Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencias y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica

Proyecto Especial de Graduación

Efecto de la ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo

Estudiante

Maria Alejandra Maldonado Lopez

Carlos Hernando Guerra Quiroz

Asesores

Rogel Castillo, M.Sc.

Yordan Martínez, Ph.D.

Honduras, junio 2020

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencias y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de cuadros 5

Índice de Anexos 6

Resumen 7

Abstract 8

Introducción 9

Materiales y Métodos 11

Variables 11

Ganancia diaria de peso (g/cerdo/día) (GDP) 11

Consumo diario de alimento (g/cerdo/día) (CDA) 12

Índice de Conversión Alimenticia (ICA) 12

Rendimiento en canal caliente (RCC) 12

Área del lomo (cm^2) 12

Grasa dorsal (cm) 12

Porcentaje de carne magra (%CM) 12

pH de la carne a los 45 minutos y a las 2 horas 13

Purga a las 24 horas y a los 4 días 13

Color de la carne 13

Resultados y Discusión 15

Ganancia diaria de peso: 15

Consumo diario de alimento: 16

Índice de conversión alimenticia 16

Rendimiento de canal caliente 17

Grasa dorsal 18

Área del lomo:..... 18

Corte magro 19

pH de la carne 19

Purga a las 24 horas y a los 4 días..... 20

Color de la carne 21

Conclusiones 23

Recomendaciones..... 24

Referencias..... 25

Anexos..... 29

Índice de cuadros

Cuadro 1 Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre la ganancia diaria de peso de cerdos en la etapa de finalización. 15

Cuadro 2 Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre el consumo diario de alimento de cerdos en la etapa de finalización. 16

Cuadro 3 Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre el índice de conversión alimenticia de cerdos en la etapa de finalización. 17

Cuadro 4 Rendimiento en planta de procesamiento de cerdos de 168 días de edad suplementados con 10 ppm de ractopamina en la dieta. 18

Cuadro 5 Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina en la dieta de cerdos, sobre el pH (potencial de hidrógeno) a los 45 minutos y a las 2 horas en cerdos de 168 días de edad. 20

Cuadro 6 Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina a la dieta de cerdos, sobre la purga (PG%) a las 24 horas y a los 4 días después de la cosecha. 21

Cuadro 7 Valores de color en escala L a* b* del músculo Longissimus dorsi analizado 24 horas después de cosecha, en cerdos suplementados con 10 ppm de ractopamina en las últimas cuatro semanas del engorde. 22

Índice de Anexos

Anexo A *Requerimientos nutricionales de cerdos en finalización (Elanco Animal Health 2000).* 29

Anexo B *Formulación de las raciones de cerdos en la etapa de finalización con la inclusión de hidrocloruro de Ractopamina.* 30

Anexo *C Ingredientes del Control Premix utilizado en la dieta.* 31

Resumen

La producción eficiente de carne magra es el principal objetivo de producción de las granjas porcinas a nivel mundial. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la ractopamina bajo una concentración de 10 ppm durante últimas cuatro semanas del engorde. El estudio se llevó a cabo en la Granja Porcina Educativa y Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. El ensayo se dividió en dos periodos de evaluación a partir de los 140 días de edad de los cerdos, la etapa uno de 14 días y la etapa dos se dio en los siguientes 14 días, para un total de 28 días. Los tratamientos utilizados fueron un control negativo (sin adición de ractopamina) y una dieta control más ractopamina a 10 ppm. Se utilizaron 280 cerdos de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con dos tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. La variable ganancia diaria de peso (GDP) presentó diferencias ($P \leq 0.05$) en la etapa uno (1,044.6 g/día vs 856.2 g/día) y acumulado (955.9 g/día vs 856.4 g/día) entre los tratamientos de ractopamina y el control. Además, se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) en el índice de conversión alimenticia (ICA) (3.0 vs 3.4), siendo los cerdos tratados con ractopamina los que obtuvieron mejor rendimiento en comparación al control. Los cerdos tratados con ractopamina presentaron el menor pH a los 45 minutos (5.92 vs 6.12) en comparación al control ($P \leq 0.05$). No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para las variables consumo diario de alimento ($\bar{x}$ = 2,900), rendimiento de canal caliente ($\bar{x}$ = 73.88 %), grasa dorsal ($\bar{x}$ = 2.17 cm), área de lomo ($\bar{x}$ = 50.09 cm^2), corte magro ($\bar{x}$ = 53.31 %), purga a las 24 horas ($\bar{x}$ = 1.5 %).

Palabras clave: Aditivo nutricional, β-agonista, carne magra, eficiencia productiva.

