

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

Efecto del uso de hidrocloreuro de ractopamina y compuestos orgánicos en la etapa de finalización de cerdos sobre los indicadores productivos en la canal y parámetros de calidad de carne

Estudiante

Lino José González Teo

Asesores

Adela Acosta, D.Sc.

Rogel Castillo, M.Sc.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	12
Ubicación del Estudio.....	12
Descripción del Estudio.....	12
Descripción de los Tratamientos.....	12
Generalidades del Hidrocloruro de Ractopamina	13
Generalidades de los Compuestos Orgánicos.....	13
Diseño Experimental.....	14
Análisis Estadístico	14
Variables Analizadas en Planta	14
Rendimiento en Canal Caliente -RCC- (%).....	14
Rendimiento en Canal Fría -RCF- (%)	15
Área del Lomo -AL- (cm ²)	15
Grasa Dorsal -GD- (cm)	15
Carne Magra -CM- (%)	15
Indicadores de la Calidad de Carne.....	16
pH a los 45 Minutos y 24 Horas Después de la Cosecha.....	16
Purga a las 24 Horas y a los Cuatro Días de Almacenamiento.....	16
Prueba de Flexión de Tocineta.....	16
Fuerza de Corte (Newton).....	17
Color de la Carne.....	17

Resultados y Discusión.....	19
Variables Analizadas en Planta	19
Rendimiento en Canal Caliente y Fría (%).....	19
Área de Lomo (cm ²)	20
Carne Magra (%)	22
Grasa Dorsal (cm).....	22
Indicadores de la Calidad de Carne.....	24
pH a los 45 Minutos y 24 Horas Post Mortem	24
Purga a las 24 Horas y a los Cuatro Días de Almacenamiento.....	26
Flexión de Tocineta	28
Fuerza de Corte.....	29
Color de la Carne.....	30
Conclusiones	33
Recomendaciones.....	34
Referencias.....	35
Anexos.....	39

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos evaluados.	13
Cuadro 2 Número de unidades experimentales en cada tratamiento.	14
Cuadro 3 Rendimientos en la canal de cerdos suplementados con diferentes tratamientos en la etapa de finalización.	21
Cuadro 4 Efecto del sexo sobre el porcentaje de carne magra y grada dorsal de cerdos en la etapa de finalización.	23
Cuadro 5 Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre el pH a los 45 minutos y 24 horas post mortem en canales de cerdos.....	26
Cuadro 6 Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre el porcentaje de purga a las 24 horas y cuatro días de almacenamiento en cortes del músculo Longissimus dorsi.	27
Cuadro 7 Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre la flexión lateral y vertical de la tocineta o barriga en cerdos en la etapa de finalización.	29
Cuadro 8 Valores de fuerza de corte y color en escala L, a, b para el músculo Longissimus dorsi de cerdos bajo diferentes tratamientos en la etapa de finalización.	31
Cuadro 9 Comparación visual de los colores obtenidos en cortes del músculo Longissimus dorsi de cerdos bajo diferentes tratamientos en la etapa de finalización.	32

Índice de Anexos

Anexo A Muestras en bandejas de poliestireno (PE) con film cobertor.	39
Anexo B Medición de la flexión lateral y vertical del vientre. (a) Esto ilustra una flexión lateral más baja y vertical más alta; vientre más firme. (b) Esto ilustra una flexión lateral más alta y una flexión vertical más baja; vientre más suave.	40
Anexo C Muestras cúbicas de 30 mm sometidas a una compresión del 35% de su tamaño original, a una velocidad de 20 mm/s.	41
Anexo D Efecto del sexo sobre el rendimiento en canal caliente y fría, área de lomo, pH a los 45 minutos y a las 24 horas post mortem, porcentaje de purga a las 24 horas y a los 4 días de almacenamiento, flexión lateral y vertical.	42
Anexo E Efecto de la genética tras la adición de promotores de crecimiento sobre el rendimiento en canal caliente y fría, área de lomo, carne magra, grasa dorsal, pH a los 45 minutos y 24 horas post mortem.	43
Anexo F Análisis de correlación de los parámetros de calidad de carne.	44
Anexo G Efecto de la genética tras la adición de promotores de crecimiento sobre el porcentaje de purga a las 24 horas y 4 días de almacenamiento, flexión de tocineta lateral y vertical, fuerza de corte y color (valores L, a, b).	45
Anexo H Efecto del sexo sobre la fuerza de corte y color (valores L, a, b).	46

Resumen

La carne roja de mayor consumo en el mundo es la de cerdo. La producción de cerdos ha avanzado en la obtención de líneas genéticas más precoces, con mejores índices de conversión alimenticia y canales más magras. El objetivo del estudio fue evaluar la inclusión de un promotor de crecimiento convencional, compuestos orgánicos y la combinación de estos en la alimentación de cerdos, con la finalidad de mejorar los rendimientos productivos, sin afectar negativamente la calidad de carne. Los cerdos bajo estudio, en la etapa de finalización, fueron suplementados durante un periodo de 28 días. Se utilizaron cerdos de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces en un Diseño Completamente al Azar. Se determinó la productividad de la canal y la calidad de carne bajo el efecto del promotor de crecimiento convencional, orgánico y la mezcla de ambos. Los resultados obtenidos se analizaron en el programa SAS v.9.4 por medio de un ANDEVA y prueba Tukey. El uso de ractopamina, compuestos orgánicos y la mezcla de ambos no mejoró el rendimiento de la canal, sin embargo, provocó un aumento en el área del lomo y cantidad de carne magra, no afectó el pH a los 45 minutos post mortem y no modificó el color de la carne. De igual manera, la suplementación individual y combinada con compuestos orgánicos brindó una menor deposición de grasa dorsal en los cerdos, pero provocó mayor porcentaje de purga, menor fuerza de corte de la carne y tocinetas más suaves. Por último, las hembras presentaron mayor porcentaje de carne magra y menor deposición de grasa subcutánea con relación a los machos castrados. La suplementación con compuestos orgánicos, en sustitución a la ractopamina, alcanza indicadores productivos similares a esta, sin embargo, se necesita ampliar la investigación sobre los parámetros de calidad de carne.

Palabras clave: carne magra, fuerza de corte, purga, tocinetas.

Abstract

The most widely consumed red meat in the world is pork. Swine production has advanced in obtaining earlier genetic lines, with better feed conversion ratio and lean carcasses. The objective of the study was to evaluate the inclusion of a conventional growth promoter, organic compounds, and their combination in the feeding of pigs, with the aim of improving production yields, without adversely affecting the meat quality. The pigs, at the completion stage, were supplemented over a period of 28 days. Pigs of different races in a Completely Randomized Design were used, including Landrace, Yorkshire, Duroc and their crosses. Carcass productivity and meat quality were determined under the effect of the conventional, organic growth promoter and the mixture of both. The results obtained were analyzed in the SAS v.9.4 program by means of an ANDEVA and Tukey test. The use of ractopamine, organic compounds and the mixture of both did not improve the canal performance, however, caused an increase in the spine area and amount of lean meat. It did not affect pH at 45 minutes post-mortem and did not change the color of the meat. Similarly, individual, and combined supplementation with organic compounds gave a lower dorsal fat deposition in pigs, but resulted in a higher purge rate, lower meat cutting force, and softer bacon. Finally, females had a higher percentage of lean meat and a lower subcutaneous fat deposition compared to castrated males. Supplementation with organic compounds, replacing ractopamine, achieves similar productive indicators, however, further research on meat quality parameters is needed.

Key words: bacons, cutting force, lean meat, purge.

Introducción

La carne roja de mayor consumo en el mundo es la carne de cerdo, cuya demanda en las últimas décadas ha experimentado un fuerte incremento (Olivas et al. 2017). Según proyecciones, se estima que la producción mundial de carne se duplique para el año 2050 y se prevé que el mayor incremento será en los países en desarrollo (FAO 2019). Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad (FAO 2014). La producción de cerdos no sólo ha avanzado en la obtención de líneas genéticas más precoces, con mejores índices de conversión de alimento, sino también hacia una mayor producción de carne magra (Echeverry Zuluaga et al. 2008).

Se han desarrollado diferentes compuestos como el Hidrocloruro de Ractopamina, el cual es incluido en la dieta de finalización de cerdos (desde los 140 días de vida, hasta la cosecha) y ayuda a mejorar la conversión alimenticia del animal, mejorando su producción de carne y haciéndola más magra al final, con una ventaja de que no requiere un tiempo de retiro al momento de su cosecha (Brucil Pupiales 2019). El empleo de la Ractopamina ha permitido experimentar resultados variables sobre el cerdo, específicamente sobre la respuesta productiva, ganancia diaria de peso (Dunshea et al. 1993), rendimiento en canal (Williams et al. 1994) y pérdidas por goteo (Pérez et al. 2005). 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). El Hidrocloruro de Ractopamina es un agonista β -adrenérgico de la familia de las feniletanolaminas, 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 (Pérez et al. 2005).

La alimentación de los animales es una de las actividades que condicionan el rendimiento obtenido en la producción de cerdos, alcanzando niveles de hasta un 80% de los costos totales en granjas productivas. Una adecuada nutrición en granjas comerciales es fundamental para una exitosa producción porcina, siendo uno de los desafíos más importantes para la rentabilidad en este sector

(FAO 2014). Es por tal motivo que se busca la utilización de promotores que ayuden a garantizar mejor calidad en la carne, a un bajo costo de producción. El Hidrocloruro de Ractopamina no es un esteroide; sin embargo, está clasificado como un fármaco por la U.S. Food and Drug Administration -FDA- y está regulado como tal (Burgoon 2006). Esto hace necesario encontrar sustitutos, con los cuales, se puedan obtener resultados óptimos y que no representen ningún posible riesgo para la salud humana, con la finalidad de incursionar en mercados extranjeros y exportar productos cárnicos sin ninguna limitante.

