

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
Efectos de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina
(Paylean®) en dietas de finalización sobre las características de la canal
y los parámetros productivos en cerdos de engorde

Estudiante

Jose Eduardo Meza Vargas

Asesores

Adela Acosta Marchetti, D.Sc.

Rogel Castillo, M.Sc.

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Materiales y Métodos	11
Ubicación del Estudio.....	11
Diseño Experimental	11
Análisis Estadístico	12
Parámetro Productivos.....	13
Alimentación y Manejo de los Animales.....	13
Frecuencia de Alimentación.....	13
Manejo del Agua	14
Monitoreo Sanitario y de Comportamiento.....	14
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	14
Evaluación de las Características de Canal.....	14
Peso de la Canal Caliente (kg)	14
Rendimiento de Canal Caliente (%).....	14
Espesor de Grasa Dorsal (cm)	14
Área del Lomo (cm ²).....	14
Contenido de Grasa Intramuscular	15
Clasificación de Cerdos en Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano.....	16
Resultados y Discusión	18
Ganancia de Peso Diaria e Índice de Conversión Alimenticia Divididos por Tratamiento	18
Peso Canal Caliente (PCC) y Rendimiento en Canal Caliente	22

Distribución de Cerdos por Categoría	27
Categoría Cerdo Plus	27
Categoría Cerdo Más	28
Categoría Cerdo Menos	28
Categoría Lechón	28
Área de Lomo y Espesor de Grasa Dorsal	29
Cantidad de Grasa Base Húmeda y Base Seca	30
Ingresos Brutos Obtenidos por Cerdo	32
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Referencias	37

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Clasificación de cerdos en base a características de canal y precio por libra que la planta de cárnicos de la Universidad Zamorano establece	16
Cuadro 2 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la ganancia diaria de peso (g/día), índice de conversión alimenticia y peso final en cerdos de engorde (kg)	18
Cuadro 3 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el peso de canal caliente y el rendimiento de canal caliente	22
Cuadro 4 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en la clasificación de cerdos por categoría	27
Cuadro 5 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el área de lomo (cm ²) y el espesor de grasa dorsal (cm) por tratamiento	29
Cuadro 6 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la cantidad de grasa y el porcentaje de grasa base húmeda y base seca por tratamiento	30
Cuadro 7 Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en los ingresos brutos obtenidos por cerdo	32

Resumen

En el presente estudio se evaluaron los efectos de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre las características de la canal y los parámetros productivos en 240 cerdos de engorde (razas Yorkshire, Landrace, Duroc y cruces) en la Universidad Zamorano, Honduras. Se empleó un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos: Dos controles (sin suplementación durante 3 (T1) y 4 (T3) semanas y suplementado con 0.05% de Paylean® durante 3 (T2) o 4 (T4) semanas previas a la cosecha. Los parámetros evaluados incluyeron ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia (ICA), peso final, peso de canal caliente, rendimiento de canal, área de lomo, espesor de grasa dorsal y contenido de grasa intramuscular. Los resultados mostraron que la suplementación con Paylean® mejoró significativamente la GDP (hasta 1086.36 ± 139.54 g/día en 3 semanas) y redujo el ICA (hasta 2.75 ± 0.32 en 3 semanas y 3.23 ± 0.51 en 4 semanas), en comparación con los controles. Se observaron mayores pesos finales (113.06 ± 10.77 kg, en T4), mayor área de lomo (hasta 52.52 ± 14.90 cm², en T4) y menor contenido de grasa intramuscular (hasta 2.41% base húmeda, en T4). No se detectaron diferencias significativas en el espesor de grasa dorsal ni en el rendimiento de canal. Económicamente, los tratamientos con Paylean® generaron mayores ingresos brutos (hasta L 6,261.18 por cerdo en T4) basado en la clasificación de cerdos en la planta de procesamiento. En conclusión, Paylean® es un aditivo eficaz para optimizar la eficiencia alimenticia, promover el crecimiento magro y mejorar la calidad de la canal en cerdos de finalización bajo condiciones locales, recomendándose su uso durante 4 semanas para maximizar la rentabilidad, sujeto a análisis económico detallado.

Palabras clave: β-agonistas, cerdos de engorde, eficiencia alimenticia, ganancia diaria de peso, tejido magro.

Abstract

In the present study it was evaluated the effects of ractopamine hydrochloride (Paylean®) supplementation in finishing diets on carcass characteristics and productive parameters in 240 fattening pigs (Yorkshire, Landrace, Duroc, and crossbreeds) at the Panamerican Agricultural School Zamorano, Honduras. A Completely Randomized Design was used with four treatments: two controls (without supplementation for 3 (T1) and 4 (T3) weeks) and supplemented with 0.05% Paylean® for 3 (T2) or 4 (T4) weeks prior to harvest. The evaluated parameters included daily weight gain (DWG), feed conversion ratio (FCR), final weight, hot carcass weight, carcass yield, loin eye area, backfat thickness, and intramuscular fat content. The results showed that Paylean® supplementation significantly improved DWG (up to 1086.36 ± 139.54 g/day in 3 weeks) and reduced FCR (up to 2.75 ± 0.32 in 3 weeks and 3.23 ± 0.51 in 4 weeks) compared to the controls. Higher final weights (113.06 ± 10.77 kg in T4), larger loin eye area (up to 52.52 ± 14.90 cm² in T4), and lower intramuscular fat content (up to 2.41% wet basis in T4) were observed.

No significant differences were found in backfat thickness or carcass yield. Economically, the Paylean® treatments generated higher gross income (up to L 6,261.18 per pig in T4) based on the classification of pigs at the processing plant. In conclusion, Paylean® is an effective additive for optimizing feed efficiency, promoting lean growth, and improving carcass quality in finishing pigs under local conditions, with a recommendation for its use for 4 weeks to maximize profitability, subject to detailed economic analysis.

Keywords: β -agonists, fattening pigs, feed efficiency, daily weight gain, lean tissue.

Introducción

La industria porcina desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria mundial y en el desarrollo económico de numerosos países, al ser una de las principales fuentes de proteína de origen animal. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2022), la carne de cerdo es la segunda proteína cárnica más consumida a nivel mundial, con un consumo promedio de 15.27 kg por persona al año, únicamente superada por la carne de aves siendo esta consumida aproximadamente 17.04 kg por persona al año. En Honduras, el consumo de carne porcina se estima en 7.19 kg/persona/año, lo cual representa una oportunidad de crecimiento para el sector porcícola como motor de generación de ingresos, empleo rural y diversificación de la producción agropecuaria (FAO, 2022).

La competitividad de esta industria depende en gran medida de su capacidad para producir carne de alta calidad a bajo costo. La alimentación representa hasta un 80% de los costos totales de producción porcina (Barahona Paredes, 2021), lo que convierte a la eficiencia alimenticia en un factor determinante para la rentabilidad. No obstante, durante la fase de finalización del engorde, el aumento de peso suele ir acompañado de una mayor acumulación de grasa, lo que reduce la eficiencia en el uso de nutrientes y afecta el valor comercial de la canal. En los sistemas de pago basados en clasificación de canales, los productores pueden recibir penalizaciones económicas por canales con excesiva grasa o bajo rendimiento de carne magra. Esto provoca que, en muchos casos, los cerdos sean cosechados antes de alcanzar su peso adulto (Crome et al., 1996).