Abstract

The efficient production of lean meat is the main production objective of pig farms worldwide. The objective of the study was to evaluate the effect of ractopamine at a concentration of 10 ppm during the last four weeks of fattening. The study was carried out at the Educational Pig Farm and Meat Plant of the Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. The test was divided into two evaluation periods starting at 140 days of age of the pigs, stage one of 14 days and stage two occurred in the following 14 days, for a total of 28 days. The treatments used were a negative control (without the addition of ractopamine) and a control diet plus ractopamine at 10 ppm. 280 pigs of the Landrace, Yorkshire, Duroc breeds and their crosses were used. A Random Complete Blocks (RCBD) design was used, with two treatments and 10 repetitions per treatment. The DWG variable presented differences ($P \leq 0.05$) in stage one (1,044.6 g / day vs 856.2 g / day) and accumulated (955.9 g / day vs 856.4 g / day) between the ractopamine treatments and the control. In addition, differences ($P \leq 0.05$) were found in the FCR variable (3.0 vs 3.4), being the pigs treated with ractopamine the ones that obtained the best performance compared to the control. The pigs treated with ractopamine presented the lowest pH at 45 minutes (5.92 vs 6.12) compared to the control ($P \leq 0.05$). No differences were found ($P > 0.05$) for the variables daily food consumption ($\bar{x}$ = 2,900), hot carcass yield ($\bar{x}$ = 73.88%), back fat ($\bar{x}$ = 2.17 cm), loin area ($\bar{x}$ = 50.09 cm2), lean cut ($\bar{x}$ = 53.31%), drip loss ($\bar{x}$ = 1.5 %).

Keywords: Nutritional additive, β-agonist, lean meat, productive efficiency.

Introducción

La porcicultura es un sector sumamente importante para el mundo, ya que, la carne de cerdo es considerada de alta calidad y rica en nutrientes beneficiosos para la salud. Durante la última década se han detectado tendencias y perspectivas sobre la producción y consumo de productos de origen animal (Delgado et al. 1999). Ello se ha debido a los cambios en los patrones de consumo derivados del aumento de ingresos en los países en desarrollo con economías de rápido crecimiento. Junto con el de las aves de corral, el porcino es el subsector pecuario de mayor crecimiento (FAO 2016)

Actualmente los porcicultores están optando por cambiar de un sistema tradicional a uno tecnificado, logrando mayor rentabilidad, tanto en aspectos de manejo de raza, adecuada nutrición, personal calificado, instalaciones y aspectos de higiene. En este sistema de producción los animales se encuentran en un medio muy artificial, donde las condiciones de tipo técnico y económico hacen que el objetivo primario de la explotación sea el máximo rendimiento a bajo costo por animal presente (MERT 2012).

Una de las alternativas que han optado los porcicultores para aumentar la eficiencia de la alimentación es agregar aditivos en las dietas. En términos generales, el uso de aditivos en la dieta de cerdos, son sustancias o microorganismos que se adicionan en pequeñas cantidades a las dietas para mejorar las funciones y/o calidad de las mismas. Influyen positivamente en las características de la ración o de los productos animales (Labala 2013).

La ractopamina es un aditivo alimenticio implementado a la dieta, el cual es una molécula orgánica considerada como un fenil-etanol-amina. Funciona como un agonista β- adrenérgico, estimulando los receptores beta a nivel de la membrana celular, los cuales están presentes tanto en el músculo esquelético como en el tejido adiposo y son los encargados de modificar las características de la canal sin requerir tiempo de retiro antes de cosecha (Muller 2000). El hidrocloruro de ractopamina es un fármaco utilizado en algunos países para potenciar el crecimiento de los cerdos y el ganado vacuno. Otros

países no autorizan estos compuestos para un uso no terapéutico, es decir, únicamente para potenciar el crecimiento (FAO y OMS 2011). De igual manera no es considerado un esteroide, pero es clasificado como una droga por la U.S Food and Drug Administration (Burgoon 2006) mediante una redirección de la energía por parte de las células, concediéndole tener un mejor desempeño de los cerdos en la producción de tejido muscular lo que conlleva a tener un mejor rendimiento en las plantas procesadoras (FIRA 2007).

El producto comercial Paylean® (hidrocloruro de Ractopamina), se incluye en la dieta de finalización de cerdos en muchas explotaciones porcinas. Este producto al mejorar la eficiencia alimenticia, mayor ganancia de peso y mayor porcentaje de carne magra sin afectar la carne ayuda tanto a productores como procesadores en mejorar la rentabilidad del negocio ante el fuerte impacto de los costos disminuyendo estos mismos por la misma optimización del alimento (Elanco Animal Health 2015).

La Escuela Agrícola Panamericana ha realizado varios estudios con ractopamina, con el objetivo de encontrar la dosis adecuada en la dieta de finalización de engorde de cerdos. Para esto, se probaron dosis de 5, 10 y 5+10 ppm, siendo los tratamientos de 10 y 5+10 ppm los que mayor cantidad de ingresos adicionales por cerdo le generaron al productor (Rosales Paniagua 2004). Otro experimento realizado en el 2007 mostró que la adición de hidrocloruro de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos redujo el espesor de grasa dorsal, aumentó el área de lomo y el porcentaje de carne magra de la canal (Ochoa Ochoa 2007), lo que evidencia avances en la implementación de la ración de Paylean® en las dietas de finalización de cerdos.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de la ractopamina en cerdos en las últimas cuatro semanas de finalización, evaluando parámetros como consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia, así como variables en la canal como lo son rendimiento de la canal caliente, grasa dorsal, área del lomo, purga, porcentaje de carne magra, pH de la carne, rendimiento de cortes magros y color de la carne.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la granja porcina, en planta de cárnicos y en el centro de evaluación de alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, la cual está ubicada en el Valle del Río de Yeguare, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras, con una temperatura promedio de 24 °C, una precipitación promedio anual de 1100 mm y a una altura de 800 msnm. El estudio se realizó entre los meses de octubre y noviembre del 2020.

