento/cerdo.

ICA = Índice de conversión de alimento.

[&] = Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (P=0.001).

El usar 5 g/t de hidrocloreuro de ractopamina y sacrificando los cerdos a 100 kg se ganaron 272 g más que el testigo (0 g/t) al mismo peso, y 280 y 299 g más que los testigos sacrificados a 90 y 110 kg de peso, respectivamente. El tratamiento con 5 g/t a 110 kg ganó 282 g más que el testigo al mismo peso; además, ganó 264 y 256 g más que los testigos sacrificados a 90 y 100 kg, lo cual indica que añadiendo hidrocloreuro de ractopamina, aun en un peso mayor, se obtienen mayores ganancias de peso que los cerdos más jóvenes sin hidrocloreuro de ractopamina que están en la etapa óptima de crecimiento y acumulación de proteína.

No se encontró diferencia entre los cerdos alimentados con 5 ó 10 g/t, sacrificados a pesos diferentes, lo cual concuerda con lo encontrado por Crome *et al.* (1996), quienes no encontraron diferencia en la ganancia de peso al incrementar la dosis de 10 a 20 g/t de hidrocloreuro de ractopamina.

Debido al aumento en la ganancia de peso, los cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina, alcanzaron el peso al sacrificio 9, 8 y 6 días antes que los testigos a 90, 100 y 110 kg de peso al sacrificio, respectivamente (P=0.001). Estos resultados coinciden con los reportados por Williams *et al.* (1994), quienes indican que con la mejora en la ganancia de peso

diario, se puede llevar animales 7 días antes al sacrificio.

Consumo diario de alimento. El consumo de alimento fue mayor (P=0.001) en los testigos (Cuadro 3). El testigo sacrificado a 90 kg de peso vivo tuvo el mayor consumo, 380 y 333 g/día más que los testigos sacrificados a 100 y 110 kg; y 318 y 970 g/día más que los tratados con 5 y 10 g/t de hidrocloreuro de ractopamina. Estos resultados concuerdan con los de Crome *et al.* (1996), Stites *et al.* (1991) y Williams *et al.* (1994), ellos reportaron una reducción en el consumo en cerdos alimentados con 10 ó 20 g/t, basado en la dieta tradicional de maíz y soya; igualmente Yen *et al.* (1990), reportan que la adición de 20 g/t no afecta (P=0.15) la ganancia diaria de peso, pero reduce el consumo de alimento en 250 g/día en genotipo magro y 150 g/día en genotipo grasoso.

Los machos consumieron 147 g/día más que las hembras. Resultados similares son reportado por Williams *et al.* (1994), quienes sostienen que el menor consumo se debe a que las hembras tienen un requerimiento de energía para mantenimiento menor y una tasa mayor de deposición de proteína, lo que

resulta en mayor eficiencia de utilizaci3n de la energía y por ende en un menor consumo de alimento.

A medida que se aument3 la dosis de hidrocóloruro de ractopamina, el consumo de alimento disminuy3. Esto se debe a que hay una mayor eficiencia en la utilizaci3n de los nutrientes, debido a que se incrementa la tasa de lip3lisis, haciendo disponible la energía del tejido graso (Muller, 2000).

Índice de conversi3n alimenticia. El hidrocóloruro de ractopamina mejor3 ($P=0.001$) el índice de conversi3n alimenticia en todos los tratamientos comparados con los testigos (Cuadro 3). El testigo a 110 kg al sacrificio fue el menos eficiente en la utilizaci3n del alimento, tuvo un consumo de 1.25 y 0.93 kg más de alimento por 1.0 kg de peso ganado, en comparaci3n con los tratamientos con 5 y 10 g/t sacrificados al mismo peso. Estos resultados concuerdan con los reportados por Crome *et al.* (1996), quienes reportan consumo de 0.65 y 0.81 kg menos de alimento para la ganancia de 1.0 kg de peso, en cerdos tratados con 10 y 20 g/t de hidrocóloruro de ractopamina, a un peso de 125 kg en los últimos 40 kg de ganancia. De igual forma, el tratamiento testigo a 90 kg, consumi3 1.10 y 1.53 kg más por kilogramo de peso ganado, en relaci3n al tratamiento con 5 y 10 g/t del mismo peso en los últimos 25 kg de ganancia. El testigo a 100 kg tambi3n fue menos eficiente, consumi3 0.77 y 0.81 kg más que los alimentados con 5 y 10 g/t, al mismo peso.