Con el objetivo de mejorar la eficiencia productiva y el perfil de la canal, la industria ha desarrollado diversos aditivos alimenticios, como antibióticos, probióticos, ácidos orgánicos, minerales y promotores de crecimiento. Entre estos, uno de los avances más relevantes ha sido el uso de hidrocloreuro de ractopamina, ingrediente activo del producto comercial Paylean®.

Este compuesto pertenece a la familia de las feniletilaminas y actúa como un agonista β -adrenérgico, estimulando los receptores beta en las membranas celulares. Esta estimulación aumenta la síntesis de proteínas musculares y reduce la lipogénesis, favoreciendo el desarrollo de tejido magro en lugar de grasa (Watkins et al., 1990). Estudios previos han demostrado que la inclusión de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización incrementa la ganancia diaria de peso, mejora la conversión alimenticia y aumenta el porcentaje de carne magra en la canal sin afectar negativamente las características organolépticas de la carne (Fernández-Dueñas et al., 2008). Además, estos efectos se han observado tanto en machos como en hembras.

A pesar de su eficacia técnica, el uso de la ractopamina (Paylean®) plantea interrogantes en contextos productivos como el hondureño, donde no existen suficientes datos locales sobre su rentabilidad económica. La mayoría de los estudios disponibles provienen de países con sistemas de producción, costos de insumos, precios de mercado y condiciones genéticas distintas, lo que dificulta extrapolar directamente sus resultados. Herr et al. (2001) demostraron que, en dietas de cruces comerciales, la inclusión de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) incrementa los rendimientos de los cortes sin afectar la calidad de la carne, y que este aumento es similar tanto en machos como en hembras. De forma consistente, se ha comprobado que la inclusión de ractopamina (Paylean®) en las dietas de finalización mejora significativamente las tasas de crecimiento.

En este sentido, evaluar la viabilidad del uso de Paylean® en condiciones locales resulta de gran importancia para fortalecer la toma de decisiones basadas en evidencia. Contar con información objetiva sobre su impacto permitiría a los productores optimizar sus estrategias de alimentación en la fase final de engorde, mejorar la calidad de sus canales y aumentar su competitividad en el mercado, todo esto en un contexto de crecientes exigencias de eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la suplementación con hidroclicloruro de ractopamina (Paylean®) en las características de la canal y los parámetros de calidad en cerdos de engorde durante las últimas tres y cuatro semanas previas a la cosecha, bajo las condiciones específicas de producción de la Universidad Zamorano, Zamorano (Honduras).

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El estudio se llevó a cabo en la granja porcina y la planta de cárnicos de Universidad Zamorano, ubicada en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Los análisis de grasa se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Todas las instalaciones empleadas para el desarrollo del estudio cumplen con las normativas nacionales e internacionales vigentes para la investigación agroindustrial, garantizando condiciones adecuadas para el manejo de animales y productos cárnicos.

Zamorano se localiza en el kilómetro 30 de la carretera que conecta Tegucigalpa con Danlí, a una altitud aproximada de 800 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima de la región es cálido subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación anual cercana a 1 100 mm, condiciones que resultan favorables para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Diseño Experimental

Se utilizaron un total de 240 cerdos de las razas Yorkshire, Landrace, Duroc y sus cruces, seleccionados con el fin de garantizar un grado aceptable de homogeneidad genética y fenotípica entre los grupos experimentales. Al inicio del ensayo, los animales presentaban un peso promedio de 80 ± 5 kg y una edad aproximada de 20 semanas. Previamente a la fase experimental, todos los cerdos fueron sometidos a un periodo de adaptación para minimizar el estrés asociado a cambios en manejo y dieta, permitiendo estabilizar su comportamiento alimenticio y desempeño productivo.

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Los 240 animales fueron distribuidos en 16 corrales de 15 cerdos cada uno, procurando balancear el peso inicial y el sexo de los animales en cada grupo para evitar sesgos experimentales.

Los tratamientos evaluados consistieron en la inclusión o no de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en la dieta de finalización, durante periodos de distinta duración antes de la cosecha, divididos de la siguiente manera:

Tratamiento 1 (T1): Dieta control sin Paylean®, administrada durante las últimas 3 semanas previas a la cosecha.

Tratamiento 2 (T2): Dieta suplementada con 0.05% de Paylean®, administrada durante las últimas 3 semanas previas a la cosecha.

Tratamiento 3 (T3): Dieta control sin Paylean®, administrada durante las últimas 4 semanas previas a la cosecha.

Tratamiento 4 (T4): Dieta suplementada con 0.05% de Paylean®, administrada durante las últimas 4 semanas previas a la cosecha.

El periodo experimental tuvo una duración de 21 días para los tratamientos de 3 semanas y de 28 días para los tratamientos de 4 semanas. Los animales fueron alimentados *ad libitum* con sus respectivas dietas, registrando diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el remanente para estimar el consumo promedio. Al finalizar el periodo experimental, los cerdos fueron enviados a cosecha a las 23 y 24 semanas de edad (161 y 168 días de vida, respectivamente), de acuerdo con el tiempo de exposición asignado a cada tratamiento.

Durante el ensayo se monitorearon los parámetros productivos y las características de la canal, con el fin de evaluar el efecto del uso de Paylean® sobre el rendimiento productivo y la calidad de la canal bajo condiciones locales de producción.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar la significancia de las diferencias observadas entre tratamientos: Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

H₀: No existen diferencias significativas en el porcentaje de carne magra entre tratamientos.

H₁: Al menos uno de los tratamientos presenta un porcentaje de carne magra diferente.

Si el análisis de la prueba ANOVA resulta estadísticamente significativo a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, permitirá rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna. Esto indicaría que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Parámetro Productivos

Alimentación y Manejo de los Animales

Los cerdos fueron alimentados *ad libitum* con dietas formuladas para cubrir sus requerimientos nutricionales de acuerdo con las recomendaciones del National Research Council (2012) para porcinos en fase de finalización. La dieta base estuvo compuesta principalmente por fuentes energéticas como maíz, sorgo y subproductos de maíz (olote y tusa), complementadas con ingredientes proteicos de alta calidad como harina de soya, harina de maní al 49%, harina de pescado, harina de carne, aislado e integral de soya. Además, se incluyeron subproductos fibrosos (afrecho y semolina de arroz, afrecho y salvado de trigo, heno de Transvala) para favorecer la digestibilidad y la salud intestinal. El aporte mineral y vitamínico se garantizó mediante la inclusión de carbonato de calcio, fosfato bicálcico, biofos, sal común y premezclas vitamínico-minerales (Advantage Alltech, Higromix y Vit. Cerdos), junto con aminoácidos sintéticos (lisina, metionina y treonina) para equilibrar el perfil proteico. Asimismo, se emplearon aditivos como Avatec[®], Coban[®] y Mecadox[®] para la prevención de enfermedades entéricas, y ractopamina (Paylean[®]) como promotor de crecimiento durante las últimas semanas de engorde.

Durante todo el ensayo se aseguraron las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), aplicando medidas de bioseguridad y bienestar animal. Entre los principales aspectos evaluados se incluyen:

Frecuencia de Alimentación

Los animales fueron alimentados dos veces al día, con monitoreo constante del consumo total por corral.

Manejo del Agua

Se suministró agua potable mediante bebederos automáticos, garantizando disponibilidad continua.