La Directiva 96/22/CE (Unión Europea) prohíbe en general el uso de β -agonistas en animales productores de alimentos, excepto para uso terapéutico bajo supervisión veterinaria directa en vacas, caballos y mascotas. Esta prohibición abarca la producción nacional y las importaciones de carne procedente de países de animales tratados con agonistas β con fines de promoción del crecimiento (European Food Safety Authority 2009). Esto conlleva a la búsqueda de nuevas alternativas para la producción de carne de cerdo en el mundo. Estas alternativas se basan en aditivos minerales y compuestos orgánicos para colaborar con el desempeño en el crecimiento de los cerdos y evitar el uso total de compuestos β -agonistas.

Los compuestos orgánicos son un aditivo para la alimentación de cerdos. La suplementación de cromo disminuye la grasa de la décima costilla, incrementa el porcentaje de carne magra y aumenta el tamaño del lomo (Sales y Jancík 2011). Su presentación se da en bolsas de 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, 25 y 1000 kg. Estos productos están compuestos de Seleniolevaduras, Cromolevaduras, levadura de cerveza seca, harina de alga, ácido ascórbico y extracto seco de fermentación de *Aspergillus niger*.

El enfoque de la investigación es determinar si existe una mejora entre el uso individual o combinado del hidrocloruro de ractopamina con compuestos orgánicos, los cuales son catalogados como aditivos nutricionales, sobre los indicadores productivos de las canales de cerdos y parámetros de calidad de carne. El estudio se llevará a cabo con cerdos de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus múltiples cruces que se encuentran en la etapa de finalización, agregando a la dieta alimenticia estos suplementos de crecimiento/finalización. La principal limitante en el estudio es la medición de

la trazabilidad de minerales como cromo y selenio debido a la falta de equipos que realicen este tipo de análisis. Basado en lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos:

Determinar la calidad de las canales de cerdos suplementados con hidrocloreto de ractopamina y compuestos orgánicos.

Conocer la influencia del sexo sobre los rendimientos productivos de la canal y calidad de carne de cerdo.

Evaluar el efecto de la suplementación con hidrocloreto de ractopamina, compuestos orgánicos y la mezcla de ambos sobre los parámetros de calidad de carne.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El estudio se llevó a cabo en la unidad de ganado porcino, perteneciente al departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, con una precipitación de 1,100 mm anuales, altitud de 800 msnm, temperatura promedio de 24 °C y humedad relativa de 68 - 87%. De igual manera, las canales fueron evaluadas en las instalaciones de la Planta de Cárnicos de Zamorano y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), ambas unidades parte del departamento de Agroindustria Alimentaria, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicada en el Valle del Yeguaré, km 30 al Este de Tegucigalpa, carretera a Danlí, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Descripción del Estudio

Se evaluaron las características fisicoquímicas de la carne de 338 cerdos, 263 machos castrados y 75 hembras de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus múltiples cruces, producidos en la granja tecnificada de la Escuela Agrícola Panamericana -EAP- Zamorano, con cuatro tratamientos distintos en la fase de finalización. Se utilizaron dietas isocalóricas e isoprotéicas formuladas con base en los requisitos del Consejo Nacional de Investigación (2012) y suministradas *ad-libitum*. Se analizaron cerdos con una edad de 140-168 días y un peso aproximado a faena de 110 kg de peso vivo. Los cerdos fueron sacrificados en un rastro frigorífico por medio de la insensibilización y aturdimiento eléctrico, usando los procedimientos convencionales desarrollados por esta planta de cárnicos.

Descripción de los Tratamientos

Se evaluaron los rendimientos productivos en la canal y la calidad de la carne de cerdos en la etapa de finalización bajo el efecto de cuatro tratamientos. En el Cuadro 1 se describen los tratamientos evaluados.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Tipo de tratamiento	Descripción
Tratamiento 1	Control	Alimento sin promotores de crecimiento
Tratamiento 2	Promotor de crecimiento convencional	Alimento con hidrocloreuro de ractopamina en 10 ppm
Tratamiento 3	Sustituto de promotor convencional	Alimento con compuestos orgánicos (0.025%)
Tratamiento 4	Combinación de promotores de crecimiento	Alimento con hidrocloreuro de ractopamina en 10 ppm y compuestos orgánicos

Generalidades del Hidrocloreuro de Ractopamina

La Ractopamina es un agonista betaadrenérgico que incrementa la retención de nitrógeno y la síntesis proteínica, generando una masa muscular deseable en una canal; promueve la lipólisis, suprime la lipogénesis e incrementa la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Debido a los cambios en su estructura química y a su farmacocinética, los efectos en el animal difieren de los de otros agonistas beta. Se considera como una sustancia GRAS (Generally Recognized As Safe) y se utiliza principalmente en cerdos (Velazquez Valdivia 2015). A nivel del tejido adiposo, se bloquea la absorción de glucosa y se induce una ligera lipólisis, 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, permitiendo el uso de la glucosa para el metabolismo y síntesis de proteína en el músculo esquelético (Pérez et al. 2005).

Generalidades de los Compuestos Orgánicos

Los compuestos orgánicos son un aditivo para la alimentación de cerdos, diseñados para promover el desarrollo de masa muscular, fabricado por la empresa Alltech. Este producto está compuesto de Seleniolevaduras, Cromolevaduras, levadura de cerveza seca, harina de alga, ácido ascórbico y extracto seco de fermentación de *Aspergillus niger*. El cromo trivalente (Cr^{3+}) es un componente del factor de tolerancia a la glucosa y tiene un rol importante en el metabolismo de lípidos, carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos y colesterol (Bučko et al. 2015).

Diseño Experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), evaluando tres tratamientos y un control dentro de la Planta de Cárnicos de Zamorano. Se utilizó un total de 26 lotes cosechados con un promedio de 13 unidades experimentales dentro de cada lote. En el Cuadro 2 se detalla el número de unidades experimentales para las 10 variables evaluadas dentro de cada tratamiento.

Cuadro 2

Número de unidades experimentales en cada tratamiento.

Tratamientos	Lotes cosechados	Número de unidades experimentales para cada variable evaluada					
		RCC, RCF, AL, CM, GD	pH	Purga	Flexión de tocineta	Color	Fuerza de corte
Control	5	63	29	30	30	29	24
Ractopamina	6	77	34	32	33	34	26
C. orgánicos	8	107	33	36	36	23	23
C. orgánicos + Ractopamina	7	91	33	33	33	23	23
Total	26	338	129	131	132	109	96

Nota. C. Orgánicos: Compuestos orgánicos. RCC: Rendimiento en Canal Caliente (%). RCF: Rendimiento en Canal Fría (%). AL: Área de Lomo (cm²). CM: Carne Magra (%). GD: Grasa Dorsal (cm). pH: Potencial de iones hidrógeno. Purga: Agua perdida (%). Fuerza de corte: Dureza de la carne (Kg F).

Análisis Estadístico

Los resultados se evaluaron en el programa SAS® (Statistical Analysis System, por sus siglas en inglés), versión 9.4, mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación múltiple de medias con la prueba TUKEY, con un nivel de significancia del 95%. Se realizó un análisis de residuales para conocer si existían observaciones atípicas dentro de los datos. Se realizó un análisis de correlación para determinar la relación entre dos o más variables.

Variables Analizadas en Planta

Rendimiento en Canal Caliente -RCC- (%)

Se determinó con la proporción del peso de la canal caliente (con cachetes, sin cabeza, sangre, metacarpos ni vísceras) y el peso del animal vivo, expresado en porcentaje con la Ecuación 1.

$$RCC (\%) = \frac{\text{Peso canal caliente (kg)}}{\text{Peso del animal vivo (kg)}} * 100 \quad [1]$$

Rendimiento en Canal Fría -RCF- (%)

Se pesaron las canales 24 horas después de la cosecha y se determinó la relación entre el peso actual y el peso del animal vivo, expresado en porcentaje con la Ecuación 2.

$$RCF (\%) = \frac{\text{Peso canal fría (kg)}}{\text{Peso del animal vivo (kg)}} * 100 \quad [2]$$

Área del Lomo -AL- (cm²)

Se midió el área del músculo *Longissimus dorsi* 24 horas después de la cosecha, ubicándose a la altura de la décima costilla y utilizando el método de la Universidad de Illinois (hoja de acetato cuadrículada).

Grasa Dorsal -GD- (cm)

Se utilizó un pie de rey a la altura de la última vértebra torácica. La medición se efectuó a tres cuartos de la longitud total del músculo *Longissimus dorsi* y perpendicular al manto de grasa (Burson 2006a, 2006b).

Carne Magra -CM- (%)

Se estimó el porcentaje de carne magra con la ecuación utilizada por la Planta de Cárnicos de Zamorano; la cual considera los valores de peso de la canal caliente (kg), área del lomo (cm²) y espesor de la grasa dorsal (cm) para determinar la cantidad de carne libre de grasa (Ecuación 3), dividiendo el resultado dentro del peso de la canal caliente (kg) (Ecuación 4).

$$CLG = 0.45359 * \{8.588 + [1.025 * \text{Peso Canal Caliente (kg)}] + [0.4659 * \text{Área Lomo (cm}^2\text{)}] - [21.896 * \text{Grasa Dorsal (cm)}]\} \quad [3]$$

$$\%CM = \frac{\text{Carne libre de grasa (kg)}}{\text{Peso canal caliente (kg)}} * 100 \quad [4]$$

Indicadores de la Calidad de Carne

pH a los 45 Minutos y 24 Horas Después de la Cosecha

Se midió el pH de las muestras con un potenciómetro de punción (marca Testo 205) calibrado con la temperatura de las muestras y con soluciones buffer de 7.00 y 4.01, situándolo en el músculo *Longissimus dorsi* de las canales. Las mediciones fueron tomadas por triplicado (Tomovic VMilo et al. 2014).