Los cerdos con la mejor eficiencia (38%) fueron los alimentados con 10 g/t y sacrificado a 90 kg, en comparaci3n con el testigo al mismo peso. Al aumentar el hidrocóloruro de ractopamina se observ3 una mejora lineal en la eficiencia de utilizaci3n del alimento. Resultados similares han sido reportados por Crome *et al.* (1996), Stites *et al.* (1991) y Uttaro *et al.* (1993). Esta mejora lineal en la eficiencia alimenticia, concuerda con lo reportado por Schinckel *et al.* (2000), los cuales sostienen que al usar hidrocóloruro de ractopamina hay un rápido aumento en la deposici3n de proteína en el músculo, debido a la reorganizaci3n de la utilizaci3n de nutrientes. Muller (2000) reporta que el hidrocóloruro de ractopamina estimula los receptores beta en la membrana celular, lo cual aumenta la actividad de las enzimas que inciden en la producci3n de carne magra, reduciendo así las que inciden en la producci3n de tejido graso.

Los machos fueron menos eficientes ($P=0.01$) que las hembras en la utilizaci3n del alimento, tuvieron 13% más de consumo de alimento por kilogramo de peso ganado, debido a que las hembras tienden a depositar mayor cantidad de proteínas, por lo que necesitan menor cantidad de energía, resultados que no concuerdan con los encontrados por Uttaro *et al.* (1993), quienes encontraron que ambos sexos responden similar en el desempeño y en las características de canal

Características de composici3n de la canal

Espesor de la grasa dorsal. El hidrocóloruro de ractopamina redujo ($P=0.001$) el espesor de la grasa dorsal, comparado con los testigos (Cuadro 4). El mayor espesor de grasa lo obtuvo el testigo a 110 kg, como se esperaba, ya que a medida que incrementa el peso de sacrificio arriba de 90 kg, se incrementa el espesor de la grasa dorsal, en condiciones normales. En los tratamientos con 5 y 10 g/t, se encontr3 una reducci3n de 33 y 31%, respectivamente, en comparaci3n con el testigo al mismo peso final.

Los cerdos alimentados con 5 y 10 g/t y sacrificados a 100 kg fueron iguales, pero diferentes al testigo, tuvieron 24 y 32% menos grasa dorsal, respectivamente; el testigo a 90 kg fue diferente a los tratamientos con 5 y 10g/t con un 34 y 31% más de espesor. Estos resultados son similares a los reportados por Crome *et al.* (1996); Prince *et al.* (1987) y Uttaro *et al.* (1993), quienes reportan reducciones de espesor de grasa a la décima costilla de 7.9 y 15.3%, en cerdos tratados con 10 y 20 g/t de hidrocóloruro de ractopamina y sacrificados a 107 y 125 kg. Sin embargo, Stites *et al.* (1991) no encontraron diferencia en el espesor de la grasa dorsal a la décima costilla, usando 0, 5, 10 y 20 g/t de hidrocóloruro de ractopamina y sacrificando a 109 kg de peso vivo.

El incrementar el hidrocóloruro de ractopamina en la dieta de 5 a 10 g/t no redujo el espesor de grasa dorsal a la décima costilla, ya que todos los tratamientos dentro del mismo peso fueron similares. Sin embargo, se encontr3 diferencia entre los tratamientos a diferentes pesos finales, debido que, a medida que el cerdo aumenta de peso, tiende a aumentar la deposici3n de tejido graso.

Cuadro 4. Composición de la canal de cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina y sacrificados a 90, 100 ó 110 kg de peso vivo.