Monitoreo Sanitario y de Comportamiento

Se llevaron registros diarios de consumo de alimento, ganancia de peso, estado de salud y comportamiento.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Calculado como la relación entre la cantidad total de alimento consumido y la ganancia diaria de peso obtenida.

$$ICA = \frac{\text{Alimento Consumido}}{\text{Peso Ganado}} \quad [1]$$

Evaluación de las Características de Canal

Después de la cosecha, se evaluaron las siguientes características de las canales de los cerdos:

Peso de la Canal Caliente (kg)

Peso inmediatamente posterior a la cosecha, utilizando una balanza industrial electrónica de plataforma con capacidad de 600 kg y precisión de 0.1 kg.

$$\text{Peso Canal Caliente} = \text{Peso vivo} - \text{Peso víceras, cabeza y patas} \quad [2]$$

Rendimiento de Canal Caliente (%)

Relación entre el peso de la canal caliente y el peso vivo previo a la cosecha.

$$\text{Peso Canal Caliente} = \text{Peso vivo} - \text{Peso víceras, cabeza y patas} \quad [3]$$

Espesor de Grasa Dorsal (cm)

Medido entre la penúltima y última costilla con un calibrador Vernier (pie de rey).

Área del Lomo (cm²)

Estimada mediante calco del músculo *Longissimus dorsi* sobre una bolsa plástica transparente subdividida en círculos, posteriormente medidos para calcular el área.

Contenido de Grasa Intramuscular

La determinación del contenido de grasa intramuscular se realizó mediante el método oficial AOAC 991.36, siguiendo el procedimiento establecido por el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Zamorano (LAA-I213-1 V08). Este método se basa en la extracción por solvente mediante el sistema Soxtec™ 8000, utilizando éter de petróleo como solvente extractor.

Las muestras de carne previamente homogeneizadas fueron pesadas (aproximadamente 3 g de carne deshidratada por 24 horas) en dedales de celulosa, a los cuales se adicionaron cerca de 2 g de material filtrante y un tapón de algodón desgrasado para evitar pérdidas. Los dedales se secaron en horno a 100–102 °C durante 1 hora y media, luego se enfriaron en desecador y se colocaron en el equipo de extracción junto con las tazas de recolección previamente secadas y pesadas.

La extracción se realizó en dos etapas:

Ebullición (25 min), en la que el solvente caliente disolvió la grasa presente en la muestra.

Enjuague (30 min), mediante reflujo continuo del solvente para asegurar la remoción completa de la grasa.

Posteriormente, el solvente fue evaporado bajo campana extractora y las tazas con el residuo graso se secaron nuevamente en horno a 100–103 °C durante 1 hora y media. Tras enfriar en desecador, se pesaron las tazas con el extracto graso para determinar el contenido de grasa cruda, expresado como porcentaje de grasa intramuscular (% base húmeda y % base seca).

El análisis de grasa intramuscular expresa los resultados en dos bases distintas: base húmeda y base seca, las cuales representan diferentes formas de interpretar la proporción de grasa en la muestra de carne.

Porcentaje de Grasa en Base Húmeda.

Corresponde al porcentaje de grasa en la muestra tal como se recibe, es decir, considerando el contenido natural de agua, proteínas y otros componentes presentes en el tejido muscular. Este

valor refleja la composición real de la carne fresca y es el que se utiliza comúnmente para evaluar la calidad comercial y sensorial de la canal.

Porcentaje de Grasa en Base Seca.

Representa el porcentaje de grasa respecto al peso seco de la muestra, es decir, después de eliminar completamente la humedad. Este valor permite comparar muestras independientemente del contenido de agua, siendo útil para análisis científicos, formulación de dietas o control de calidad en productos procesados.

Todas estas mediciones se realizaron en la planta procesadora de cárnicos de Zamorano y el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, asegurando la realización correcta en la toma de los datos con el fin de obtener resultados para la comparación entre los grupos control y los grupos tratados con el hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®).

Clasificación de Cerdos en Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano

A continuación, se presenta en el Cuadro 1 la clasificación de precios en lempiras por libra, empleada por la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano, para determinar el precio a pagar por las canales de cerdo según su rendimiento.

Cuadro 1

Clasificación de cerdos en base a características de canal y precio por libra que la planta de cárnicos de la Universidad Zamorano establece

Cerdo Plus	Cerdo Más	Cerdo Menos	Lechón	Reproductoras
L39.00	L38.50	L38.00	L26.00	L31.00
Peso $\geq 64 < 100$ kg	Peso 59 – 63 kg	Peso $< 59 > 100$ kg	Peso < 52 kg	Peso > 100 kg
Grasa Dorsal ≤ 2 cm	Grasa dorsal ≤ 2 cm	Grasa dorsal > 2 cm		
$\geq 55\%$ Carne magra	50-54% Carne magra	$< 50\%$ Carne magra		
≥ 32 cm ² de área de lomo mínimo	≥ 29 cm ² de área de lomo mínimo			

Nota. Tomado de Planta de Procesamiento de Cárnicos y Embutidos Universidad Zamorano.

Con esta información, fue posible realizar un estudio de análisis de varianza y una separación de media para determinar y comparar si los cerdos suplementados con hidrocloreto de ractopamina (Paylean®) eran clasificados y remunerados de manera superior en comparación con los cerdos del grupo control.

Resultados y Discusión

El hidrocloreuro de ractopamina, comercialmente conocido comercialmente como Paylean®, es un β -adrenérgico que se une a las células musculares y adiposas, estimulando la actividad metabólica y promoviendo la hipertrofia muscular. Su acción incrementa la actividad de enzimas anabólicas, como la proteína quinasa A, lo que favorece la síntesis proteica y el crecimiento de las fibras musculares existentes (Reyes Bourdierd, 2001). Paralelamente, la ractopamina (Paylean®) inhibe la acción de enzimas relacionadas con la lipogénesis, reduciendo la formación de grasa y redirigiendo los nutrientes hacia la producción de músculo y masa magra, lo que permite un uso más eficiente de aminoácidos y energía, aumentando el peso corporal con un consumo menor de alimento (Mitchell, 2009).

Ganancia de Peso Diaria e Índice de Conversión Alimenticia Divididos por Tratamiento

A continuación, se analiza el comportamiento productivo de los cerdos en función del tratamiento aplicado. En el Cuadro 2 se presenta el efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la ganancia diaria de peso, el índice de conversión alimenticia y el peso final de los animales (Rickard et al., 2017).

Cuadro 2

Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la ganancia diaria de peso (g/día), índice de conversión alimenticia y peso final en cerdos de engorde (kg)

Tratamiento	GDP (g/día) \pm D.E.	ICA \pm D.E.	Peso final (kg) \pm D.E.
T1 (Control 3 semanas)	763.63 \pm 112.27 ^c	3.91 \pm 0.625 ^a	96.19 \pm 7.37 ^c
T2 (Paylean 3 semanas)	1086.36 \pm 139.54 ^a	2.75 \pm 0.328 ^c	100.49 \pm 14.93 ^{bc}
T3 (Control 4 semanas)	809.09 \pm 133.64 ^{bc}	3.67 \pm 0.503 ^a	103.68 \pm 15.40 ^b
T4 (Paylean 4 semanas)	977.27 \pm 134.54 ^b	3.23 \pm 0.511 ^b	113.06 \pm 10.77 ^a
CV (%)	12.67	12.64	12.46

Tratamiento	GDP (g/día) ± D.E.	ICA ± D.E.	Peso final (kg) ± D.E.
Probabilidad	0.0065	0.012	0.0001

Nota. D.E: Desviación estándar; abc: Diferente letra en cada columna significa que existieron diferencias estadísticas ($P < 0.05$); CV (%): Coeficiente de variación; Paylean®: Hidrocloruro de ractopamina; Control: tratamiento sin Paylean®; GDP: Ganancia Diaria de Peso; ICA: Índice de conversión alimenticia; T: Tratamiento.