Purga a las 24 Horas y a los Cuatro Días de Almacenamiento

Se extrajeron dos cortes del músculo *Longissimus dorsi* con un grosor de 2.54 cm y un peso promedio aproximado de 100 g cada uno. Los cortes se pesaron en una balanza digital y se colocaron en bandejas de poliestireno (PE) con un plástico cobertor para conocer la pérdida de agua a las 24 horas y cuatro días después del sacrificio (Anexo A). Las muestras se limpiaron (removiendo la capa de agua que recubre los cortes) y se pesaron transcurrido el tiempo de almacenamiento. Se determinó la cantidad de purga existente en los cortes de carne a un tiempo determinado por diferencia de pesos entre el peso inicial y peso final de los cortes, expresado en porcentaje con la Ecuación 5.

$$\% (Purga) = \frac{Peso\ inicial\ (g) - Peso\ final\ (g)}{Peso\ inicial\ (g)} * 100 \quad [5]$$

Prueba de Flexión de Tocineta

La suplementación con promotores de crecimiento puede modificar, debido a la lipólisis que generan, los perfiles de ácidos grasos de la carne y mostrar una tendencia que, a medida que incrementa el nivel de estos en la dieta, la relación entre grasas poliinsaturadas/grasas saturadas aumenta (Rincón Flórez et al. 2020). Se extrajeron las tocinetas con piel como cortes cuadrados (35.6 a 48.3 cm por lado) a la altura de las costillas y se separó la carne y el cartílago de las canales analizadas. Se evaluaron las tocinetas mediante una prueba de flexión objetiva, centrando la muestra, con el lado graso y del cuero hacia abajo, en un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) con diámetro de 7.6 cm y una matriz cuadrículada de 2.54 cm. Se determinó la flexión lateral (numeración en el eje Y o asíntotas

verticales) y vertical (numeración en el eje X o asíntotas horizontales) de las tocinetas tomando el grado de inclinación que presentaron las muestras con relación a la matriz cuadrículada (Anexo B).

A menor grado de flexión lateral (paralelo al suelo), mayor grado de rigidez en las muestras, del mismo modo que, una flexión vertical más alta indica que las tocinetas se extienden de manera más paralela al suelo. Una flexión vertical más baja y una flexión lateral más alta indican una tocineta menos firme o más suave, caso contrario, indican una tocineta más firme (Rentfrow et al. 2003).

Fuerza de Corte (Newton)

La medición de la fuerza de corte se llevó a cabo a las 24 horas *post mortem* con un Texturómetro de Brookfield CT3 4500 calibrado según la Indicación LAA-I-004-003 y utilizando el ensamble de corte de alambre TA-WSP. La fuerza de corte de la carne de cerdo fue medida en la unidad de Newtons. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano -LAAZ- en hieleras herméticas para evitar la exposición de la carne con el ambiente exterior. Se extrajeron piezas cúbicas de 30 mm/lado, las cuales fueron sometidas a una compresión del 35% de su tamaño original, a una velocidad de 20 mm/s (Anexo C). Todas las muestras se tomaron por duplicado y se promediaron los valores obtenidos para determinar la fuerza de corte de cada unidad experimental evaluada.

Color de la Carne

Para la medición del color se utilizó la metodología descrita por Alarcón Rojo et al. (2006). La toma de datos se llevó a cabo a las 24 horas *post mortem*, utilizando un colorímetro ColorFlex Hunter Lab mediante el método AN 1018.00, el cual se calibró con una placa cerámica blanca para un valor L=100 y siguiendo las recomendaciones dadas por el fabricante. La escala utilizada fue L, a, b. "L" indica la claridad (luminosidad), donde 100 es blanco y 0 es negro. "a" es un indicador de cromacidad y representa la tonalidad de verde a rojo, en donde el valor máximo (+60) equivale a rojo y el mínimo (-60) al color verde. "b" indica la tendencia de amarillo a azul, en donde un valor positivo de hasta +60 muestra una tendencia al color amarillo y el negativo hasta -60 señala un color azul.

Las diferencias del color fueron expresadas como un valor numérico conocido como “ ΔE_{ab} ”, en donde se establece un diferencial entre las variables L, a, b para el valor de referencia y el de interés. Este valor indica qué tan diferentes son los colores de la carne evaluada con relación al control. De igual manera, se utilizó la aplicación “colormine.org” para conocer la coloración que presentaron las muestras (Ecuación 6).

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad [6]$$

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) en hieleras herméticas para evitar la exposición de la carne con el ambiente exterior. Los cortes se prepararon cortando rodajas del músculo *Longissimus dorsi* en tamaños equivalentes al diámetro del recipiente para análisis de color. Todas las muestras se tomaron por triplicado y se promediaron los valores obtenidos para determinar un valor final de cada variable (L, a, b).

Resultados y Discusión

Variables Analizadas en Planta

En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos para los parámetros analizados en la planta de cárnicos. Se evaluó el efecto de diferentes tratamientos en la etapa de finalización de producción. También, se tomaron en cuenta las variables sexo y genética de los cerdos, con el objetivo de determinar la asimilación de los diferentes promotores de crecimiento entre machos y hembras, así como dentro de los diferentes cruces genéticos con los que trabaja la granja de cerdos de Zamorano.

No se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) en el rendimiento en canal caliente y rendimiento en canal fría bajo el efecto de los diferentes tratamientos, del sexo y la genética (Cuadro 3). Para las variables de área de lomo, carne magra y grasa dorsal, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los tratamientos en la etapa de finalización. Para el efecto del sexo de los animales, únicamente las variables de carne magra y grasa dorsal presentaron diferencias ($P < 0.05$) (Cuadro 4). Por otro lado, la genética no tuvo ninguna influencia significativa en las tres variables anteriormente mencionadas.

Rendimiento en Canal Caliente y Fría (%)

El uso de promotores de crecimiento en la etapa de finalización no presentó diferencia ($P \geq 0.05$) en el rendimiento de la canal caliente (Cuadro 3). De igual manera, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$) producida por el sexo (Anexo D) y la genética de los cerdos (Anexo E), lo cual indica que el uso de Ractopamina en 10 ppm, compuestos orgánicos y la combinación de ambos no brindó una mejora en el rendimiento final de las canales cosechadas para este experimento. Los valores obtenidos coinciden con los resultados encontrados por Martínez-Gómez et al. (2012), quien evaluó el efecto de levaduras enriquecidas con selenio y selenito de sodio en la dieta de cerdos en finalización y no encontró diferencias entre el peso de los cerdos cosechados. Además, Arabia Torres y Villota Uribe (2017), en la investigación de los efectos de la prolongación de Ractopamina en 10 ppm para cerdos en etapa de finalización, no encontraron diferencia significativa en el rendimiento de las canales de los cerdos. Así mismo, Ochoa Ochoa (2007) evaluó el efecto de la adición de 5 ppm del Hidrocloruro de Ractopamina en la etapa de finalización y no obtuvo diferencia significativa en el

rendimiento final de las canales. De igual manera, Alvarenga Artiga y Ramírez Medina (2005) en su investigación “Evaluación del uso de Clorhidrato de Ractopamina incorporado en la ración diaria de cerdos en fase de finalización en la granja San Juan” no encontraron diferencias significativas en el rendimiento en canal con el uso de 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm y 20 ppm de Ractopamina. Los resultados obtenidos se justifican, ya que según Reyes Bourdierd (2001), la aplicación de Ractopamina incrementa el tamaño de los órganos rojos como el corazón, pulmones, páncreas, baso e hígado, debido al funcionamiento acelerado en la síntesis de proteínas.

Por el contrario, Rosales Paniagua (2004) indicó que la suplementación de la dieta con Ractopamina incrementó el rendimiento de canal caliente ($P < 0.05$) en 1.1, 2 y 3.1% (5 ppm, 10 ppm y 5+10 ppm, respectivamente) con respecto al control, así como los rendimientos de canal frío fueron mejores bajo el efecto de 5 + 10 ppm y 10 ppm ($P < 0.05$). De igual manera, Armstrong et al. (2004) indicaron que el peso de la canal caliente aumentó ($P < 0.05$) con la inclusión de Ractopamina después de 13 y 27 días de alimentación, y con la suplementación de 10 y 20 ppm de Ractopamina después de 20 días de alimentación.

Para el caso del rendimiento en canal fría, no se encontró diferencia ($P \geq 0.05$) en los resultados obtenidos, los cuales concuerdan con Rincón Flórez et al. (2020), quienes evaluaron el efecto de cromo-levadura y la Ractopamina sobre el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne en cerdos y no encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para el peso de la canal caliente, el rendimiento en canal caliente, el peso de la canal fría y el rendimiento en canal frío. Pompeu et al. (2017) evidenciaron que la suplementación con Ractopamina es más efectiva, principalmente cuando los cerdos empiezan la suplementación con altos pesos iniciales.

Área de Lomo (cm²)

El uso de promotores de crecimiento convencionales y orgánicos en la etapa de finalización presentó diferencia ($P < 0.05$) para la variable de área de lomo, en donde se observa que los animales tratados con Ractopamina y compuestos orgánicos son estadísticamente similares entre sí y superiores al control (Cuadro 3). De igual manera, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$)

producida por el sexo (Anexo D) y la genética de los cerdos (Anexo E), lo cual indica que el efecto de los tratamientos es independiente al sexo y a los diferentes cruces de las razas utilizadas en el experimento. Según Chifla Gamboa (2017), el aumento de la masa muscular está relacionado con la proliferación de células musculares y la deposición de proteínas debido a la síntesis y degradación, en donde los promotores de crecimiento producen que el músculo esquelético se hipertrofie, provocando así el aumento longitudinal de las fibras musculares y, por ende, el del músculo.