Peso al sacrificio (kg)	Dosis de ractopamina (g/t)	GD 10 th (cm)	Área lomo (cm ²)	Pcc (kg)	Rcc (%) ns	Pcf (kg)	Rcf (%) ns	Porcentaje				M:G ns
								Carne magra	Grasa ns	Piel ns	Hueso ns	
90	0	2.8 bc ^Δ	70.3 b	65.5 d	71.1	64.2 d	70.5	48.2	28.9	7.8	15.2	1.7
	5	1.8 e	81.3 ab	63.9 d	70.3	62.6 d	68.9	55.4	21.2	4.9	18.6	2.6
	10	1.9 de	79.4 ab	62.6 d	70.1	61.4 d	68.8	60.0	16.8	5.7	17.6	3.6
100	0	3.2 b	72.2 b	72.0 b	70.9	71.1 b	69.9	45.6	32.1	7.7	14.5	1.4
	5	2.4 cde	91.6 a	68.5 c	68.9	67.4 c	68.6	58.9	21.1	4.5	15.4	2.8
	10	2.1 de	89.7 a	69.6 b	69.7	68.4 c	68.8	59.0	17.0	5.5	18.5	3.6
110	0	3.7 a	72.9 b	78.1 a	71.3	76.8 a	70.2	46.3	33.8	7.1	13.7	1.4
	5	2.4 cde	86.4 a	75.3 a	69.3	73.6 a	68.0	57.1	23.7	4.4	14.8	2.4
	10	2.6 cd	87.1 a	77.2 a	70.9	75.7 a	69.6	57.7	21.9	4.8	15.6	2.6

GD = Grasa dorsal a la décima costilla

Pcc = Peso canal caliente.

Pcf = Peso canal frío.

Rcc = Rendimiento canal caliente

Rcf = Rendimiento canal frío

M:G = Relación músculo:grasa

^Δ = Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (P=0.001)

ns = No significativo (P= 0.05).

Los tratamientos con 5 y 10 g/t a 110 kg, tienen menor espesor que el testigo a 100 kg y son similares al testigo sacrificado a 90 kg. Esto indica que al añadir hidrocloreuro de ractopamina en la dieta se pueden sacrificar cerdos más pesados sin aumentar el espesor de grasa dorsal. Esto se debe a que el hidrocloreuro de ractopamina reduce el contenido de grasa por la reducción de la lipogénesis o incremento de la tasa de lipólisis en el músculo (Muller, 2000).

Área del lomo. Los tratamientos con hidrocloreuro de ractopamina tuvieron (P=0.001) la mayor área de lomo, excepto los cerdos sacrificados a 90 kg, que fue similar al testigo (Cuadro 4). Al adicionar este aditivo en la dieta se incrementó en 20% el área de la chuleta en comparación con los testigos. Estos resultados coinciden con los reportados por Stites *et al.* (1991), Jones *et al.* (1988) y Crome *et al.* (1996), quienes reportan un incremento lineal en el área de lomo a medida que se incrementa la dosis de hidrocloreuro de

ractopamina, aumentando más el área de lomo en cerdos sacrificados a 125 que a 107 kg de peso vivo.

Rendimiento en canal caliente. En ninguno de los tratamientos se encontró (P=0.19) diferencia al compararlos con los testigos (Cuadro 4). Sin embargo, hay una tendencia a disminuir el peso en canal caliente de los tratamientos, pudiendo deberse a que los cerdos alimentados con Ractopamina tienden a tener más desarrollo de los órganos rojos (corazón, pulmones, páncreas, baso, hígado), debido al funcionamiento acelerado en la síntesis de proteínas (Dunshea *et al.*, 1993).

Estos resultados indican que al adicionar hidrocloreuro de ractopamina en la dieta no tiene efectos significativos en el rendimiento de los cerdos en canal caliente, resultado que no concuerdan con los reportados por Stites *et al.* (1991), quienes encontraron un incremento lineal (P=0.05) de 2% a medida que se aumentó la dosis a 20 g/t y sacrificando a 104 kg de peso vivo. Por su parte Muller (2000), como resultado

de 13 estudios, reporta incremento ($P=0.05$) lineal de 0.4, 0.8 y 1.1% con dosis de 5, 10 y 20 g/t de hidrocloreto de ractopamina, respectivamente.