Tratamiento 1 (Control – 3 Semanas).

Los cerdos recibieron una dieta comercial estándar sin suplementación con Paylean® durante 21 días. De los 52 animales asignados, se analizaron 46, ya que cinco cerdos no contaban con datos completos de planta y laboratorio (4 en la tercera repetición y 1 en la cuarta). Al inicio del tratamiento, el día 140 de vida, el peso promedio de los cerdos fue de 79.85 kg, finalizando el día 160 con un promedio de 96.1 kg, lo que representó un incremento del 20.36% respecto al peso inicial. La ganancia diaria de peso (GDP) promedio fue de 763.64 g/día y el índice de conversión alimenticia (ICA) promedio fue de 3.91 kg de alimento por kg de ganancia (ver Cuadro 2).

Tratamiento 2 (Hidrocloruro de Ractopamina – 3 Semanas).

Los cerdos recibieron una dieta suplementada con 0.05% de ractopamina (Paylean®) durante 21 días. De los 55 animales asignados, se analizaron 45, ya que 10 cerdos no contaban con datos de laboratorio (1 en la segunda repetición, 5 en la tercera y 4 en la cuarta). El peso promedio inicial fue de 81.28 kg y el final de 103.3, con un aumento promedio del 27.04%. La GDP promedio fue de 1086.36 g/día y el ICA promedio fue de 2.75 (ver Cuadro 2).

Tratamiento 3 (Control – 4 Semanas).

Los cerdos recibieron dieta control durante 28 días. De los 48 animales asignados, se analizaron 39, considerando un fallecimiento en la cuarta repetición y la falta de datos en 8 cerdos (3 en la segunda repetición, 2 en la tercera y 3 en la cuarta). El peso promedio inicial fue de 79.3 kg, finalizando el tratamiento con un promedio de 102.8, lo que representa un aumento del 27.37%. La GDP promedio fue de 809.09 g/día y el ICA promedio de 3.67 (ver Cuadro 2).

Tratamiento 4 (Hidrocloruro de Ractopamina – 4 Semanas).

Los cerdos recibieron una dieta suplementada con 0.05% de ractopamina (Paylean®) durante 28 días. De los 53 animales asignados, se analizaron 50, ya que tres cerdos de la cuarta repetición no contaban con datos completos de planta y laboratorio. El peso promedio inicial fue de 86.49 kg y el final de 113.1 kg, representando un incremento del 30.81%. La GDP promedio fue de 977.27 g/día y el ICA promedio de 3.23 (ver Cuadro 2).

Al concluir cada tratamiento, los cerdos fueron trasladados a la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano, donde se realizaron las evaluaciones de las características de las canales. Estas evaluaciones permitieron analizar diversas variables de la canal caliente, incluyendo el peso de los animales inmediatamente después de la cosecha (peso de canal caliente), proporcionando información sobre el efecto de la suplementación con Paylean® en el rendimiento y la calidad de la canal.

Para determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar. Esta prueba permitió evaluar el efecto de la inclusión de Paylean® y la duración del tratamiento sobre las variables productivas y de canal. Posteriormente, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, con el objetivo de identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias entre sí. Ambas pruebas se efectuaron con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, asegurando la validez estadística de los resultados obtenidos.

En el cuadro Cuadro 2, los resultados obtenidos evidencian que la inclusión de Paylean® tuvo un efecto positivo sobre la eficiencia alimenticia, reflejado en una reducción del índice de conversión alimenticia (ICA). Los cerdos suplementados con el aditivo requirieron menos alimento para ganar una misma cantidad de peso vivo en comparación con los tratamientos control. Este comportamiento se explica por la acción anabólica de la ractopamina (Paylean®), un β -agonista que estimula la síntesis

proteica y reduce la lipogénesis, redirigiendo los nutrientes hacia la formación de tejido magro y disminuyendo la acumulación de grasa (Rickard et al., 2017).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mitchell et al. (2009), quienes observaron que el uso de diferentes niveles de ractopamina (Paylean®) en cerdos de engorde mejoró significativamente la eficiencia alimenticia, la ganancia diaria de peso y el rendimiento de canal, confirmando el papel del β -agonista en la optimización del metabolismo proteico y la conversión alimenticia. Asimismo, Rickard et al. (2017) y Carr et al. (2005) señalaron que la suplementación con Paylean® mejora la retención de nitrógeno y la deposición de tejido magro, favoreciendo un mayor aprovechamiento de los nutrientes consumidos.

El peso final de los cerdos al concluir cada tratamiento mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.0001$), con un coeficiente de variación (CV) del 12.46%, lo que indica una variabilidad moderada en los datos. El tratamiento T4 (suplementación con Paylean® durante 4 semanas) presentó el peso final más alto, con un promedio de 113.06 ± 10.77 kg, siendo significativamente superior a los demás tratamientos según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). Esto representa un incremento notable en comparación con el T3 (control de 4 semanas), que alcanzó 103.68 ± 15.40 kg, destacando el efecto positivo de la ractopamina en la promoción del crecimiento durante periodos más prolongados.

Por su parte, el T2 (Paylean® durante 3 semanas) obtuvo un peso final promedio de 100.49 ± 14.93 kg, el cual fue superior al T1 (control de 3 semanas, 96.19 ± 7.37 kg), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa entre T2 y T3. Estos resultados sugieren que la suplementación con Paylean® acelera el aumento de peso en comparación con los controles para la misma duración, posiblemente debido a su acción en la redirección de nutrientes hacia la síntesis de tejido muscular, como se ha reportado en estudios previos (Mitchell, 2009). La duración del tratamiento también influyó, ya que los periodos de 4 semanas (T3 y T4) generaron pesos finales superiores a los de 3 semanas, independientemente de la presencia del aditivo, lo que resalta la importancia combinada

de la suplementación y el tiempo de exposición para maximizar el crecimiento en la fase de finalización.

Peso Canal Caliente (PCC) y Rendimiento en Canal Caliente

En relación con las características de la canal, el Cuadro 3 muestra el efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el peso de canal caliente y el rendimiento obtenido al sacrificio (L. Kutzler et al., 2011).

Cuadro 3

Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el peso de canal caliente y el rendimiento de canal caliente

Tratamiento	Peso Canal Caliente (kg) ± D.E.	Rendimiento (%) ± D.E.NS
T1 (Control 3 semanas)	65.98 ± 5.4 ^c	68.61 ± 3.50
T2 (Paylean 3 semanas)	69.39 ± 10.07 ^{bc}	69.26 ± 2.20
T3 (Control 4 semanas)	71.88 ± 11.43 ^{ab}	69.22 ± 3.25
T4 (Paylean 4 semanas)	74.02 ± 11.91 ^a	69.49 ± 3.24
CV (%)	13.74	4.00
Probabilidad	0.0008	0.4475

Nota. D.E: Desviación estándar; abc: Diferente letra en cada columna significa que existieron diferencias estadísticas (P<0.05); CV (%):

Coficiente de variación; NS: no significativo (P>0.05); Paylean®: Hidrocloreuro de ractopamina; Control: tratamiento sin Paylean®; T: Tratamiento.