Los valores obtenidos coinciden con los resultados encontrados por Arabia Torres y Villota Uribe (2017) y Reyes Bourdierd (2001), quienes reportan un incremento de 8.22 cm² y 20% respectivamente para la variable área de lomo en cerdos suplementados con Ractopamina en comparación con el control. Caso contrario a los resultados obtenidos por Maldonado Lopez y Guerra Quiroz (2021), quienes evaluaron el efecto de la Ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo y no encontraron diferencia ($P \geq 0.05$) para esta variable.

Cuadro 3

Rendimientos en la canal de cerdos suplementados con diferentes tratamientos en la etapa de finalización.

Tratamientos	RCC (%) \pm D.E. ^{NS}	RCF (%) \pm D.E. ^{NS}	AL (cm ²) \pm D.E.	CM (%) \pm D.E.	GD (cm) \pm D.E.
Control	72.68 \pm 3.16	70.80 \pm 2.87	48.58 \pm 11.15 ^B	52.33 \pm 4.94 ^B	2.22 \pm 0.55 ^A
Ractopamina	73.46 \pm 4.73	71.48 \pm 4.59	49.28 \pm 10.54 ^A	53.52 \pm 4.84 ^A	2.08 \pm 0.59 ^{AB}
Compuestos orgánicos	72.30 \pm 3.81	70.52 \pm 3.70	49.22 \pm 13.60 ^A	54.47 \pm 4.83 ^A	1.97 \pm 0.63 ^B
Compuestos orgánicos + Ractopamina	73.59 \pm 5.46	71.71 \pm 5.35	50.66 \pm 13.15 ^A	53.98 \pm 5.15 ^A	1.96 \pm 0.65 ^B
Probabilidad	0.0598	0.0708	<.0001	<.0001	0.0492
CV (%)	5.5080	5.4993	18.4226	6.6806	27.8443
R ²	0.7595	0.7567	0.8403	0.8471	0.7502

Nota. RCC: Rendimiento en Canal Caliente (%). RCF: Rendimiento en Canal Fría (%). AL: Área de Lomo (cm²). CM: Carne Magra (%). GD: Grasa

Dorsal (cm). D.E: Desviación Estándar. ^{NS}: No hay diferencias significativas ($P > 0.05$). ^{A-B}: Medias seguidas de letras distintas en cada columna

indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). CV (%): Coeficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Carne Magra (%)

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) en la cantidad de carne magra de los cerdos cosechados en planta, en donde se refleja que los animales tratados con promotores de crecimiento dentro de la dieta de finalización son estadísticamente similares entre sí y superiores al control (Cuadro 3). También, se encontró diferencia ($P < 0.05$) para la interacción de los tratamientos con el sexo (Cuadro 4), por lo que la asimilación de estos entre hembras y machos influye en los resultados obtenidos. Los tratamientos con mayor cantidad de carne magra fueron aquellos con Ractopamina en 10 ppm (T2), compuestos orgánicos (T3) y compuestos orgánicos combinados con Ractopamina en 10 ppm (T4). Esto se debe a que la Ractopamina es un betaadrenérgico que incrementa la retención de nitrógeno y la síntesis proteínica, generando una masa muscular deseable en una canal; promueve la lipólisis, suprime la lipogénesis e incrementa la ganancia de peso y la conversión alimenticia (Velazquez Valdivia 2015).

De igual manera, se ha presentado evidencia que el uso de compuestos orgánicos con suplementación de cromo puede mejorar la tasa de crecimiento, las características de la canal y el rendimiento reproductivo de los cerdos; incluso, un metaanálisis reciente concluyó que la suplementación de cromo disminuye la grasa de la décima costilla, incrementa el porcentaje de carcasa magra y aumenta el tamaño del lomo (Sales y Jancík 2011). Estos resultados son similares a los obtenidos por Brumm et al. (2004), quienes reportaron que, cuando se proporciona una cantidad de Ractopamina de 5 a 20 ppm en la dieta, se produce mayor incremento del magro de la canal y en la eficiencia alimenticia. De igual manera, los valores obtenidos concuerdan con Cuarón Ibarguengoytia (2008), el cual reporta un incremento de 2 a 4% en carne magra.

Grasa Dorsal (cm)

Los cerdos tratados con promotores de crecimiento tuvieron una menor deposición de grasa dorsal ($P < 0.05$). El tratamiento con compuestos orgánicos (T3) y la mezcla de dichos compuestos con Ractopamina en 10 ppm (T4) presentaron menos grasa dorsal y son estadísticamente menores al control (T1) y a la Ractopamina por sí sola (T2), sin embargo, T3 y T4 no fueron diferentes a T2, quien,

a su vez, presentó valores similares al control (Cuadro 3). De igual manera, se encontró diferencia ($P < 0.05$) para el sexo (Cuadro 4), lo cual indica que la grasa dorsal se encuentra influenciada por el uso de hembras y machos castrados.

Las diferencias encontradas se pueden justificar, ya que el efecto de la suplementación con cromo orgánico se hace más importante cuando se pasa el punto de inflexión de la deposición de grasa, donde la acumulación de lípidos es más dominante, ocurriendo cuando los animales son sacrificados por encima de los 100 kg de peso vivo (van de Ligt et al. 2002). De igual manera, la Ractopamina es un potente estimulador de la movilización de grasa en el tejido adiposo, pero a menudo no disminuye la deposición de grasa en los cerdos debido a una combinación de regulación negativa rápida de los receptores γ -adrenérgicos de los adipocitos, falta de efecto sobre la lipogénesis y una relativa insensibilidad de los adipocitos porcinos a los agonistas, así como la respuesta a la Ractopamina es más pronunciada durante las dos primeras semanas de suministro (Rikard-Bell et al. 2009). A pesar de que el tratamiento con Ractopamina sí tuvo efecto positivo sobre la grasa dorsal, no alcanzó a reducirla en forma significativa con relación al control.

Cuadro 4

Efecto del sexo sobre el porcentaje de carne magra y grada dorsal de cerdos en la etapa de finalización.

Tratamientos	CM (%) \pm D.E.	GD (cm) \pm D.E.
Hembras	55.10 \pm 4.53	1.85 \pm 0.56
Machos castrados	52.58 \pm 5.05	2.20 \pm 0.62
Probabilidad	<.0001	0.0342
CV (%)	6.6802	27.8443
R ²	0.9526	0.9773

Nota. CM: Carne Magra (%). GD: Grasa Dorsal (cm). D.E: Desviación Estándar. Probabilidad: $P < 0.05$ indica diferencias significativas. CV (%):

Coefficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) en el efecto del sexo sobre la cantidad de carne magra y grasa dorsal presente en los cerdos cosechados, mostrando que las hembras proporcionan mayor cantidad de carne magra y menor acumulación de grasa dorsal con relación a los machos castrados. Estos valores coinciden con los encontrados por Alvarenga Artiga y Ramírez Medina (2005), quien

evaluó el uso de Clorhidrato de Ractopamina incorporado en la ración diaria de cerdos en fase de finalización, comparando hembras con machos y concluyendo que los machos acumulan más cantidad de grasa que las hembras, pero el peso final de los machos es mayor que el de las hembras. Según Varela et al. (2003), los machos castrados presentan mayor contenido graso que los enteros, produciendo una consecuencia directa en el contenido graso de la carne, dando lugar a una mayor cantidad de veteado en el músculo.

Indicadores de la Calidad de Carne

Se elaboró un análisis de correlación (Anexo F), en donde se determinó que el efecto del pH a los 45 minutos *post mortem* tuvo una correlación negativa baja para las variables de purga a las 24 horas y 4 días de almacenamiento, flexión lateral y para los valores que indican la tonalidad de verde a rojo (a); mientras que, para las variables de flexión vertical, luminosidad (L), tonalidad de azul a amarillo (b) y fuerza de corte se observó una correlación positiva baja. Por otro lado, para el efecto de la purga a las 24 horas y 4 días de almacenamiento, se observó una correlación negativa baja con relación a la flexión vertical, valores de a, valores de b y fuerza de corte; mientras que, para las variables de flexión lateral y luminosidad (L) se tuvo una correlación positiva baja (Anexo F).

pH a los 45 Minutos y 24 Horas Post Mortem

El uso de promotores de crecimiento en la etapa de finalización no presentó diferencia ($P \geq 0.05$) en el pH a los 45 minutos *post mortem* (Cuadro 5). Por otro lado, se observó una diferencia para la variable de pH a las 24 horas después de la cosecha ($P < 0.05$), en donde la adición de compuestos orgánicos y la mezcla de estos con Ractopamina en 10 ppm dentro la dieta mostró resultados estadísticamente similares entre sí, presentando valores de pH más altos con relación al control y a la Ractopamina por sí sola (Cuadro 5). Para ambas mediciones de pH, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$) producida por el sexo (Anexo D) y la genética de los cerdos (Anexo E), lo cual indica que no existe una diferenciación entre hembras, machos castrados y los diferentes cruces de cerdos para el caso de esta variable.

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad en la carne, en donde un valor de 7.0 es considerado como neutro. La medición del pH es considerada como un buen indicador de los cambios bioquímicos *post mortem* que sufre la canal; además, existe una fuerte correlación entre pH, color y capacidad de retención de agua; en donde, si el valor de pH se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas (5.4-5.6) , hay una mínima retención de agua y una mayor decoloración (Torrescano Urrutia et al. 2008).

La velocidad del descenso del pH durante la transformación del músculo a carne puede afectar directamente las características organolépticas de la carne. Después de que el animal muere, el pH tiende a caer gradualmente durante las siguientes 12 a 24 horas hasta llegar a un pH final de entre 5.5 y 5.8, esto debido a la formación de ácido láctico en el músculo a partir de las reservas de glucosa (Palomares Cuellar 2010). Según Henckel et al. (2002), considerando los cambios metabólicos que ocurren en los animales cosechados bajo estrés, el pH inicial será más bajo en comparación con los animales no estresados y la tasa de caída del pH puede aumentar de dos a cuatro veces, alcanzando, a veces, valores por debajo de 6.0 en la hora siguiente.