Se utilizaron 280 cerdos en la etapa final con un peso inicial promedio de 87.5 kg, con las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces. Estos fueron asignados a los tratamientos según raza y peso, distribuidos en corrales con un área de 15 m^2 (3 × 5 m), con piso de cemento, comederos de tolva y bebederos de chupete. La investigación consistió en 20 corrales como unidades experimentales, para un total de 10 repeticiones por tratamiento. Se preparó dietas isocalóricas e isoproteicas formuladas con los requisitos del National Research Council (NRC 2012) y suministradas *ad-libitum*.

Se evaluaron dos tratamientos:

- Tratamiento 1: recibieron una dieta sin hidrocloruro de Ractopamina (CONTROL).
- Tratamiento 2: recibieron una dieta con 10 ppm de hidrocloruro de Ractopamina (la fuente de ractopamina fue el producto comercial PAYLEAN®).

Variables

Ganancia diaria de peso (g/cerdo/día) (GDP)

El ensayo se dividió en dos periodos de evaluación a partir de los 140 días de edad de los cerdos, la etapa uno de 14 días y la etapa dos se dio en los siguientes 14 días, para un total de 28 días en tratamiento. Los cerdos se pesaron al inicio del tratamiento y al finalizar cada etapa.

Consumo diario de alimento (g/cerdo/día) (CDA)

Se pesó el alimento ofrecido diariamente y a la suma total de todo lo aplicado se le resto el rechazo obtenido al final de cada etapa, el resultado se dividió para el número total de cerdos por corral.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Los resultados se obtuvieron llevando a cabo la división de CDA entre GDP.

Rendimiento en canal caliente (RCC)

Se determinó comparando el peso vivo del animal y el peso de la canal caliente (sin patas, vísceras y cabeza), expresado en porcentaje como lo indica la ecuación 1:

$$\text{RCC } (\%) = \frac{\text{peso canal cliente (kg)}}{\text{peso vivo (kg)}} \times 100 \quad [1]$$

Área del lomo (cm^2)

Se realizó la medición del área del músculo *Longissimus dorsi* a la altura de la décima costilla utilizando el método de la Universidad de Illinois (hoja cuadriculada), 24 horas después de cosecha.

Grasa dorsal (cm)

Se midió 24 horas después de la cosecha utilizando un pie de rey a la altura de la décima costilla.

Porcentaje de carne magra (%CM)

Se calculó utilizando la ecuación proporcionada por la planta de cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, para estimar la composición de la canal de cerdo donde se considera el espesor de la grasa dorsal, peso de la canal caliente, área del lomo, como se detalla en la ecuación 2:

$$\text{CM } (\%) = \frac{8.588 + (0.465 \times \text{canal caliente}) + (3.005 \times \text{área del lomo}) - (21.896 \times \text{espesor de grasa dorsal})}{\text{peso canal caliente}} \times 100$$

[2]

pH de la carne a los 45 minutos y a las 2 horas

El pH de las muestras del músculo *Longissimus dorsi* se obtuvo por medio de un potenciómetro de punción (marca Testo 205). El potenciómetro se calibró a la temperatura que se tomaron las mediciones, los valores de los buffers para calibrar son de 4.0 y 7.0 (Feiner 2006). Las mediciones fueron tomadas por triplicado (Tomovic et al. 2014).

Purga a las 24 horas y a los 4 días

Se pesó la carne del músculo *Longissimus dorsi* (de 2.54 cm de grosor) antes de colocarla en la bandeja de poliestireno (PE) con un film cobertor. Las muestras se pesaron luego de finalizar el periodo de almacenamiento y se determinó el porcentaje de purga. Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Purga } (\%) \ \frac{\text{Wo-W}}{\text{Wo}} \text{X } 100\% \ \ [3]$$

Color de la carne

El color de las muestras de los músculos se evaluó utilizando el colorímetro Hunter Lab, luminosidad (L*), intensidad del color rojo (a*) típico de la carne e intensidad de color amarillo (b*). El músculo *Longissimus dorsi* se preparó en rodajas para los bistecs evaluados 24 horas después de la cosecha. De cada variable (L* a* b*), se tomaron tres lecturas y se promediaron para la obtención de los datos.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 20 bloques equivalentes a 20 corrales para dos tratamientos, divididos en 10 repeticiones por tratamiento, con 14 cerdos por repetición en cada

corral, para un total de 280 cerdos, considerando cada corral como una unidad experimental. El análisis de los datos se realizó con la prueba t de Student utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS®2013) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Ganancia diaria de peso

Se encontraron diferencias (P ≤ 0.05) en la ganancia diaria de peso en la etapa uno y en el acumulado en los cerdos suplementados con ractopamina, relacionados con el tratamiento control (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con el estudio de Rosales (2004), quien reporta un incremento de ganancia diaria de peso al adicionar una dosis de 10 ppm de ractopamina.