En cuanto al peso en canal caliente, el Tratamiento 4 (Paylean 4 semanas) registró el valor promedio más alto con 74.02 ± 11.91 kg, seguido del Tratamiento 3 (Control 4 semanas) con 71.88 ± 11.43 kg, el Tratamiento 2 (Paylean 3 semanas) con 69.39 ± 10.07 kg, y finalmente el Tratamiento 1 (Control 3 semanas) con 65.98 ± 5.4 kg. Este comportamiento refleja una tendencia ascendente del peso en canal conforme se incrementó la duración del tratamiento y se incluyó ractopamina (Paylean®) en la dieta. Dicho efecto podría estar relacionado con el aumento en la deposición de tejido magro promovido por la ractopamina (Paylean®), que favorece un crecimiento muscular más eficiente y una menor acumulación de grasa (ver Cuadro 3).

Se efectuó un análisis estadístico mediante una prueba de análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Asimismo, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias específicas entre sí.

La prueba ANOVA mostró un valor de probabilidad de 0.0008 ($p < 0.05$), lo que confirma la existencia de diferencias estadísticamente comprobables entre los tratamientos para la variable peso en canal caliente. Estos resultados sugieren que tanto la duración del tratamiento como la inclusión del aditivo influyeron de manera positiva sobre el peso final de la canal.

En cuanto al rendimiento en canal, los valores oscilaron entre 68.61% y 69.49%, siendo el Tratamiento 4 (Paylean 4 semanas) el que alcanzó el mayor rendimiento promedio con $69.49 \pm 3.24\%$, seguido del Tratamiento 2 (Paylean 3 semanas) con $69.26 \pm 2.20\%$, el Tratamiento 3 (Control 4 semanas) con $69.22 \pm 3.25\%$, y finalmente el Tratamiento 1 (Control 3 semanas) con $68.61 \pm 3.50\%$ (ver Cuadro 3).

Estos rendimientos se consideran normales para cerdos en fase de finalización, de acuerdo con los rangos de 68 – 75% reportados por Apple et al. (2007) y L. Kutzler et al. (2011). Sin embargo, la tendencia ascendente observada en los tratamientos con Paylean® evidencia una mejor retención de masa muscular y menor contenido de grasa, lo cual coincide con los efectos esperados de la ractopamina (Paylean®) sobre la eficiencia del crecimiento y la composición de la canal (ver Cuadro 3).

El análisis estadístico indicó un valor de probabilidad de 0.4475 ($p > 0.05$), lo cual demuestra que no se detectaron diferencias estadísticamente comprobables en el rendimiento de canal entre los tratamientos. En general, aunque los valores fueron similares, se observa una ligera ventaja en los tratamientos con Paylean®, lo que sugiere una mejor conversión del peso vivo a canal sin afectar de manera negativa la proporción de rendimiento total.

El análisis se realizó considerando un nivel de significancia del 5%, sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas, por lo que la prueba de Duncan no se aplicaría para poder dividir

según diferencias entre tratamientos. De igual manera, se procedió a realizar, dando como resultado que los tratamientos no presentaron alguna diferencia.

Los resultados reflejan que la inclusión de ractopamina (Paylean®) tuvo un efecto directo sobre la masa corporal final y el peso de la canal, mostrando un incremento proporcional al tiempo de suplementación. Este comportamiento se asocia al efecto anabólico de la ractopamina (Paylean®), un β -agonista adrenérgico que estimula la síntesis proteica, reduce la lipogénesis y favorece la hipertrofia muscular, promoviendo una mayor acumulación de carne magra y, por ende, un aumento significativo del peso en canal.

Estos resultados coinciden con los hallazgos recientes de Pitts et al. (2023), quienes reportaron que la ractopamina (Paylean®) incrementa el peso de canal, la eficiencia alimenticia y la proporción de tejido magro en cerdos de finalización. De igual manera, Patience et al. (2009) observaron un aumento lineal en el rendimiento de canal con niveles crecientes del aditivo, mientras que L. W. Kutzler et al. (2010) demostraron que el efecto del β -agonista es más pronunciado en animales de mayor peso final, mejorando la ganancia de peso y el rendimiento comercial.

Asimismo, Panisson et al. (2020) señalaron que la ractopamina (Paylean®) modifica la partición energética, orientando el metabolismo hacia la deposición proteica sin comprometer el bienestar animal, confirmando que su uso combinado con otros compuestos lipotrópicos potencia el desarrollo muscular y mejora la eficiencia productiva. Estos resultados en conjunto sustentan el efecto positivo de ractopamina (Paylean®) sobre el peso en canal y el rendimiento económico, siempre que se maneje una duración y dosificación adecuadas.

Estos resultados sugieren que los tratamientos 3 y 4 tuvieron un efecto positivo sobre el peso en canal caliente, asociado a una mayor eficiencia alimenticia y a una mayor deposición muscular durante el periodo de engorde. El incremento observado en los tratamientos con ractopamina (Paylean®) podría deberse a la acción anabólica de la ractopamina, un β -agonista adrenérgico que aumenta la síntesis proteica y reduce la lipogénesis, promoviendo la hipertrofia de las fibras

musculares y, en consecuencia, una mayor proporción de carne magra y peso en canal (Herr et al., 2001) .

Hallazgos similares fueron reportados por Pitts et al. (2023), quienes demostraron que la ractopamina (Paylean®) incrementa la ganancia de peso y el rendimiento en canal sin afectar negativamente la calidad de la carne. De manera consistente, Patience et al. (2009) observaron aumentos lineales en el peso final y en el rendimiento comercial con dosis crecientes del aditivo, mientras que L. Kutzler et al. (2011) encontraron que el efecto es más marcado en animales de mayor peso, debido a su mayor capacidad metabólica para la síntesis proteica. Por su parte, Panisson et al. (2020) confirmaron que el uso prolongado de ractopamina (Paylean®) y compuestos lipotrópicos potencia el crecimiento muscular y la eficiencia productiva, resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación.

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Hernández Gaitán, B. E. y Zeledón Interiano, J. A. (2022) en un estudio realizado bajo condiciones similares, donde se detectaron diferencias significativas en el rendimiento con el uso de ractopamina (Paylean®)® a 10 ppm, atribuibles a la inclusión adicional de L-Carnitina a 12 ppm, la cual potencia la oxidación de ácidos grasos y contribuye a una mayor eficiencia en la deposición de tejido magro.

Desde una perspectiva productiva y económica, el incremento en el rendimiento y peso de canal caliente representa un factor clave para la rentabilidad del sistema porcino. Un mayor peso canal se traduce en mayores volúmenes de carne cosechada por animal, lo que permite a la Planta Procesadora de Cárnicos y Embutidos de Zamorano obtener un número superior de cortes por cada canal, incrementando así el valor total de la producción. Este efecto, aunque no fue estadísticamente significativo, puede reflejarse en mejoras operativas y de eficiencia durante el procesamiento, reduciendo las mermas y optimizando el aprovechamiento de la materia prima.