Las diferencias encontradas en el pH a las 24 horas *post mortem* se pueden justificar, ya que el efecto del tratamiento con compuestos orgánicos (T3) y la mezcla de estos con Ractopamina en 10 ppm (T4) presentaron menos grasa dorsal y son estadísticamente menores al control y al T2 con Ractopamina por si sola (Cuadro 5). Según Rodríguez Trejo (2015), el engrasamiento podría estar relacionado con la acción protectora del tejido adiposo con relación al frío, ya que temperaturas más elevadas en el proceso de instauración del rigor mortis podrían acelerar el metabolismo muscular y la mayor caída del pH.

Los valores obtenidos son similares a los resultados encontrados por Rosales Paniagua (2004) y Reyes Bourdierd (2001), quienes evaluaron el efecto de la adición del Hidrocloruro de Ractopamina en 10 ppm en la dieta de finalización de cerdos y obtuvieron valores promedio de 5.51 y 5.54 respectivamente para la medición del pH a las 24 horas después de la cosecha. De igual manera, en una investigación realizada por Rincón Flórez et al. (2020), quien evaluó el efecto de cromo-levadura

y la Ractopamina sobre el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne en cerdos, encontró valores de 5.67 y 5.68 para la medición de pH a las 24 horas post mortem en cerdos suplementados con cromo a 0.2 ppm y 0.4 ppm respectivamente.

Cuadro 5

Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre el pH a los 45 minutos y 24 horas post mortem en canales de cerdos.

Tratamientos	pH 45 minutos \pm D.E. ^{NS}	pH 24 horas \pm D.E.
Control	5.96 \pm 0.34	5.50 \pm 0.13 ^B
Ractopamina	5.95 \pm 0.31	5.55 \pm 0.18 ^B
Compuestos orgánicos	5.78 \pm 0.34	5.63 \pm 0.24 ^A
Compuestos orgánicos + Ractopamina	5.73 \pm 0.30	5.66 \pm 0.33 ^A
Probabilidad	0.12	0.0068
CV (%)	4.26	2.24
R ²	0.9526	0.9773

Nota. pH: Potencial de Iones Hidrógeno. D.E: Desviación Estándar. ^{NS}: No hay diferencias significativas ($P > 0.05$). ^{A-B}: Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). CV (%): Coeficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Purga a las 24 Horas y a los Cuatro Días de Almacenamiento

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) para el porcentaje de purga a las 24 horas y a los cuatro días *post mortem*, en cerdos suplementados con promotores de crecimiento en la etapa de finalización. Para el caso de la purga a las 24 horas, la suplementación de compuestos orgánicos y la combinación de estos con Ractopamina en 10 ppm presentaron valores estadísticamente similares entre sí y brindaron porcentajes superiores al control y al uso individual de la Ractopamina. Por otro lado, para la medición de la purga a los cuatro días, se observó que la inclusión de Ractopamina por sí sola y en combinación con compuestos orgánicos generó resultados estadísticamente similares al control, existiendo mayor pérdida de agua ($P < 0.05$) únicamente en los cerdos suplementados con compuestos orgánicos y sin la adición Ractopamina (Cuadro 6). Para ambas mediciones de purga, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$) producida por el sexo (Anexo D) y la genética de los cerdos (Anexo G).

Los valores obtenidos coinciden con los resultados encontrados por Rincón Flórez et al. (2020), quienes evaluaron el efecto de cromo-levaduras y la Ractopamina sobre el perfil de ácidos grasos y la

calidad de la carne en cerdos, encontrando mayor pérdida de agua en cerdos suplementados con cromo dentro de la dieta, pero no encontró un efecto significativo de la Ractopamina sobre el goteo de la carne. De igual manera, estos valores coinciden con lo reportado por Athayde et al. (2012) en la investigación del efecto de la administración de Ractopamina sobre las características de la fibra muscular y la calidad sensorial del músculo *Longissimus*, quien no encontró significancia en el goteo de la carne bajo el efecto de este promotor de crecimiento.

Por otro lado, los resultados encontrados no coinciden con Peres et al. (2014), quienes indicaron que, en algunas investigaciones realizadas con cromo, no se muestra ningún tipo de efecto en la suplementación de este sobre las pérdidas por goteo, mientras que, en otros casos, se observa un efecto, pero positivo.

Según Rodríguez Trejo (2015), las pérdidas de agua se producen en toda la cadena de distribución y transformación de la carne y pueden alcanzar valores de 4-5% del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1.5 al 2%. También, indicó que la capacidad de retención de agua está influenciada por el pH del músculo; en donde, mientras más alejado esté el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, más agua se retendrá, ejemplificando que en valores superiores a 5.8 de pH, se favorece la capacidad de las proteínas para ligar las moléculas de agua.

Cuadro 6

Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre el porcentaje de purga a las 24 horas y cuatro días de almacenamiento en cortes del músculo Longissimus dorsi.

Tratamientos	Purga (%) 24 horas \pm D.E.	Purga (%) 4 días \pm D.E.	Δ Purga (%)
Control	1.92 \pm 0.74 ^B	3.00 \pm 1.37 ^B	1.08
Ractopamina	1.45 \pm 0.87 ^B	2.38 \pm 1.25 ^B	0.94
Compuestos orgánicos	3.97 \pm 2.31 ^A	4.52 \pm 2.30 ^A	0.56
Compuestos orgánicos + Ractopamina	3.41 \pm 2.45 ^A	3.25 \pm 2.10 ^B	-0.16
Probabilidad	0.0028	0.0084	---
CV (%)	41.67	35.22	---
R ²	0.9897	0.9881	---

Nota. Purga: Agua perdida (%). D.E: Desviación Estándar. ^A^B: Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre

los tratamientos (P < 0.05). CV (%): Coeficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Flexión de Tocineta

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) para la flexión de tocineta lateral y vertical en cerdos suplementados con promotores de crecimiento en la etapa de finalización. Para el caso de la flexión lateral, la suplementación de compuestos orgánicos y la combinación de estos con Ractopamina en 10 ppm presentaron valores estadísticamente similares entre sí y superiores al control y al uso individual de la Ractopamina. Por otro lado, para la medición de la flexión vertical, se observó que la inclusión de Ractopamina por sí sola generó resultados estadísticamente similares al control, siendo ambos superiores a los tratamientos en donde se adicionaron compuestos orgánicos (Cuadro 7).

El tratamiento con Ractopamina y el control presentaron una flexión lateral más baja y vertical más alta, lo cual indica una tocineta más firme y rígida (mayor cantidad de grasas saturadas). Caso contrario al uso de los tratamientos con compuestos orgánicos de manera individual y combinados con Ractopamina, los cuales tuvieron una flexión lateral más alta y vertical más baja, dando como resultado una tocineta más suave (mayor cantidad de grasas insaturadas). Rincón Flórez et al. (2020) indicaron que adicionar cromo orgánico a la dieta de cerdos en la etapa de finalización modifica los perfiles de ácidos grasos de la carne y mostró una tendencia de que, a medida que incrementa el nivel de cromo en la dieta, la relación entre grasas poliinsaturadas/grasas saturadas aumenta; sin embargo, no encontró diferencia significativa entre el uso de cromo y Ractopamina.

Al reducir la grasa en la carne se puede afectar negativamente la satisfacción de los consumidores, ya que la palatabilidad es el principal factor de aceptación del consumidor y reducir la cantidad de grasa total disminuye también, la grasa intramuscular (marmóreo), afectando directamente la jugosidad y sabor de la carne e, indirectamente, la terneza (Webb y O'Neill 2008). La consistencia de la grasa depende de la proporción de triglicéridos que se encuentran en forma líquida (insaturados) o sólida (saturados) a una cierta temperatura, es decir, del número de insaturaciones de las cadenas de ácidos grasos que constituyen los triglicéridos.

En las carnes destinadas al procesamiento y elaboración de productos cárnicos existen problemas asociados a una deficiente consistencia de la grasa, ya que produce problemas de

manipulación de la carne, oxidación excesiva con aparición de olores, sabores anómalos, coloraciones amarillentas e incluso anaranjadas y puede ralentizar del secado, ya que la grasa fluida impide la migración del agua (Alvarenga Artiga y Ramírez Medina 2005). Las modificaciones del tipo de grasa presente en la carne son muy importantes, puesto que, en la actualidad, el énfasis se concentra en evaluar la calidad de la grasa y no la cantidad (Webb y O'Neill 2008).

Cuadro 7

Efecto de la adición de promotores de crecimiento sobre la flexión lateral y vertical de la tocineta o barriga en cerdos en la etapa de finalización.

Tratamientos	Flexión lateral \pm D.E.	Flexión vertical \pm D.E.
Control	4.19 \pm 1.50 ^B	8.45 \pm 2.19 ^A
Ractopamina	4.42 \pm 1.38 ^B	8.03 \pm 2.22 ^A
Compuestos orgánicos	5.60 \pm 1.71 ^A	5.58 \pm 1.35 ^B
Compuestos orgánicos + Ractopamina	5.65 \pm 1.78 ^A	5.41 \pm 1.01 ^B
Probabilidad	0.0428	<.0001
CV (%)	23.61	11.93
R ²	0.950	0.986

Nota. D.E: Desviación Estándar. ^A^B: Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$).

CV (%): Coeficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Fuerza de Corte

El uso de promotores de crecimiento en la etapa de finalización presentó diferencias ($P < 0.05$) para la variable de fuerza de corte (Newton), en donde el control (T1) y el uso de Ractopamina en 10 ppm (T2) fueron estadísticamente similares entre sí y superiores al uso de compuestos orgánicos (T3) y a la mezcla de dichos compuestos con Ractopamina (T4), sin embargo, T2 no fue estadísticamente diferente a T4. Por otro lado, se observó que T3 y T4 presentaron valores similares entre sí (Cuadro 8). De igual manera, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$) producida por el sexo (Anexo H) y la genética de los cerdos (Anexo G).