Cuadro 1

Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre la ganancia diaria de peso de cerdos en la etapa de finalización.

Tratamiento	Ganancia diaria de peso g/día		
	Etapa 1	Etapa 2	Acumulado
Ractopamina	1044.6	859.4	955.9
Control	856.2	856.5	856.4
Probabilidad	0.0029	0.6269	0.0236
CV%	14.0720	20.4680	11.0158

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Se observa una tendencia a incrementar la ganancia diaria de peso en las primeras dos semanas de la fase de finalización de los cerdos alimentados con ractopamina, mientras que en las siguientes dos semanas los resultados son similares comparado con el control. Estos datos no concuerdan con los obtenidos por Reyes (2001), donde la adición de hidrocloruro de ractopamina durante tres semanas, representa una diferencia en la ganancia diaria de peso entre el tratamiento y el testigo. Esto se debe al hecho de que el efecto de la ractopamina disminuye con el tiempo, al utilizar una dosis constante, el receptor β-agonista del producto se desensibilizan; además el potencial de crecimiento de los animales empieza a disminuir (Herr et al. 2001)

Consumo diario de alimento

No se encontraron diferencias significativas (P > 0.05) en el consumo diario de alimento (Cuadro 2). Estos datos son contradictorios con Carr et al. (2005) quienes usaron ractopamina en la última etapa de engorde a una concentración de 10 ppm en cerdos de 111.8 kg de cosecha durante 28 días, obteniendo una reducción de 250 g en el consumo diario. Los resultados concuerdan con Garay y Olivia (2016) quienes encontraron diferencias significativas en la etapa de engorde con una reducción de 543 g con respecto al control. Además, concuerdan con los encontrados por Cedeño (2017) quien reportó una diferencias significativas (P ≤ 0.05) entre las dosis de 5, 10 y 15 ppm de ractopamina con un consumo promedio de 2,87 kg de alimento diario.

Cuadro 2

Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre el consumo diario de alimento de cerdos en la etapa de finalización.

Tratamiento	Consumo de alimento g/día		
	Etapa 1	Etapa 2	Acumulado
Ractopamina	2949.8	2712.3	2862.0
Control	2976.3	2968.9	2938.4
Probabilidad	0.6623	0.1306	0.5020
CV%	9.5125	11.481	7.7987

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Índice de conversión alimenticia

La adición de ractopamina mejoró el índice de conversión alimenticia (P ≤ 0.05) en relación con el control (Cuadro 3) en las dos primeras semanas de la etapa de finalización, así como en el acumulado de la misma etapa. El índice de conversión alimenticia se redujo un 12% usando 10 ppm de ractopamina en relación al control, lo cual maximiza la eficiencia del animal, es decir, que con la misma cantidad de alimento, los cerdos lograron ganar más peso, esto se convertirá en un ahorro para el productor, ya que,

se reduce el costo de producción al disminuir la cantidad de alimento suministrado. Según Villar (2020) la utilización de ractopamina en México genera una mayor utilidad al porcicultor en comparación a no utilizarla. Además, afirma que exportar carne de cerdo sin ractopamina a China es un negocio muy lucrativo, sin embargo, si no se llega a exportar esta carne, el productor estaría perdiendo un 30% de la utilidad en comparación con los que venden carne en México utilizando ractopamina en su producción.

Cuadro 3

Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina sobre el índice de conversión alimenticia de cerdos en la etapa de finalización.

Tratamiento	Índice de conversión alimenticia (ICA)		
	Etapa 1	Etapa 2	Acumulado
Ractopamina	2.8	3.2	3.0
Control	3.4	3.5	3.4
Probabilidad	0.0002	0.2566	0.0004
CV%	9.2711	15.8780	6.1477

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Armstrong et al. (2004) quienes encontraron una mejora en ICA cuando los cerdos fueron alimentados con ractopamina a 5 ppm por un período de 20 días; lo cual se atribuye a un aumento en la disposición de proteína en el músculo, debido a la reorganización de la utilización de nutrientes dentro el animal (Schinckel et al. 2001).

Rendimiento de canal caliente

La adición de ractopamina a la dieta no presentó diferencia ($P > 0.05$) en el rendimiento de canal caliente (Cuadro 4), estos resultados concuerdan con Reyes (2001) quien no encontró diferencias en rendimiento en canal con concentraciones de ractopamina de 0, 5 y 10 ppm. Estos resultados son contradictorios a los de Rosales (2004) quien reporta un incremento de 1.1, 2 y 3.1% al adicionar a la dieta 5 ppm, 10 ppm y 5 + 10 ppm respectivamente comparado al control.