En términos económicos, un aumento en el peso y rendimiento canal implica mayores ingresos unitarios por cerdo y un uso más eficiente de los recursos invertidos en alimentación y

manejo. Por tanto, aun cuando el efecto estadístico de la ractopamina (Paylean®) no fue significativo, su uso podría considerarse viable desde un punto de vista productivo o económico, siempre que los costos de inclusión del aditivo no superen los beneficios obtenidos por el incremento en peso y eficiencia de canal.

La integración de los datos de peso en canal, rendimiento y eficiencia alimenticia revela que el Tratamiento 2 (ractopamina a 3 semanas) se posiciona como el más eficiente en términos de crecimiento rápido y conversión alimenticia, además de lograr un rendimiento en canal competitivo y la mayor proporción de cerdos en la categoría Cerdo Plus. Por otro lado, el Tratamiento 3 (control a 4 semanas) maximizó el peso en canal y el rendimiento, lo que sugiere que una mayor duración de alimentación, incluso sin suplementos, puede ser efectiva para incrementar la masa corporal, aunque con una menor eficiencia alimenticia. El Tratamiento 4 mostró un equilibrio entre peso, rendimiento y eficiencia, mientras que el Tratamiento 1 presentó los valores más bajos en la mayoría de los indicadores, probablemente debido a la ausencia de ractopamina (Paylean®) y al menor tiempo de alimentación.

Estos hallazgos subrayan la importancia de optimizar la duración del tratamiento y la inclusión de suplementos como la ractopamina (Paylean®) para maximizar la productividad y rentabilidad en la producción porcina. La comparación con estudios previos, como el de Hernández Gaitán, B. E. y Zeledón Interiano, J. A. (2022), sugiere que, aunque los rendimientos en canal de este experimento son ligeramente inferiores, la homogeneidad genética y las condiciones controladas refuerzan la validez de los resultados. Futuras investigaciones podrían explorar la interacción entre la duración del tratamiento y las dosis de ractopamina (Paylean®) para identificar el punto óptimo que combine eficiencia, calidad y rendimiento.

Distribución de Cerdos por Categoría

En cuanto a la clasificación de los animales según sus características productivas, el Cuadro 4 presenta el efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en la distribución de cerdos por categoría (Mitchell, 2009).

Cuadro 4

Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en la clasificación de cerdos por categoría

Categoría	T1 C	T3 C	T2 P	T4 P	Total	%
Cerdo más	15	6	6	9	38	21%
Cerdo plus	25	17	29	22	93	52%
Cerdo menos	4	13	8	19	44	24%
Lechón	2	1	2	—	5	3%
Total general	46	37	45	50	177	100%

Nota. T1 C: Tratamiento 1, control sin hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®); T3 C: Tratamiento 3, control sin hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®); T2 P: Tratamiento 2, con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®); T4 P: Tratamiento 4, con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®).

En el marco del estudio se analizó la distribución de cerdos en cuatro categorías de calidad (Cerdo Plus, Cerdo Más, Cerdo Menos y Lechón) bajo cuatro tratamientos distintos (T1 a T4). Esta clasificación, basada en atributos como peso, rendimiento y conformación de canal, permitió evaluar el impacto de los tratamientos sobre la calidad y productividad de los animales, aportando información clave para optimizar la eficiencia del sistema de producción porcina.

Categoría Cerdo Plus

La categoría Cerdo Plus, que agrupa a los animales de mayor calidad, presentó la mayor participación general (52% del total). El Tratamiento 1 registró 25 cerdos, el Tratamiento 3 17, el Tratamiento 2 29, y el Tratamiento 4 22 cerdo, alcanzando un total de 93 animales. El Tratamiento 2 fue el más efectivo en la generación de cerdos de alta calidad, lo que se atribuye al uso de ractopamina (Paylean®), un aditivo promotor del crecimiento que estimula la hipertrofia

muscular y mejora la conversión alimenticia, incrementando el rendimiento y la rentabilidad (ver Cuadro 4).

Categoría Cerdo Más

La categoría Cerdo Más, correspondiente a animales de calidad intermedia, mostró una participación del 21% (38 cerdos). El Tratamiento 1 registró 14, T3 tuvo 6, T2 contabilizó 6, y T4 presentó 9 animales.

Se observó una menor proporción de cerdos en esta categoría dentro de los tratamientos con ractopamina (Paylean®), lo que podría explicarse por el desplazamiento de individuos hacia la categoría superior (Cerdo Plus) debido al efecto anabólico del aditivo (ver Cuadro 4).

Categoría Cerdo Menos

En la categoría Cerdo Menos, conformada por animales con menor desarrollo o rendimiento, se observó una participación del 24% (44 cerdos).

El Tratamiento 1 registró 4 animales, Tratamiento 3 tuvo 13, Tratamiento 2 tuvo 8, y Tratamiento 4 19.

Aunque representa una categoría menos deseable en términos de calidad, su presencia en todos los tratamientos sugiere que factores genéticos, sanitarios o ambientales también influyen significativamente en la respuesta productiva de los animales, más allá del uso del aditivo (ver Cuadro 4).

Categoría Lechón

La categoría Lechón, integrada por animales jóvenes o fuera del peso de cosecha comercial, fue la menos representada, con una participación del 3% (5 animales). El Tratamiento T1 tuvo 2 lechones, T3 1 lechón, T2 2 lechones, mientras que T4 no registró individuos. Esta baja incidencia concuerda con el enfoque del ensayo en animales en fase de finalización, aunque la presencia en T1 y T2 podría reflejar variaciones en la edad o peso inicial de algunos ejemplares al momento del muestreo (ver Cuadro 4).

Área de Lomo y Espesor de Grasa Dorsal

En relación con las características de la canal vinculadas al rendimiento cárnico, el Cuadro 5 presenta el efecto de la suplementación con hidrocloreto de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el área de lomo y el espesor de grasa dorsal por tratamiento (Rickard et al., 2017).

Cuadro 5

Efecto de la suplementación con hidrocloreto de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre el área de lomo (cm²) y el espesor de grasa dorsal (cm) por tratamiento

Tratamiento	Área (cm ²) ± D.E.	Grosor Grasa (cm) ± D.E. NS.
T1 (Control 3 semanas)	42.58 ± 8.06 ^c	1.34 ± 0.43
T2 (Paylean 3 semanas)	46.51 ± 8.77 ^{bc}	1.32 ± 0.48
T3 (Control 4 semanas)	50.58 ± 16.19 ^b	1.34 ± 0.50
T4 (Paylean 4 semanas)	50.45 ± 14.90 ^a	1.50 ± 0.58
CV (%)	17.15	27.27
Probabilidad	0.0008	0.62

Nota. D.E: Desviación estándar; abc: Diferente letra significa que existieron diferencias estadísticas; CV (%): Coeficiente de variación; NS: no significativo; Probabilidad: Significancia <0.05; Paylean®: Hidrocloreto de ractopamina; Control: tratamiento sin Paylean®; T: Tratamiento.

Se presentan los promedios del área de lomo y el espesor de grasa dorsal obtenidos para cada tratamiento. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos para el área de lomo ($p = 0.0008$), mientras que para el espesor de grasa dorsal no se detectaron diferencias estadísticas ($p = 0.62$).