Rendimiento en canal frío. Al igual que el rendimiento en canal caliente, en ninguno de los tratamientos se encontró ($P=0.11$) diferencia en el rendimiento en canal frío (Cuadro 4). Sin embargo, se puede notar una tendencia a disminuir en los pesos en canal frío al alimentar los cerdos con hidrocloreto de ractopamina en relación con los testigos.

Relación músculo:grasa. El hidrocloreto de ractopamina aumentó la relación carne magra:grasa (Cuadro 4). A medida que aumentó la concentración de 5 a 10 g/t de alimento, la relación carne magra:grasa aumentó en 36 y 50% en cerdos sacrificados a 90 kg, en 57 y 60% sacrificados a 100 kg, y en 42 y 47% más carne magra por unidad de grasa al sacrificarlos a 110 kg, en comparación con los testigos. Resultados similares fueron reportados por Herr *et al.* (2000) con cerdos de finalización en las últimas 4 a 6 semanas de vida, con un peso de 68-109 kg, quienes encontraron que el hidrocloreto de ractopamina incrementa la producción de carne magra en 34%, y la deposición de proteína en 24%.

Los mayores incrementos de carne magra la obtuvieron los cerdos con la adición de 5 y 10 g/t a 90 kg, ya que por cada kilogramo de grasa en canal, aumentaron en 0.94 y 1.95 kg más de carne magra, en comparación con los controles al mismo peso.

Al aumentar el hidrocloreto de ractopamina de 5 a 10 g/t, el porcentaje de carne magra (Figura 1) aumentó en 7 y 12% en los cerdos a 90 kg, en 13 y 14% a 100 kg, en 11 y 12% a 110 kg de peso vivo al sacrificio, respectivamente. Resultados similares fueron encontrados por Herr *et al.* (2000), quienes reportan que el hidrocloreto de ractopamina incrementa la carne magra en canal en 11.1%, en cerdos de finalización en los últimos 41 kg de ganancia. Como resultado de seis estudios, Muller (2000) reporta incremento en carne magra de 2, 4 y 5%, en cerdos tratados con 5, 10 y 20 g/t, respectivamente.

Este aumento en el porcentaje de carne magra se debe a que el hidrocloreto de ractopamina actúa como un beta agonista en la membrana celular, pudiendo tener efecto en el ciclo AMP e incrementar la transcripción, traducción y la estabilidad del mRNA en el citoplasma, incrementando la capacidad de síntesis de proteínas por medio de la síntesis de la proteína actina y miosina en el músculo (Muller, 2000).