Grasa dorsal

No se obtuvo diferencias (P > 0.05) en la grasa dorsal de las canales de los cerdos que fueron tratados con 10 ppm de ractopamina durante cuatro semanas en comparación al control (Cuadro 4). La ractopamina disminuye su efecto con el tiempo, esto se debe al hecho de que, al utilizar una dosis constante, el receptor β-agonista del producto se desensibiliza (Herr et al. 2001). Como consecuencia a lo anterior, a mayor aplicación de ractopamina la conversión se hace más ineficiente y a la larga la tasa de lipólisis (degradación de grasa) puede ser disminuida, aumentando la tasa de lipogénesis (Muller 2000).

Estos datos son contradictorios con los de Arias (2018) quien en su estudio obtuvo una reducción de 5.52 mm de grasa dorsal con el uso de ractopamina a dosis de 10 ppm, en comparación al control. Ochoa (2007) reportó en su investigación una media de 1.6 cm para el tratamiento Paylean®, además, explica que la adición de ractopamina en las dietas de cerdos de engorde tiene efectos significativos en la reducción de grasa dorsal gracias al incremento en la degradación de las grasas.

Cuadro 4

Rendimiento en planta de procesamiento de cerdos de 168 días de edad suplementados con 10 ppm de ractopamina en la dieta.

Tratamiento	RCC (%)	GD (cm)	AL (cm^2)	CM(%)
Ractopamina	73.24	2.14	50.09	53.02
Control	72.52	2.20	50.07	52.61
Probabilidad	0.2399	0.7305	0.9971	0.8010
CV%	1.5005	11.3650	16.5740	7.8790

Nota. CV (%): Coeficiente de variación; RCC: Rendimiento canal caliente; GD: Grasa dorsal (cm); AL: Área del lomo (cm^2); CM: Corte magro (%).

Área del lomo

No se obtuvo diferencia (P > 0.05) en área de lomo (Cuadro 4), siendo unos resultados distintos a los reportados por Arabia y Villota (2017) quienes evaluaron la prolongación de la ractopamina durante

cuatro y cinco semanas de cerdos de engorde, donde reportan diferencias ($P \leq 0.05$) en los cerdos con tratamiento de ractopamina durante cinco semanas con un aumento de 8.22 cm^2 en el área de lomo a diferencia del control, igual Reyes (2001) quien reportó una mayor área del lomo en cerdos con tratamientos de hidrocloruro de ractopamina ($P = 0.001$) aumentando en un 20% en comparación al testigo.

Corte magro

No mostró diferencias ($P > 0.05$) en el porcentaje de corte magro (Cuadro 4), las razas utilizadas son de bajo contenido de grasa intermuscular por lo cual el corte magro de la carne se mantuvo en ambos tratamientos. Estos resultados no coinciden con Reyes et al. (2003) quienes obtuvieron los mayores incrementos de carne magra con la adición de 5 y 10 ppm a 90 kg de peso vivo, 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.

pH de la carne

El pH de la carne a los 45 minutos fue afectado ($P \leq 0.05$) por la adición de ractopamina (Cuadro 5), sin embargo, a las dos horas no se encontró diferencia ($P > 0.05$). El pH a los 45 minutos tuvo un promedio de 6.02, el cual descendió gradualmente hasta llegar a 5.55 a las dos horas después de la cosecha. Resultados similares a los de Rosales (2004) quien reportó un pH de 5.96 a la primera hora y gradualmente bajó a 5.51 a las 24 horas. Al contrario, Dushea et al. (1993) y Aalhus et al. (1990) encontraron que en concentraciones mayores a 9 ppm el pH tiende a disminuir a mayor velocidad, lo cual contribuye a la formación de la carne denominada pálida, suave y exudativa (PSE). Además, ellos atribuyen esta diferencia que pudo deberse a la cosecha, 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.

En el tejido muscular, es almacenada la glucosa, debido a esto, al tener un mayor tamaño cada fibra muscular, se logra un mayor almacenaje de glucosa, al momento del inicio de los procesos de *rigor mortis*, se detiene el proceso de glucogénesis, dado que cada fibra muscular posee un mayor tamaño, cada una de estas tendrán una elevada cantidad de glucosa. Con base a lo anterior habrá mayor cantidad de ácido láctico. Este ácido no se elimina del músculo, ya que, el sacrificio es inmediato tras su producción. Se produce un descenso rápido del pH *post mortem*, alcanzando valores inferiores a 6 en los primeros 45 minutos después del sacrificio (Agroceres [sin fecha]), en los cerdos tratados con ractopamina. Luego, al haber una acumulación de ácido láctico, en ambos tratamientos, pasadas las dos horas llegan a un pH de 5.5-5.6, que es lo que normalmente se daría en el cerdo, en ese tiempo establecido.

Cuadro 5

Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina en la dieta de cerdos, sobre el pH (potencial de hidrógeno) a los 45 minutos y a las 2 horas en cerdos de 168 días de edad.