El rango de la fuerza de corte obtenido en el experimento, el cual oscila entre 9.06 y 17.31 Newtons, se encuentra por debajo de los valores encontrados por Peres et al. (2014), quienes evaluaron el efecto del estrés en el manejo previo al sacrificio sobre la calidad de la canal y la carne de cerdo, obteniendo resultados de 30.50 y 31.48 Newtons en cerdos sometidos a un estrés alto y

bajo respectivamente. De igual manera, Olivas et al. (2017), en su investigación sobre los indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales, reportaron resultados de fuerza de corte en todas las muestras de carne de 26.48 a 34.42 Newtons e indicó que, según una escala de Warner Bratzler, los valores que se encuentran por debajo a 58.84 Newtons, son carnes ligeramente blandas. De acuerdo con lo anterior, se observa que la carne de cerdos obtenida en este estudio fue blanda o demasiado suave, ya que, a pesar de existir diferencias entre los tratamientos evaluados, todos los valores se encuentran por debajo del promedio esperado para una carne sin anomalías.

La adición de Ractopamina en la dieta no mostró resultados diferentes al control, lo cual indica que la terneza de la carne no estuvo influenciada por el uso individual de esta, existiendo causas ajenas al efecto de los tratamientos, como ser condiciones de estrés o ayunos prolongados. Caso contrario a lo encontrado por Li et al. (2015), quienes mostraron que cerdos alimentados con Ractopamina incrementan la proporción de fibras musculares blancas a expensas de las intermedias, lo que ocasiona el aumento en el tamaño de ambas y trae como consecuencia el incremento a la resistencia al corte de la carne. Alvarenga Artiga y Ramírez Medina (2005) indicaron que un estrés agudo momentos antes o en el momento del aturdimiento provoca un aumento de ácido láctico cuando la temperatura es aún elevada, siendo el resultado final una carne PSE. El mecanismo del estrés se asocia a cambios en el metabolismo del calcio, potente activador de la contracción muscular y de la glucogenólisis.

Color de la Carne

El uso de promotores de crecimiento en cerdos en la etapa de finalización no presentó diferencia ($P \geq 0.05$) para los valores de L, a y b en la carne evaluada, lo cual indica que el uso de Ractopamina en 10 ppm, compuestos orgánicos y la combinación de ambos no modificó el color de la carne con relación al control (Cuadro 8). De igual manera, no se encontró una influencia significativa ($P \geq 0.05$) producida por el sexo (Anexo H) y la genética de los cerdos (Anexo G).

Cuadro 8

Valores de fuerza de corte y color en escala L, a, b para el músculo Longissimus dorsi de cerdos bajo diferentes tratamientos en la etapa de finalización.

Tratamientos	Fuerza corte (Newtons)	Valores de Hunter Lab			
		L ± D.E. ^{NS}	a ± D.E. ^{NS}	b ± D.E. ^{NS}	ΔEab
Control	17.31 ± 4.99 ^A	54.56 ± 4.24	9.28 ± 1.37	15.75 ± 0.55	---
Ractopamina	14.75 ± 3.84 ^{AB}	55.40 ± 3.25	9.04 ± 1.31	15.47 ± 0.62	0.9174
Compuestos orgánicos	9.06 ± 3.77 ^C	54.19 ± 6.19	9.52 ± 2.35	15.08 ± 1.27	0.8021
Compuestos orgánicos + Ractopamina	11.49 ± 5.80 ^{BC}	54.95 ± 7.01	9.81 ± 2.39	15.24 ± 1.17	0.8325
Probabilidad	<.0001	0.9306	0.6684	0.2382	---
CV (%)	32.54	13.17	21.12	4.40	---
R ²	0.8849	0.9069	0.9465	0.9754	---

Nota. L: Luminosidad. a: Tonalidad de verde a rojo. b: Tonalidad de amarillo a azul. ΔEab: Diferencial de color con relación al control. D.E:

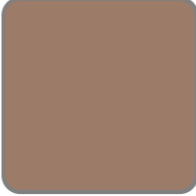
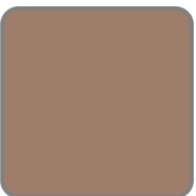
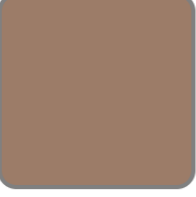


Desviación Estándar. ^{NS}: No hay diferencias significativas (P > 0.05). ^{A-C}: Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos (P < 0.05). CV (%): Coeficiente de Variación. R²: Coeficiente de Determinación.

Para el caso de la percepción visual del color, se compararon las diferentes tonalidades de la carne evaluada y no se encontraron diferencias perceptibles por el ojo humano, lo cual indica que los cerdos, bajo el efecto de los cuatro tratamientos evaluados, presentan un color homogéneo entre sí (Cuadro 9). Según Tomovic VMilo et al. (2014), quienes evaluaron la calidad tecnológica y composición de diferentes músculos de cerdos, indicaron que un color pálido es cuando el Hunter L > 50, rojizo-rosado cuando el Hunter L= 43-50 u oscuro cuando el Hunter L < 43. Con base en esta categorización de la claridad o luminosidad, se observó que la carne evaluada en este experimento presentó coloraciones pálidas para los cuatro tratamientos.

Según Rodríguez Trejo (2015), un color rosa pálido, casi gris, puede ser el resultado de una rápida conversión de glucógeno muscular a ácido láctico, causando un rápido aumento de acidez inmediatamente después del sacrificio, recalando que las fuentes de variación del color en el músculo pueden ser por el contenido de pigmentos (mioglobina), las condiciones del periodo *ante* y *post mortem* (estrés, temperatura y humedad) y el tiempo de almacenamiento de las canales, que afectan procesos de oxigenación de la carne.

Cuadro 9

Comparación visual de los colores obtenidos en cortes del músculo Longissimus dorsi de cerdos bajo diferentes tratamientos en la etapa de finalización.

Comparación de tratamientos	Color	
Control [1] Vs. Ractopamina en 10 ppm [2]	 [1]	 [2]
Control [1] Vs. Compuestos orgánicos [3]	 [1]	 [3]
Control [1] Vs. Compuestos orgánicos + Ractopamina en 10 ppm	 [1]	 [4]

Nota. Colores adaptados de ColorMine.org (2022)

Conclusiones

La adición del hidrocloreuro de ractopamina en 10 ppm, compuestos orgánicos y la mezcla de ambos en la dieta de finalización de cerdos no brinda una mejora en el rendimiento de la canal caliente y fría, sin embargo, provocan un aumento en el área del lomo y la cantidad carne magra de las canales.

El uso de compuestos orgánicos dentro de la dieta de finalización de cerdos de manera individual o combinada con ractopamina, genera una menor deposición de grasa subcutánea con relación a no usar promotores de crecimiento.

El sexo tiene una influencia significativa únicamente en la cantidad de carne magra y grasa dorsal, siendo las hembras las que presentan mayor porcentaje de carne magra y menos grasa dorsal al compararlas con machos castrados.

La suplementación con promotores de crecimiento no afecta el pH a los 45 minutos *post mortem* y el color de la carne, sin embargo, la adición de compuestos orgánicos en la dieta produce mayor porcentaje de purga, menor fuerza de corte de la carne y tocinetas más suaves.

Recomendaciones

Evaluar el aumento gradual de la concentración del hidrocloreuro de ractopamina a lo largo de las cuatro semanas de finalización de cerdos para determinar si existe una mejora significativa en la cantidad de grasa dorsal de las canales.

Realizar una medición de la temperatura interna de las canales en almacenamiento para conocer el comportamiento de la grasa como barrera protectora, lo cual, repercute en el descenso acelerado del pH en las primeras horas *post mortem*.

Implementar técnicas para disminuir el estrés en todo el proceso de manejo de los cerdos (desde la granja hasta el desangrado), con el objetivo de disminuir la acumulación de ácido láctico en el músculo y evitar características organolépticas no deseadas en la carne.

Conocer el perfil de ácidos grasos de las canales suplementadas con promotores de crecimiento para determinar la calidad de grasa presente y no solo la cantidad de esta.

Referencias

- Alarcón Rojo AD, Gamboa Alvarado JG, Rodríguez Almeida FA, Grado Ahuir JA, Janacua Vidales H. 2006. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Técnica Pecuaria en México*; [consultado el 4 de nov. de 2021]. 44(1):53–66. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?idp=1&id=61344105&cid=5246>.
- Alvarenga Artiga RF, Ramírez Medina DE. 2005. "Evaluación del uso de clorhidrato de ractopamina incorporado en la ración diaria de cerdos en fase de finalización en la granja San Juan" [Tesis]. El Salvador: Universidad de El Salvador. 108 p; [consultado el 1 de may. de 2022]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1599/1/13101296.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 Agrícola Panamericana, Zamorano. 19 p; [consultado el 29 de abr. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6043/1/CPA-2017-007.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.
- Brucil Pupiales AM. 2019. Evaluación del uso de clorhidrato de ractopamina en la alimentación de *Cavia porcellus* machos de engorde [Tesis Doctoral]. Ibarra, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 114 p; [consultado el 20 de oct. de 2021]. <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/380/1/1.%20Informe%20Tesis.pdf>.
- Brumm MC, Miller PS, Thaler RC. 2004. Response of barrows to space allocation and ractopamine. *J Anim Sci*. 82(11):3373–3379. eng. doi:10.2527/2004.82113373x.
- Bučko O, Lehotayová A, Haščík P, Bahelka I, Gábor M, Bobko M, Debreceni O, Trembecká L. 2015. Effect Of Chromium Nicotinate On Oxidative Stability, Chemical Composition And Meat Quality Of Growing-Finishing Pigs. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 9(1):562–572. <https://potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/521/pdf>. doi:10.5219/521.
- Burgoon K. 2006. Paylean® is the trade name for Elanco's ractopamine hydrochloride. [sin lugar]: Purina; [consultado el 6 de nov. de 2021]. <https://www.purinamills.com/purinamills/media/PDF/Show%20Chow/Feeding%20Strategies/Pig/FEEDING-PAYLEAN-TO-SHOW-PIGS.pdf>.
- Burson D. 2006a. Procedures for Estimating Pork Carcass Composition. US State: University of Nebraska; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 4 p. <https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/procedures-for-estimating-pork-carcass-composition.pdf>.
- Burson D. 2006b. Procedures-for-estimating-pork-carcass-composition. US State: University of Nebraska; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 4 p. <https://alec.unl.edu/documents/cde/2017/livestock-management/2017-procedures-for-estimating-pork-carcass-composition-2006.pdf>.
- Chifla Gamboa AB. 2017. Efecto de la ractopamina sobre modificaciones del tejido magro en etapa de finalización en cerdos criollos [Tesis]. Cevallos, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 75 p; [consultado el 1 de may. de 2022]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/>

123456789/26211/1/Tesis%2092%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20502.pdf.