El Tratamiento 4 (Paylean® 4 semanas) registró el mayor valor promedio de área de lomo (50.45 ± 14.90 cm²), seguido del Tratamiento 3 (Control 4 semanas) con 50.58 ± 16.19 cm², el Tratamiento 2 (Paylean® 3 semanas) con 46.51 ± 8.77 cm², y el Tratamiento 1 (Control 3 semanas) con 42.58 ± 8.06 cm². La prueba de Duncan agrupó los tratamientos en dos categorías principales, donde los tratamientos 4 y 3 mostraron las mayores áreas de lomo, indicando una respuesta positiva tanto al mayor tiempo de finalización como al uso de ractopamina (ver Cuadro 5).

Estos resultados coinciden con el comportamiento esperado del músculo Longissimus dorsi, el cual responde favorablemente a los β -adrenérgicos como la ractopamina mediante la hipertrofia de fibras musculares y una mayor deposición de proteína miofibrilar (Rickard et al., 2017). Aunque las

diferencias entre tratamientos con y sin Paylean® no fueron amplias, la tendencia sugiere que la combinación de suplementación con ractopamina y una duración de cuatro semanas optimiza el desarrollo muscular, elevando el área del lomo aproximadamente de 42 a 50 cm² (ver Cuadro 5).

En cuanto al espesor de grasa dorsal, los valores oscilaron entre 1.32 y 1.50 cm, sin mostrar un patrón estadísticamente significativo. Este comportamiento es consistente con estudios previos donde la ractopamina no altera de manera marcada el espesor graso medido en la décima costilla (Armstrong et al., 2004). No obstante, investigaciones bajo condiciones más controladas y con mayores niveles de energía o proteína dietética han reportado reducciones significativas en grasa dorsal al utilizar Paylean® (Paulk et al., 2014).

Cantidad de Grasa Base Húmeda y Base Seca

En relación con las características de la canal vinculadas al rendimiento cárnico, el Cuadro 6 presenta el efecto de la suplementación con hidrocloreto de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la cantidad de grasa y el porcentaje de grasa, tanto en base húmeda como en base seca, por tratamiento (Gunawan et al., 2020).

Cuadro 6

Efecto de la suplementación con hidrocloreto de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización sobre la cantidad de grasa y el porcentaje de grasa base húmeda y base seca por tratamiento

Tratamiento	Grasa (g) ± D.E.	Grasa base húmeda (%) ± D.E.	Grasa base seca (%) ± D.E.
T1 (Control 3 semanas)	0.54 ± 0.13 ^b	10.82 ± 0.03 ^b	18.46 ± 0.05 ^b
T2 (Paylean 3 semanas)	0.24 ± 0.17 ^a	4.83 ± 0.03 ^c	6.33 ± 0.04 ^c
T3 (Control 4 semanas)	0.62 ± 0.15 ^b	12.37 ± 0.03 ^a	23.92 ± 0.06 ^a
T4 (Paylean 4 semanas)	0.12 ± 0.05 ^a	2.41 ± 0.01 ^c	3.61 ± 0.01 ^c
CV	14.82	11.73	13.22
Probabilidad	0.0001	0.0001	0.0001

Nota. D.E: Desviación estándar; abc: Diferente letra en cada columna significa que existieron diferencias estadísticas (P<0.05); CV (%):

Coefficiente de variación; Paylean®: Hidrocloreto de ractopamina; Control: tratamiento sin Paylean®; T: Tratamiento.

En cuanto al grosor de grasa dorsal, la homogeneidad entre tratamientos sugiere que la ractopamina (Paylean®) no altera significativamente la deposición de grasa subcutánea, aunque puede contribuir a una leve reducción de la lipogénesis. Según Barahona Paredes (2021), este β-

agonista promueve la síntesis proteica y la retención de nitrógeno muscular, desplazando los nutrientes desde el metabolismo lipídico hacia el crecimiento magro, sin afectar negativamente la calidad visual de la canal.

En se presentan los valores promedio del contenido de grasa expresados en gramos, porcentaje de grasa en base húmeda y en base seca para cada tratamiento. El análisis muestra que el Tratamiento 3 (Control 4 semanas) registró el mayor contenido de grasa con 0.62 ± 0.15 g, seguido del Tratamiento 1 (Control 3 semanas) con 0.54 ± 0.13 g, mientras que los tratamientos suplementados con ractopamina (Paylean®) presentaron los valores más bajos: 0.24 ± 0.17 g para el Tratamiento 2 y 0.12 ± 0.05 g para el Tratamiento 4 (ver Cuadro 6).

La grasa en base húmeda representa el porcentaje de grasa calculado con respecto al peso total del tejido sin eliminar la humedad, reflejando la proporción real de grasa en el músculo fresco. Por su parte, la grasa en base seca se obtiene tras eliminar completamente la humedad del tejido, permitiendo cuantificar la concentración real de grasa en la materia seca. En este caso, los tratamientos con ractopamina (Paylean®) presentaron los valores más bajos tanto en base húmeda ($2.41 \pm 0.01\%$ en T4) como en base seca ($3.61 \pm 0.01\%$ en T4), lo que evidencia una reducción considerable del depósito lipídico en los tejidos (ver Cuadro 6).

La prueba de comparación múltiple de medias de Duncan evidenció diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de grasa (g) del músculo Longissimus dorsi, así como en los porcentajes de grasa en base húmeda (%Grasa BH) y base seca (%Grasa BS).

Los tratamientos 3 (control a 4 semanas) y 1 (control a 3 semanas) se agruparon en el grupo estadístico A, registrando los valores más altos de grasa total y porcentual, mientras que los tratamientos 2 (ractopamina a 3 semanas) y 4 (ractopamina a 4 semanas) se ubicaron en el grupo B, con los valores más bajos (ver Cuadro 6).

En el análisis del contenido graso directo, los tratamientos control presentaron valores promedio de 0.6236 g y 0.5448 g, respectivamente, mientras que los tratamientos con ractopamina

(Paylean®) mostraron una marcada reducción (0.2440 g y 0.1214 g). De forma paralela, los valores de %GrasaBH oscilaron entre 12.37% y 2.41%, y los de %GrasaBS entre 23.92% y 3.61%, con la misma tendencia: los tratamientos suplementados con el aditivo presentaron menor contenido lipídico.

Estos resultados confirman que la inclusión de la ractopamina (Paylean®) redujo significativamente la acumulación de grasa intramuscular, tanto en masa absoluta como en proporción al tejido muscular. Este efecto se debe a la acción del hidrocloreuro de ractopamina, un β -agonista adrenérgico que redirecciona los nutrientes desde la lipogénesis hacia la síntesis proteica, promoviendo la hipertrofia del músculo *longissimus dorsi* y disminuyendo la deposición de grasa (Apple et al., 2007).

Asimismo, la reducción fue más evidente en el Tratamiento 4 (ractopamina a 4 semanas), lo cual sugiere que una mayor duración de administración potencia el efecto antilipogénico del aditivo, favoreciendo la deposición de tejido magro sin alterar la composición estructural del músculo. Resultados semejantes han sido reportados por Gunawan et al. (2020) y Carr et al. (2005), quienes observaron una disminución progresiva de la grasa intramuscular conforme se extendía el uso de ractopamina (Paylean®) en cerdos de finalización.

Ingresos Brutos Obtenidos por Cerdo

En relación con el rendimiento económico, el Cuadro 7 presenta el efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en los ingresos brutos obtenidos por cerdo (See et al., 2004).