Tratamiento	pH 45 minutos	pH 2 horas
Ractopamina	5.92	5.6
Control	6.12	5.5
Probabilidad	0.0415	0.1952
CV (%)	1.8496	2.5250

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Purga a las 24 horas y a los 4 días

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la purga de la carne a las 24 horas, ni a los cuatro días (Cuadro 6). Esto indica que la tasa de estrés de los cerdos antes de la cosecha es similar entre los tratamiento, además, la disminución del pH muscular *post mortem* fue normal (Needham y Hoffman 2015). Morón-Fuenmayor y Zamorano García (2004) afirman que la pérdida de agua en carne fresca es de gran importancia, ya que, esta es vendida por peso y la cantidad de agua que pierda durante el almacenamiento, afectara el rendimiento y su valor económico.

Athayde et al.(2012) y Carr et al. (2005) indican que el adicionar hidrocloruro de ractopamina no afecta la purga de la carne. De igual forma Stoller et al. (2003), no encontraron diferencias en la purga de la carne con dosis de 10 ppm de ractopamina durante 28 días en comparación con el control.

Cuadro 6

Efecto de la adición de 10 ppm de ractopamina a la dieta de cerdos, sobre la purga (PG%) a las 24 horas y a los 4 días después de la cosecha.

Tratamiento	PG(%) 24 horas	PG(%) 4 días
Ractopamina	1.25	1.75
Control	1.75	2.50
Probabilidad	0.2070	0.9447
CV (%)	0.2832	0.6551

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Color de la carne

Los resultados obtenidos del colorímetro Hunter Lab del valor de luminosidad (L), y valores de a* positivos que indican la intensidad del color rojo típico de la carne y valores positivos de b* que indican la intensidad de color amarillo, no tuvieron diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 7). Los valores promedio de L* muestran una gran luminosidad de la carne, se atribuye a un problema tecnológico de la carne pálida suave y exudativa (PSE). Valores muy similares reportaron Schäfer et al. (2002), con valores de L*de 58.40 ± 5.41.

El color de la carne de cerdo está totalmente relacionado con el pH de la misma. Almada et al. (2008) afirman que si el pH a las dos horas *post mortem* se encuentra en el rango 5.5 – 5.8 y la luminosidad (L*) medida a las 24 horas es mayor a 55, las carnes serán consideradas PSE. En el caso que la luminosidad esté comprendida en el rango de normalidad (44-55), las carnes serán consideradas RSE (roja, blanda, exudativa).

Cuadro 7

Valores de color en escala L a b* del músculo Longissimus dorsi analizado 24 horas después de cosecha, en cerdos suplementados con 10 ppm de ractopamina en las últimas cuatro semanas del engorde.*

Tratamiento	Escala		
	L	a*	b*
Ractopamina	54.97	9.29	15.45
Control	55.66	9.24	15.81
Probabilidad	0.577	0.765	0.130
CV (%)	4.546	9.081	1.641

Nota. CV (%): Coeficiente de variación

Estos valores encontrados pudieran tener diferencias al evaluarse en diferentes tiempos como lo establece Algarañaz (2007) quien evidenció de 8.28 una disminución a 5.74 en el valor a* y un incremento de 14.90 a 16.79 en el valor b* al medir a las 48 horas y 7 días después de la cosecha.

Conclusiones

El uso de ractopamina en dietas de cerdos de engorde, aumentó la ganancia diaria de peso y mejoró el índice de conversión alimenticia durante las dos primeras semanas de tratamiento de los cerdos en etapa de finalización.

La adición de ractopamina tuvo efecto sobre la variable pH a los 45 minutos, sin embargo, no afectó el pH a las dos horas después de la cosecha.

La aplicación de Paylean® como fuente de ractopamina en las últimas cuatro semanas, no afectó el rendimiento de canal caliente, porcentaje de carne magra, espesor de grasa dorsal, área de lomo, purga y color de la carne.

Recomendaciones

Utilizar ractopamina por un periodo no mayor a dos semanas al final de la etapa de finalización de los cerdos.

Evaluar el efecto de la aplicación de ractopamina en cerdos en la etapa de finalización a concentraciones de 5 y 10 ppm durante 14 y 21 días en tratamiento.

Evaluar el efecto de la ractopamina en cerdos machos sometidos a castración quirúrgica e inmuno castración.

Referencias

Aalhus JL, Jones SDM, Schaefer AL, Tong AKW, Robertson WM, Murray AC, Merrill JK. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing swine. 70(3):943–952. doi:10.4141/cjas90-113.

Agroceres. [sin fecha]. Calidad de la carne de cerdo: Entendiendo los procedimientos y Entendiendo los procedimientos y las medidas de Calidad de Carne las medidas de Calidad de Carne usados en la industria. Argentina. Tecnología. https://www.academia.edu/18128737/Calidad_de_la_Carne_de_Cerdo.

Algarañaz Schnorr LA. 2007. Predicción de la purga de carne de cerdo (Sus scrofa domestica) en bandeja basada en las características de la canal [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 33 p; [consultado el 29 de abr. de 2021]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/559/1/AGI-2007-T002.pdf.