- ColorMine.org. 2022. Delta-E Calculator. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 8 de jun. de 2022]. <https://colormine.org/delta-e-calculator>.
- Cuarón Iburgüengoytia JA. 2008. Prácticas para optimizar la finalización de los cerdos. Colombia: porkcolombia; [consultado el 24 de abr. de 2022]. <https://www.porkcolombia.co/wp-content/uploads/2018/07/2008jose-a-cuaron-2.pdf>.
- Dunshea FR, King RH, Campbell RG. 1993. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. *J Anim Sci*; [consultado el 6 de nov. de 2021]. 71(11):2931–2941. eng. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/71/11/2931/4718991?redirectedFrom=fulltext>. doi:10.2527/1993.71112931x.
- Echeverry Zuluaga JJ, Gómez Zapata A, Parra Suescún JE. 2008. Efectos de un B-adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización. *Lasallista de Investigación*; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 5(1):45–50. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69550108.pdf>.
- European Food Safety Authority. 2009. Safety evaluation of ractopamine. *EFSA Journal*; [consultado el 6 de nov. de 2021]. 7(4):1–52.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Cerdos y nutrición y los animales. [sin lugar]: Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor; [consultado el 6 de nov. de 2021]. https://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Carne y Productos Cárnicos. [sin lugar]: Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor; [consultado el 6 de nov. de 2021]. <https://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>.
- Henckel P, Karlsson A, Jensen MT, Oksbjerg N, Petersen JS. 2002. Metabolic conditions in Porcine *longissimus* muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri- and post mortem energy metabolism. *Meat Science*. 62(2):145–155. doi:10.1016/S0309-1740(01)00239-X.
- Li H, Gariépy C, Jin Y, Font I, Furnols M, Fortin J, Rocha LM, Faucitano L. 2015. Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the longissimus muscle in two Piétrain pig genotypes. *Meat Science*. 102:27–34. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2014.10.027.
- Maldonado Lopez MA, Guerra Quiroz CH. 2021. Efecto de la ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de carne de cerdo [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 31 p; [consultado el 12 de may. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7062/3/CPA-2021-T055.pdf>.
- Martínez-Gómez N, Domínguez-López A, Morales-Rosales EdJ, Lugo J, Mariezcurrena-Berasain MA, Mariezcurrena Berasain MD. 2012. Efecto de la levadura enriquecida con selenio y selenito de sodio en la dieta de cerdos en finalización sobre el contenido de grasa intramuscular y ácidos grasos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*; [consultado el 28 de abr. de 2022]. 15(1):41–46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93924483004>.
- Ochoa Ochoa E. 2007. Evaluación de dos fuentes de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 19 de abr. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/818/1/T2456.pdf>.

- Olivas JA, Díaz Tenorio LM, Munguia Xochihua J, Molina Barrios RM, Hernández Chávez JF. 2017. Indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de Ciudad Obregón, Sonora. *Nacameh*; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 11(2):50–57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6307677>.
- Palomares Cuellar CV. 2010. Efecto del grupo genético y sexo sobre la calidad de la canal y de la carne de cerdos producidos bajo un sistema de explotación intensiva [Tesis]. Mexicali, Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigación en Ciencias Veterinarias. 44 p; [consultado el 2 de may. de 2022]. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/2336/1/vet007265.pdf>.
- Peres LM, Bridi AM, Da Silva CA, Andreo N, Tarsitano MA, Stivaletti ELT. 2014. Effect of low or high stress in pre-slaughter handling on pig carcass and meat quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 43(7):363–368. doi:10.1590/S1516-35982014000700004.
- Pérez A, Obispo NE, Palma J, Chicco CF. 2005. Efectos de la ractopamina y el nivel de lisina sobre la respuesta productiva de cerdos magros en la fase de engorde. *Zootecnia Tropical*; [consultado el 6 de nov. de 2021]. 23(4):429–445. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000400007&lng=es&nrm=iso.
- Pompeu MA, Rodrigues LA, Cavalcanti LFL, Fontes DO, Toral FLB. 2017. A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine. *J Anim Sci*. 95(4):1644–1659. eng. doi:10.2527/jas.2016.1181.
- Rentfrow G, Sauber T, Allee G, Berg E. 2003. The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Science*; [consultado el 6 de nov. de 2021]. 64(4):459–466. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174002002152?via%3Dihub>. doi:10.1016/S0309-1740(02)00215-2.
- Reyes Bourdierd RH. 2001. Efecto de la adición de paylean® en la dieta de finalización en cerdos [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 26 p; [consultado el 1 de may. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1473/1/CPA-2001-T078.pdf>.
- Rikard-Bell C, Curtis MA, van Barneveld RJ, Mullan BP, Edwards AC, Gannon NJ, Henman DJ, Hughes PE, Dunshea FR. 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. *J Anim Sci*. 87(11):3536–3543. eng. doi:10.2527/jas.2009-2002.
- Rincón Flórez JC, Trujillo Flórez LG, Gonzalez Corrales JC, Caivio Nasner SL. 2020. El cromo-levadura y la ractopamina afectan el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne en cerdos. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 23(1). doi:10.31910/rudca.v23.n1.2020.1178.
- Rodríguez Trejo A. 2015. Características de calidad de la canal y de la carne en cerdos sacrificados a pesos pesados [Tesis]. Mexicali, Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. 67 p; [consultado el 4 de may. de 2022]. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/1801/1/agr011931.pdf>.
- Rosales Paniagua E. 2004. Efecto de Paylean® sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 30 p; [consultado el 29 de abr. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1939/1/AGI-2004-T027.pdf>.

- Sales J, Jancík F. 2011. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: a meta-analysis. *J Anim Sci.* 89(12):4054–4067. eng. doi:10.2527/jas.2010-3495.
- Tomovic VM, Zlender BA, Jokanović MR, Tomovic MS, Sojic BV, Skaljic 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. *Agricultural and Food Science*; [consultado el 17 de nov. de 2021]. 23(1):9–18. en. <https://journal.fi/afs/article/view/8577>. doi:10.23986/afsci.8577.
- Torrescano Urrutia GR, Sánchez Escalante A, González Méndez NF, Camou Arriola JP. 2008. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal de animales de abasto. *Nacameh*; [consultado el 3 de may. de 2022]. 2(1):78–94. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987366>.
- van de Ligt CPA, Lindemann MD, Cromwell GL. 2002. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary energy level and source on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. *J Anim Sci.* 80(2):483–493. eng. doi:10.2527/2002.802483x.
- Varela A, Oliete B, Moreno T, Portela C, Carballo JA, Sánchez L, Monserrat L. 2003. Calidad de la carne de machos enteros y castrados de raza rubia gallega sacrificados con 24 meses. *Archivos de Zootecnia*; [consultado el 18 de abr. de 2022]. 52(199):347–358. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49519906>.
- Velazquez Valdivia L. 2015. Comparación del uso de dos promotores del crecimiento en cerdos de engorda [Tesis]. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 51 p; [consultado el 5 de may. de 2022]. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/6885/COMPARACIONDELUSODEDOSPROMOTORESDELCRECIMIENTOENCERDOSDEENGORDA.pdf?sequence=1>.
- Webb EC, O'Neill HA. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science.* 80(1):28–36. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2008.05.029.
- Williams NH, Cline TR, Schinckel AP, Jones DJ. 1994. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J Anim Sci*; [consultado el 6 de nov. de 2021]. 72(12):3152–3162. eng. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/72/12/3152/4719313>. doi:10.2527/1994.72123152x.

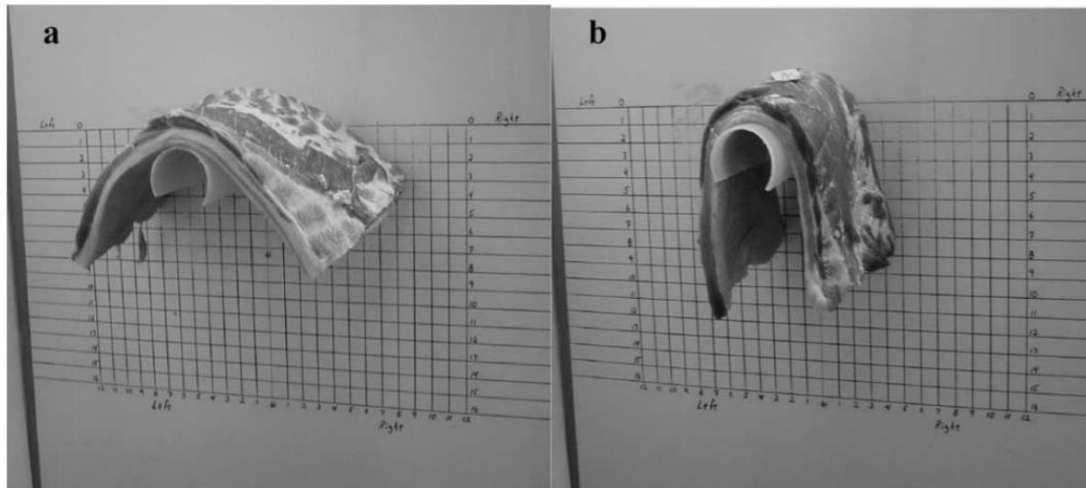
Anexos**Anexo A**

Muestras en bandejas de poliestireno (PE) con plástico cobertor.