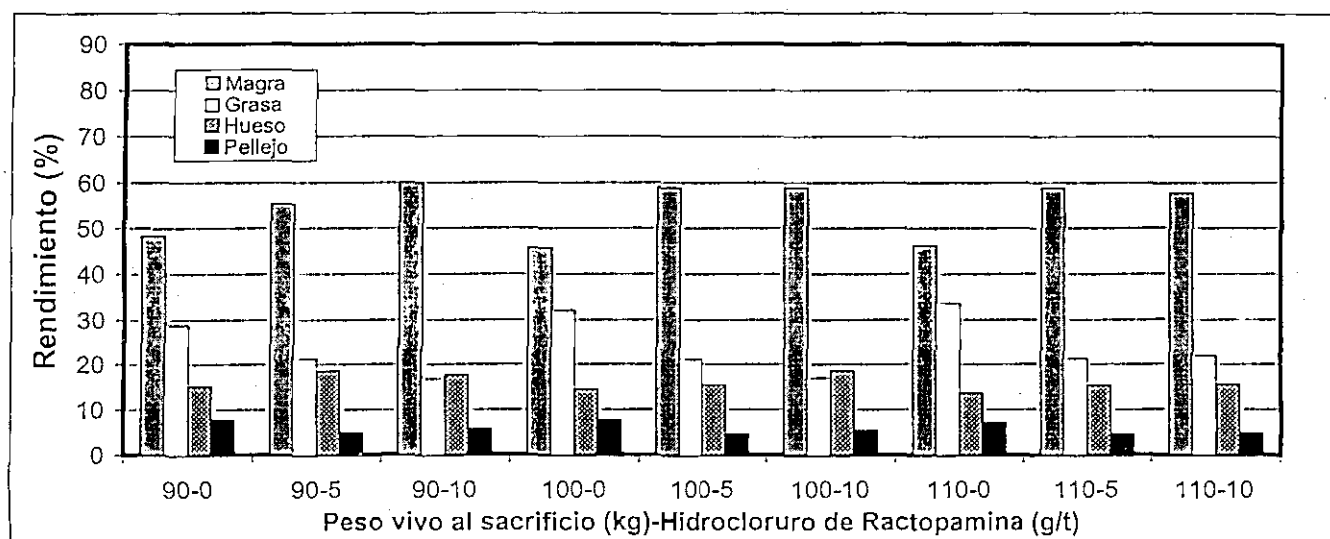


Figura 1. Composición de la canal de cerdos tratados con tres niveles de hidrocloreto de ractopamina y sacrificados a 90, 100 ó 110 kg de peso vivo.

Características de calidad de la canal

pH de la carne. La adición de hidrocloreuro de ractopamina de 5 y 10 g/t no tuvo efecto ($P=0.94$) sobre el pH de la carne (promedio de 6.01), 1 hora después del sacrificio, independiente del tratamiento y del peso final (Cuadro 5), estos resultados coinciden con los de Aalhus *et al.* (1990) y Adeola *et al.* (1990), quienes reportan pH de 6.10 en la chuleta a los 40 minutos. Tampoco fue afectado el pH a las 24 horas después del sacrificio, independiente de la dosis (pH promedio de 5.54). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Dunshea *et al.* (1993) y Stites *et al.* (1991), los cuales reportan pH finales similares en la chuleta, al añadir 0, 5 10 y 20 g/t de hidrocloreuro de ractopamina. Sin embargo, al usar 5 g/t y sacrificar a 110 kg, el pH fue diferente ($P=0.01$) a los demás (0.16 unidades más bajo que el testigo). Esta diferencia pudo deberse a la matanza, ya que unos animales fueron menos estresados que otros al momento de la insensibilización con electricidad, lo que pudo provocar una bajada rápida del pH y por ende un agotamiento acelerado de la glucosa, induciendo a un pH más ácido en la carne.

Capacidad de retención de agua del músculo. En ninguno de los tratamiento la adición de hidrocloreuro de ractopamina afectó ($P=0.16$) la capacidad de la carne de retener agua, independientemente del peso vivo de los cerdos al sacrificio (Cuadro 5). De igual forma, Aalhus *et al.* (1990) no encontraron diferencias en la retención de agua a las 48 horas en carne magra del lomo con 10 y 20 g/t de hidrocloreuro de ractopamina en comparación con el testigo. Por otra parte, Uttaro *et al.* (1993), en jamón reportan diferencias en la capacidad de retención de agua de 1%, con 20 g/t de hidrocloreuro de ractopamina, con relación al testigo. Además, se notó una disminución en la retención de agua a medida que aumentaba el peso al sacrificio de los cerdos, aunque no fue significativo.

Esta alta variación, aunque no significativa entre los tratamientos, pudo estar relacionada con el estrés a que fueron sometidos los cerdos antes y durante el sacrificio, ya que el tratamiento que obtuvo el pH menor (pH 5.35), coincide con una capacidad de retención de agua más baja de 7.07%.