Almada CA, Carduza F, Cossu M, Grigioni GM, Irurueta M, Picallo AB, Basso L, Sánchez G, Vidales S. 2008. Manual de procedimiento. Determinación de los parámetros de calidad física y sensorial de carne porcina. INTA - FAUBA - Universidad Nacional de Luján. Argentina: [sin editorial]. 21-24 ; [consultado el 14 de jun. de 2021]. http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Manual%20de%20procedimiento%20determinacion%20de%20los%20parametros%20de%20calidad%20fisicay%20sensorial%20de%20la%20carne%20porcina.pdf.

Arabia Torres WR, Villota Uribe J. 2017. Evaluación de los efectos de la prolongación de ractopamina para cerdos en etapa de finalización [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 19 p; [consultado el 28 de abr. de 2021]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6043/1/CPA-2017-007.pdf.

Arias Sandoval AM. 2018. Evaluación del efecto de la adición de hidrocloruro de ractopamina en la etapa de finalización de cerdos, Parroquia Juan Montalvo, Cayambe [Tesis]. Ecuador: Universidad Técnica del Norte. 93 p; [consultado el 29 de abr. de 2021]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8077/1/03%20AGP%20227%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf.

Armstrong TA, Ivers DJ, Wagner JR, Anderson DB, Weldon WC, Berg EP. 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(11):3245–3253. eng. doi:10.2527/2004.82113245x.

Athayde NB, Dalla Costa OA, Roça RO, Guidoni AL, Ludtke CB, Lima GJMM. 2012. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. J Anim Sci. 90(12):4604–4610. eng. doi:10.2527/jas.2012-5102.

Burgoon K. 2006. Paylean® for Show Pigs. [sin lugar]: Purina Animal Nutrition; [actualizado 2021; consultado el 4 de may. de 2021]. https://www.purinamills.com/showfeed/education/detail/paylean-for-show-pigs.

Carr SN, Ivers DJ, Anderson DB, Jones DJ, Mowrey DH, England MB, Killefer J, Rincker PJ, McKeith FK. 2005. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. J Anim Sci. 83(12):2886–2893. eng. doi:10.2527/2005.83122886x.

Carr SN, Rincker PJ, Killefer J, Baker DH, Ellis M, McKeith FK. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. J Anim Sci. 83(1):223–230. eng. doi:10.2527/2005.831223x.

Cedeño Loor PV. 2017. Efecto de la ractopamina como aditivo de la alimentación de cerdos en la etapa de engorde [Tesis]. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial. 25 p; [consultado el 29 de abr. de 2021]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19966/1/9586_1.pdf.

Delgado C, Rosegrant M, Steinfeld H, Ehui S, Courbois C. 1999. Livestock to 2020: The next food revolution. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (Food, agriculture, and the environment discussion paper; vol. 28). ISBN: 0-89629-632-6; [consultado el 27 de abr. de 2021].

Dunshea FR, King RH, Campbell RG. 1993. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. J Anim Sci. 71(11):2931–2941. eng. https:// pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7903663/. doi:10.2527/1993.71112931x.

Elanco Animal Health. 2015. Paylean Technical Manual. Indiana, Estados Unidos: Division of Eli Lilly and Company.

[FAO] Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. 2016. Cerdos y… [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado 2016; consultado el 4 de abr. de 2021]. http://www.fao.org/ag/ againfo/themes/es/pigs/home.html.

[FAO] Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, [OMS] Organización mundial de la salud. 2011. Nota a la prensa emitidas por la OMS sobre los resultados de la CAC 34º. Italia. 1 p; [consultado el 29 de may. de 2021]. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/ ?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FShared%2BDocuments%252FArchive%252FMeetings%252FCAC%252Fcac34%252FCodex_note_ES.pdf.

Feiner G. 2006. Meat Products Handbook: Practical science and technology. Cambridge: Elsevier Science. 1 online resource (Woodhead Publishing in food science, technology and nutrition). ISBN: 1845691725. eng. http://search.ebscohost.com/ login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=185911.

FIRA. 2007. Panorama Agroalimentario. Mexico: Unión Ganadera de Porcicultores de Guanajuato.

Garay Lagos, Eduardo Samuel, Oliva Fuentes, Orlando De Jesus. 2016. Efecto de dos programas de alimentación sobre el desempeño y calidad de canal en cerdos de engorde [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 23 p; [consultado el 28 de abr. de 2021]. https:// bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5922/1/CPA-2016-T048.pdf.

Herr C, Schinckel A, Walkins L, Weldon B, Richert b. 2001. Optimal Paylean® Sequence (Step-up/Step-down) When Fed to Late-Finishing Swine. [sin lugar]: Purdue University; [actualizado 2019; consultado el 28 de abr. de 2021]. https://www.ansc.purdue.edu/pork-archive/pubs/ OptimalPayleanSequence.htm.

Labala J. 2013. Aditivos en Alimentación Porcina. [sin lugar]: Universo Porcino; [actualizado 2021; consultado el 27 de abr. de 2021]. http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/nutricion_porcina_12-09-2013_aditivos_en_alimentacion_porcina.html.

[MERT] Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. 2012. Compendio agropecuario: Observatorio Agroambiental y Productivo. La Paz, Bolivia: MERT. 488 p. ISBN: 978-99954-2-485-5.