Anexo B

Medición de la flexión lateral y vertical del vientre. (a) Esto ilustra una flexión lateral más baja y vertical más alta; vientre más firme. (b) Esto ilustra una flexión lateral más alta y una flexión vertical más baja; vientre más suave.

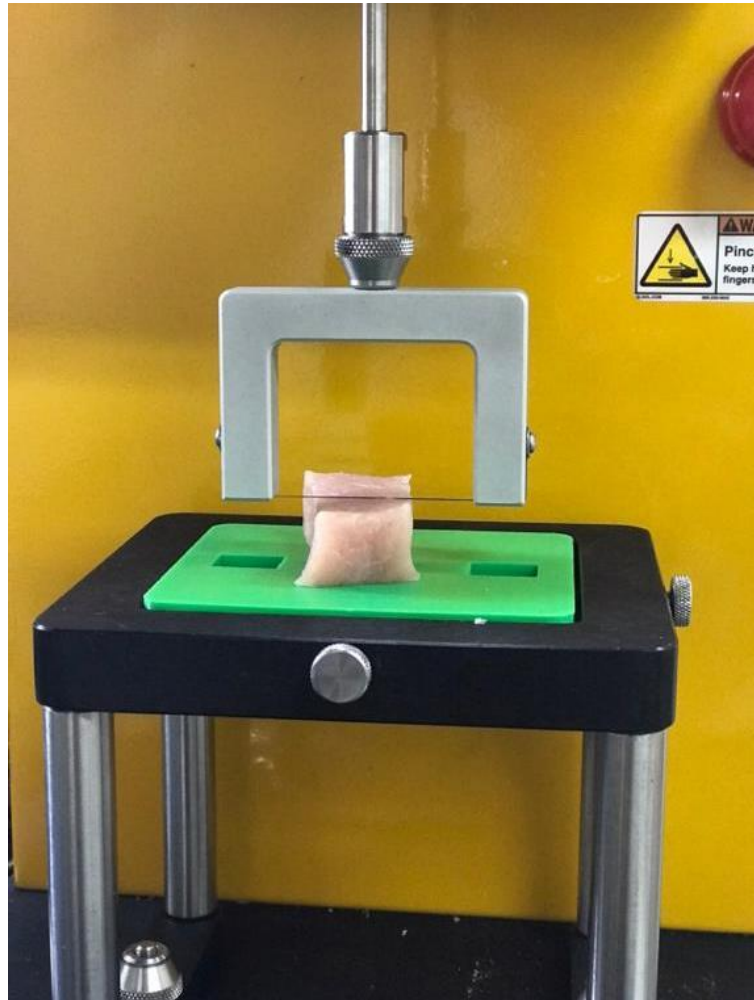


- a. This illustrates a lower lateral, higher vertical flex; firmer belly.
 b. This illustrates a higher lateral, lower vertical flex; softer belly.

(Rentfrow et al. 2003).

Anexo C

Muestras cúbicas de 30 mm sometidas a una compresión del 35% de su tamaño original, a una velocidad de 20 mm/s.



Anexo D

Efecto del sexo sobre el rendimiento en canal caliente y fría, área de lomo, pH a los 45 minutos y a las 24 horas post mortem, porcentaje de purga a las 24 horas y a los 4 días de almacenamiento, flexión lateral y vertical.

Sexo	RCC (%) NS*	RCF (%) NS*	AL (cm ²) NS*	pH 45 minutos NS*	pH 24 horas NS*	Purga (%) 24 h NS*	Purga (%) 4 d NS*	Flexión lateral	Flexión vertical
Machos	72.66	70.81	49.55	5.87	5.64	2.59	3.06	5.02	6.87
Hembras	73.37	71.48	49.40	5.84	5.53	2.89	3.59	4.97	6.73
Probabilidad	0.620	0.498	0.136	0.912	0.16	0.2517	0.5972	0.077	0.5595
CV (%)	5.5080	5.4993	18.4226	4.26	2.24	41.67	35.22	23.61	11.93
R ²	0.7595	0.7567	0.8403	0.9526	0.9773	0.9897	0.9881	0.950	0.986

Anexo E

Efecto de la genética tras la adición de promotores de crecimiento sobre el rendimiento en canal caliente y fría, área de lomo, carne magra, grasa dorsal, pH a los 45 minutos y 24 horas post mortem.

Tratamientos	RCC (%) NS*	RCF (%) NS*	AL (cm ²) NS*	CM (%) NS*	GD (cm) NS*	pH 45 minutos NS*	pH 24 horas NS*
Yorkshire	74.26	72.36	47.45	53.16	2.04	5.74	5.70
Landrace	72.82	71.01	52.77	53.81	2.10	5.81	5.70
Duroc	70.80	68.65	55.67	53.71	2.10	6.50	5.49
Yorkshire + Landrace	72.54	70.80	47.68	53.44	2.01	5.87	5.57
Yorkshire + Duroc	73.80	71.74	51.56	54.36	2.11	6.02	5.50
Landrace + Duroc	72.47	70.40	52.68	54.64	2.04	5.79	5.51
Probabilidad	0.1206	0.1115	0.1315	0.2935	0.1459	0.8547	0.2926
CV (%)	5.5080	5.4993	18.4226	6.6806	27.8443	4.26	2.24
R ²	0.7595	0.7567	0.8403	0.8471	0.7502	0.9526	0.9773

Anexo F

Análisis de correlación de los parámetros de calidad de carne.

Variables	pH 45 minutos	pH 24 horas	Purga 24 horas	Purga 4 días	Flexión lateral	Flexión vertical	L	a	B	Fuerza de corte
pH 45 minutos	1.00	0.005 0.966	-0.225 0.037	-0.155 0.155	-0.177 0.102	0.160 0.141	0.093 0.394	-0.129 0.236	0.145 0.184	0.208 0.055
pH 24 horas	0.005 0.966	1.00	0.051 0.638	0.118 0.277	0.086 0.429	-0.110 0.312	0.161 0.139	-0.022 0.841	0.107 0.328	-0.165 0.129
Purga 24 horas	-0.225 0.037	0.051 0.638	1.00	0.482 <.0001	0.168 0.122	-0.243 0.024	0.091 0.404	-0.031 0.779	-0.178 0.102	-0.231 0.032
Purga 4 días	-0.155 0.155	0.118 0.277	0.482 <.0001	1.00	0.076 0.489	-0.197 0.069	0.096 0.378	-0.118 0.278	-0.122 0.264	-0.245 0.023
Flexión lateral	-0.177 0.102	0.086 0.429	0.168 0.122	0.076 0.489	1.00	-0.624 <.0001	-0.141 0.195	0.105 0.335	-0.224 0.038	-0.273 0.011
Flexión vertical	0.160 0.141	-0.110 0.312	-0.243 0.024	-0.197 0.069	-0.624 <.0001	1.00	-0.098 0.369	0.096 0.381	0.189 0.079	0.238 0.027
L	0.093 0.394	0.161 0.139	0.091 0.404	0.096 0.378	-0.141 0.195	-0.098 0.369	1.00	-0.760 <.0001	0.487 <.0001	0.243 0.024
a	-0.129 0.236	-0.022 0.841	-0.031 0.779	-0.118 0.278	0.105 0.335	0.096 0.381	-0.760 <.0001	1.00	-0.078 0.475	-0.235 0.029
b	0.145 0.184	0.107 0.327	-0.178 0.102	-0.122 0.264	-0.224 0.038	0.189 0.079	0.487 <.0001	-0.078 0.475	1.00	0.299 0.0052
Fuerza de corte	0.208 0.055	-0.165 0.129	-0.231 0.032	-0.245 0.023	-0.273 0.011	0.238 0.0274	0.243 0.024	-0.235 0.029	0.299 0.005	1.00

Anexo G

Efecto de la genética tras la adición de promotores de crecimiento sobre el porcentaje de purga a las 24 horas y 4 días de almacenamiento, flexión de tocineta lateral y vertical, fuerza de corte y color (valores L, a, b).

Tratamientos	Purga (%) 24 h NS*	Purga (%) 4 d NS*	Flexión lateral	Flexión vertical	Fuerza de corte NS*	L	a	b
Yorkshire	2.89	4.23	5.41	5.44	1.05	54.25	8.99	14.83
Landrace	3.23	3.11	5.85	5.88	1.20	52.40	10.62	15.66
Duroc	3.23	3.09	6.00	5.75	1.18	54.57	9.73	15.41
Yorkshire + Landrace	2.80	3.35	5.04	6.75	1.29	55.27	9.23	15.38
Yorkshire + Duroc	1.55	2.48	4.21	7.63	1.62	55.55	9.12	15.81
Landrace + Duroc	2.91	3.07	4.41	8.13	1.43	54.76	9.60	15.59
Probabilidad	0.2517	0.1017	0.4387	0.055	0.9385	0.8285	0.5859	0.2463
CV (%)	41.67	35.22	23.61	11.93	32.54	13.17	21.12	4.40
R ²	0.9897	0.9881	0.950	0.986	0.8849	0.9069	0.9465	0.9754

Anexo H

Efecto del sexo sobre la fuerza de corte y color (valores L, a, b).

Sexo	Fuerza de corte	L	a	b
Machos	1.20	54.06	9.72	15.46
Hembras	1.42	55.63	9.00	15.36
Probabilidad	0.3733	0.8429	0.5498	0.7052
CV (%)	0.43	13.17	21.12	4.40
R ²	32.54	0.9069	0.9465	0.9754