Cuadro 5. Características de la calidad de la canal de cerdos tratados con tres niveles de hidrocloreuro de ractopamina y sacrificados a 90, 100 ó 110 kg de peso vivo

Peso vivo al Sacrificio (kg)	Dosis de ractopamina (g/t)	pH		PDAC (%)	L*	a*	b*	CRA (%) ns
		1 hora, ns	24 horas					
90	0	5.9	5.6 a ^{&}	1.7 a	46.3 b	7.8 a	13.4 ab	20.4
	5	6.1	5.5 a	2.0 a	51.6 a	6.2 bc	14.1 a	13.2
	10	5.7	5.5 a	1.9 a	53.8 a	4.2 d	14.2 a	15.9
100	0	6.1	5.5 a	1.3 b	44.2 b	6.6 ab	12.1 b	15.7
	5	5.9	5.6 a	1.6 ab	51.8 a	6.7 ab	13.9 ab	18.7
	10	6.1	5.6 a	1.9 ab	53.1 a	5.5 bcd	14.5 a	6.7
100	0	5.9	5.5 a	1.5 ab	45.9 b	7.2 a	12.9 b	12.1
	5	6.1	5.4 b	2.1 a	53.9 a	5.7 bcd	14.1 a	7.1
	10	6.0	5.6 a	1.9 ab	51.2 a	4.8 cd	12.9 b	18.6

PDAC= Pérdida de agua de la canal

L*, a*, b* = Medida del color del músculo del espectrofotómetro colorflex, modelo 45/o Only, serie CX0687

CRA= Capacidad de retención de agua

[&] = Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P=0.001$)

ns = No significativo

Price *et al.* (1976) sostienen que la carne de color oscuro generalmente tiene pH más elevado, muy superior al punto isoelectrico de la actomiocina, haciendo que las proteínas retengan más agua a expensas de la fase líquida presente en el músculo, ya que éste a su vez tiene una estructura más cerrada. Debido a esto, el proceso de la matanza pudo estar aumentando esta variación. Se puede observar que la retención de agua está directamente relacionada con la pérdida de agua de la carne en canal frío a las 24 horas, ya que los tratamientos con menor retención fueron los que perdieron mayor porcentaje de agua en canal fría.

Color del músculo. En el valor L* se encontró que todos los tratamientos con hidrocloreuro de ractopamina fueron iguales, independientemente del peso vivo al sacrificio, pero diferentes ($P=0.01$) a los testigos, que a su vez fueron similares entre ellos (Cuadro 5).

La carne de los cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina presentaron un color más claro que los testigos. Estos resultados no coinciden con los reportados por Uttaro *et al.* (1993), quienes indican que la adición de 20g/t de no afecta el valor L* de la carne.

Los tratamientos con 5 y 10 g/t fueron 5.29 y 7.57 a 90 kg, 7.7 y 8.91 a 100 kg, 8.08 y 5.28 unidades a 110 kg más claros que los testigos al mismo peso. En el valor a* del músculo de la pierna, los tratamientos con hidrocloreuro de ractopamina fueron ($P=0.001$) menos rojos que el control, excluyendo el tratamiento con 5 g/t a 100 kg, que fue similar al testigo. Resultados similares fueron reportados por Uttaro *et al.* (1993), quienes indican, que este menor valor de a*, se debe a que los cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina tienen menor oxymyoglobina, debido al efecto de dilución por la hipertrofia de la fibra muscular.

El hidrocloreuro de ractopamina no afectó ($P=0.12$) los valores b* (promedio 13.56), lo que indica que la carne es más amarillenta, independiente del peso vivo al sacrificio. De igual forma, Uttaro *et al.* (1993) no reportan diferencias en el valor b* del jamón, al adicionar 20 g/t de Ractopamina en la dieta, en comparación con el testigo.

Conclusiones

La adición de hidrocloreuro de ractopamina en cerdos de finalización en los últimos 25 kg de incremento de peso, mejora la ganancia diaria de peso, el porcentaje de carne magra, reduce el índice de conversión, el espesor de grasa dorsal a la décima costilla y el consumo de alimento, independientemente del peso vivo al sacrificio. Sin embargo, el color de la carne es más claro.

El incrementar la dosis de 5 a 10 g/t, no mejora el desempeño del cerdo, pero sí el porcentaje de carne magra en la canal, disminuye el consumo y mejora la eficiencia de conversión alimenticia.