Morón-Fuenmayor OE, Zamorano García L. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. Revista Científica. XlV(1):2–3. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911219006.

Muller RD. 2000. Technical Manual from Paylean: Mode Of Action. Indiana, Estados Unidos: Elanco Animal Health, A Division of Eti Lilly and Company.

Needham T, Hoffman LC. 2015. Physical meat quality and chemical composition of the Longissimus thoracis of entire and immunocastrated pigs fed varying dietary protein levels with and without ractopamine hydrochloride. Meat Science. 110:101–108. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2015.06.017.

Ochoa Ochoa E. 2007. Evaluación de dos fuentes de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 4 de jun. de 2021]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/818/1/T2456.pdf.

Reyes Bourdierd RH. 2001. Efecto de la adicion de Paylean®en la dieta de finalizacion en cerdo [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 26 p; [consultado el 5 de abr. de 2021]. https:// bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1473/1/CPA-2001-T078.pdf.

Reyes Bourdierd RH, Castillo Ramírez RO, García C, Vélez M. 2003. Efecto de la adición de hidro cloruro de ractopamína (Paylean) en la dieta de finalización en cerdos. Ceiba: A Scientific and Technical Journal. 44(1):66–76. https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/364/355.

Rosales Paniagua E. 2004. Efecto de paylean sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 30 p; [consultado el 4 de jun. de 2021]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1939/1/AGI-2004-T027.pdf.

Schäfer A, Rosenvold K, Purslow PP, Andersen HJ, Henckel P. 2002. Physiological and structural events *post mortem* of importance for drip loss in pork. Meat Science. 61(4):355–366. doi:10.1016/S0309-1740(01)00205-4.

Schinckel AP, Wang Y, Richert BT, Einstein ME, Herr C. 2001. Development of Models to Describe the Weekly Response of Ractopamine, When Constant or Variable Dietary Levels of Paylean® are Fed. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 24 de abr. de 2021]. 8 p. https://www.ansc.purdue.edu/swine/ swineday/sday01/1.pdf.

Stoller GM, Zerby HN, Moeller SJ, Baas TJ, Johnson C, Watkins LE. 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. J Anim Sci. 81(6):1508–1516. eng. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12817499/. doi:10.2527/2003.8161508x.

Tomovic VM, Zlender BA, Jokanović MR, Tomovic MS, Sojic BV, Skaljac SB, Tasic TA, Ikonic PM, Soso MM, Hromis NM. 2014. Technological quality and composition of the *M*. *semimembranosus* and *M*. *longissimus* dorsi from Large White and Landrace Pigs. AFSci. 23(1):9–18. doi:10.23986/afsci.8577.

Villar G. 2020. Producción sin Ractopamina, Evaluación técnica y económica. [sin lugar]: Grupo Nutec. https://www.engormix.com/MA-porcicultura/videos/evaluacion-tecnica-economicala-produccion-

sin-ractopamina-gonzalo-villar-t60615.htm?utm_source=notification&utm_medium=email&utm_campaign=1-1-0&smlId=5416297941078255d92f42a48cac7650&src_ga=51.

Anexos

Anexo A

Requerimientos nutricionales de cerdos en finalización (Elanco Animal Health 2000).

Tratamiento	Porcentaje (%)					
	EM (kcal/kg)	Proteína	Lisina	Met+cristina	Treonina	Triptofano
Control	3292.65	17.2	1.3	0.63	0.78	0.23
Ractomapina (10 ppm)	3290.94	17.2	1.3	0.63	0.78	0.23

Anexo B

Formulación de las raciones de cerdos en la etapa de finalización con la inclusión de hidrocloruro de Ractopamina.

Ingredientes	Tratamientos	
	Control (%)	10 ppm ractopamina (%)
Harina de maíz	61.555	61.505
Aceite de palma	2.5	2.5
Harina de Soya	27.9	27.9
Bicarbonato de calcio	0.93	0.93
Fosfato monocálcico (Biofos)	0.73	0.73
L-lisina	0.44	0.44
DL-metionina	0.06	0.06
L-treonina	0.085	0.085
Melaza	5	5
Cloruro de Sodio	0.5	0.5
Control Premix	0.3	0.3
Paylean	0	0.05
Total	100	100

Nota. Elaboración propia con datos obtenidos de la planta procesadora de concentrados de Zamorano.

Anexo *C*

Ingredientes del Control Premix utilizado en la dieta.

Ingrediente:	Cantidad:
Vitamina A	9,500,000 UI
Vitamina D	2,000,000 UI
Vitamina E	6,000 Mg
Vitamina B 12	10 Mg
Riboflavina	3,000 Mg
Niacina	20,000 Mg
AO. Pantoténico	15,000 Mg
Ácido fólico	150 Mg
Colina	250 Gr
Biotina	150 Mg
Manganeso	40,000 Mg
Hierro	50,000 Mg
Cobre	10,000 Mg
Yodo	500 Mg
Zinc	60,000 Mg
Selenio	100 Mg
Excipientes C.S.P.	2.5 Kg

Nota. Elaboración propia con datos obtenidos de la planta procesadora de concentrados de Zamorano.