El hidrocloreuro de ractopamina reduce los días al sacrificio, lo que se transforma en más kilogramos de carne/año, ahorro en alimentación, instalaciones y reducción en el costo de oportunidad del capital.

Bibliografía

- Adeola, O., E.A. Darko, P. He y L.G. Young. 1990. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. *Journal of Animal Science* 68:3633-3642.
- Aalhus, J.L., S.D.M. Jones, A.L. Schaefer, A.K.W. Tong, W.M.R. Obertson, J.K. Merrill, y A.C. Murray. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science* 70:943-951.
- 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 pig slaughtered at 107 and 125 kilograms. *Journal of Animal Science* 74:709-716.
- Dunshua F.R., R.H. King, R.G. Campbell, R.D. Sainz, y Y.S. Kim. 1993. Interrelationships between sex and Ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growth pigs. *Journal of Animal Science* 71:2919-2930.
- Gu Y., A.P. Schinckel, J.C. Forrest, C.H. Kuei, y L.E. Watkins. 1991a. Effects of Ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine; I. Growth performance and carcass merit. *Journal of Animal Science* 69:2685-2693.
- Gu Y., A.P. Schinckel, J.C. Forrest, C.H. Kuei, y L.E. Watkins. 1991b. Effects of Ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine; II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. *Journal of Animal Science* 69:2694-2702.

- Herr, C.T., W. Yake, C. Robson, D.C. Kendall, A.P. Schinckel, y R.T. Richert. 2000. Effect of nutritional level while feeding hidrocloreuro de Ractopamina® to late-finishing swine. Purdue, Swine Day, Department of Animal Sciences, Purdue University. p. 75-85.
- Jones, D.J., W.P. Waitt, D.H. Mowrey y D.B. Anderson. 1988. Effect of Ractopamine hydrochloride on growth performance and carcass composition finisher pig fed 16, 20 or 24% crude protein diets.
- Muller, R.D. 2000. Technical manual for hidrocloreuro de Ractopamina: Mode of action. Elanco Animal Health, A Division of Eli Lilly and Company, four Parkwood, Suite 125,500 E. 96th St., Indianapolis, Indiana, 46240, U.S.A.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (9 ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Price, J. F., y Schuveigert. 1976. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Calidad de la carne de cerdos. Trad. Marcos, A. Barrado. Universidad de Córdoba (España). Editorial Acribia, Zaragoza (España). 381-405 p.
- Prince, T.J., D.L. Huffman, P.M. Brown, y J.R. Gillespie. 1987. Effects of ractopamine on growth and carcass composition of finishing swine. *Journal of Animal Science* 65 (Suppl. 1):309 (abstr.).
- SAS Institute. 1996. Statistical Analysis System.GLM. Versión 6.12 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Schinckel, A.P., R.T. Richert, y D.C. Kendall. 2000. Modeling the response to hidrocloreuro de Ractopamina and dietary lysine requirements. Purdue, Swine Day, Department of Animal Sciences, Purdue University, p. 75-80.
- Schinckel, A.P., R.T. Richert, J.W. Frank, y D.C. Kendall. 1999. Genetic by Environmental Interactions for Pig growth. Purdue, Swine Day, Department of Animal Sciences. Purdue University. p. 93-104.
- Stites, C.R., F.K. Mackeith, S.D. Singh, P.J. Bechtel, D.H. Mowrey, y D.J. Jones. 1991. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science* 69: 3094-3101.
- Uttaro B.E., R.O. Ball, P. Dick, W. Rae, G. Vessie, y L.E. Jereniah. 1993. Effect of Ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science* 71:2439-2449.
- Willians 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. *Journal of Animal Science* 72:3152-3162.
- Yen J.T., H.J. Mersmann, D.A. Hill, y W.G. Pond. 1990. Effects of Ractopamine on genetically obese and lean pigs. *Journal of Animal Science* 68:3705-3712.

Recibido para publicación el 14 de julio de 2003