Cuadro 7

Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en los ingresos brutos obtenidos por cerdo

Tratamiento	Ingreso (Lempiras) \pm D.E.
T1 (Control 3 semanas)	5592.98 \pm 602.61 ^c
T2 (Paylean 3 semanas)	5853.58 \pm 1034.68 ^{bc}
T3 (Control 4 semanas)	6060.62 \pm 1120.96 ^b
T4 (Paylean 4 semanas)	6261.18 \pm 1164.89 ^a
CV (%)	13.03

Tratamiento	Ingreso (Lempiras) \pm D.E.
Probabilidad	0.0004

Nota. D.E: Desviación estándar; abc: Diferente letra significa que existieron diferencias estadísticas ($P < 0.05$); CV (%): Coeficiente de variación;

Paylean®: Hidrocloruro de ractopamina; Control: tratamiento sin Paylean®; T: Tratamiento.

Se presentan los ingresos brutos promedio obtenidos por tratamiento, expresados en lempiras (Lps). Los resultados evidencian un incremento progresivo en los ingresos conforme aumentó la duración del tratamiento y la inclusión del aditivo ractopamina (Paylean®) en la dieta. El Tratamiento 4 (Paylean® 4 semanas) registró el mayor ingreso promedio (L 6,261.18 \pm 1,164.89), seguido por el Tratamiento 3 (Control 4 semanas) con L 6,060.62 \pm 1,120.96, el Tratamiento 2 (Paylean® 3 semanas) con L 5,853.58 \pm 1,034.68, y finalmente el Tratamiento 1 (Control 3 semanas) con L 5,592.98 \pm 602.61 (ver Cuadro 7).

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0004$), y la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, agrupó a los tratamientos en diferentes categorías estadísticas. Según el gráfico de Duncan, los tratamientos 4 y 2 conformaron el grupo de mayores ingresos, mientras que el tratamiento 1 se ubicó en el grupo de menor rendimiento económico. Esto indica que la suplementación con Paylean®, especialmente durante cuatro semanas, generó los mayores ingresos brutos por canal, confirmando el efecto positivo del aditivo sobre la rentabilidad del sistema (See et al., 2004).

El ingreso bruto se calculó en función del peso canal caliente y la clasificación comercial de la canal, por lo que está directamente asociado a la proporción de carne magra obtenida. En este sentido, la tendencia observada en los tratamientos con ractopamina sugiere una mejora en la composición de la canal, al incrementar el rendimiento de músculo magro y reducir el contenido de grasa, características que aumentan el valor comercial del cerdo cuando se aplican esquemas de pago por calidad (Apple et al., 2007)

Al comparar los tratamientos con igual duración, el Tratamiento 2 (Paylean® 3 semanas) generó un ingreso 186.6 Lps superior al Tratamiento 1 (Control 3 semanas), lo que demuestra que en

periodos cortos de suplementación el aditivo puede mejorar la rentabilidad a través de una respuesta rápida del metabolismo muscular (ver Cuadro 7).

Por otro lado, entre los tratamientos de cuatro semanas, el Tratamiento 4 (Paylean® 4 semanas) superó al Tratamiento 3 (Control 4 semanas) en 200.56 Lps (ver Cuadro 7), reflejando que el uso prolongado del Paylean® mantiene una ventaja económica marginal, aunque podría verse afectada por una posible desensibilización de los receptores β -adrenérgicos ante una exposición extendida al aditivo.

Asimismo, al comparar tratamientos con distinta duración, se observa que un periodo de finalización más prolongado (4 semanas) incrementa los ingresos brutos, tanto en los tratamientos con Paylean® como en los controles. La diferencia de 763.64 Lps entre T1 y T3 confirma que un tiempo adicional de engorde contribuye a un mayor peso canal caliente y, por ende, a un mejor ingreso final.

En conjunto, los resultados indican que la suplementación con Paylean® durante tres a cuatro semanas previas al sacrificio puede representar una estrategia económicamente viable para optimizar la rentabilidad, especialmente en sistemas donde el pago al productor se basa en el rendimiento magro o la calidad de canal. No obstante, la magnitud del beneficio dependerá del costo de inclusión del aditivo y del sistema de pago vigente, por lo que se recomienda realizar un análisis económico complementario antes de su aplicación a gran escala (Li et al., 2002).

Conclusiones

La suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización durante las últimas cuatro semanas mejora significativamente el índice de conversión alimenticia, incrementa la ganancia diaria de peso y permite alcanzar mayores pesos finales en cerdos de engorde, optimizando la eficiencia productiva y el crecimiento de masa corporal magra.

El uso de hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas durante las últimas cuatro semanas aumenta el área de lomo y el peso de la canal caliente, promoviendo un efecto anabólico que favorece el desarrollo muscular sin alterar el grosor de grasa dorsal ni el rendimiento porcentual de la canal.

La suplementación con hidrocloreuro de ractopamina (Paylean®) en dietas de finalización reduce el contenido de grasa intramuscular, mejorando la calidad de la carne al obtener canales más magras, lo que resulta ventajoso para la industria porcina sin comprometer el desarrollo muscular ni la apariencia comercial del producto.

Recomendaciones

Se recomienda implementar el uso de ractopamina (Paylean®) durante tres a cuatro semanas previas a la cosecha, dado que este periodo mostró los mejores resultados en eficiencia alimenticia, ganancia de peso y reducción del contenido de grasa intramuscular.

Antes de su aplicación a gran escala, es necesario realizar un análisis económico detallado que contemple el costo de inclusión del aditivo, los precios de venta de la carne y la clasificación comercial obtenida, con el fin de garantizar que la mejora productiva se traduzca en una rentabilidad real. Asimismo, se recomienda monitorear la respuesta fisiológica de los animales durante la suplementación prolongada, evitando periodos excesivos que puedan reducir la sensibilidad de los receptores β -adrenérgicos y limitar la eficacia del producto.

Se sugiere mantener condiciones controladas de manejo, genética y alimentación para reducir la variabilidad y atribuir con mayor precisión los efectos observados al uso de ractopamina (Paylean®). También se propone evaluar combinaciones con compuestos lipotrópicos, como la L-carnitina, que podrían potenciar la deposición de tejido magro y mejorar la eficiencia metabólica.

A nivel de campo, se recomienda fortalecer los registros productivos y de cosecha en las plantas procesadoras, de manera que los datos de peso, grasa y clasificación puedan utilizarse en análisis de rentabilidad más precisos.

Futuras investigaciones deben enfocarse en validar estos resultados bajo condiciones comerciales, con distintas genéticas y sistemas de alimentación, integrando además la evaluación del bienestar animal y las características sensoriales de la carne para asegurar productos de alta calidad e inocuidad.

Referencias

- Apple, J., Rincker, P., McKeith, F., Carr, S., Armstrong, T. y Matzat, P. (2007). Review: Meta-Analysis of the Ractopamine Response in Finishing Swine. *The Professional Animal Scientist*, 23. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30964-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30964-5)
- Armstrong, T. A., Ivers, D. J., Wagner, J. R., Anderson, D. B., Weldon, W. C. y Berg, E. P. (2004). The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 82(11), 3245–3253. <https://doi.org/10.2527/2004.82113245x>
- Barahona Paredes, D. L. (2021). *Evaluación económica del efecto del suplemento Paylean® sobre el rendimiento de los cerdos de engorde en su etapa de finalización en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b9170be9-1a95-4bdd-aaf5-5d997018f417/content>
- Carr, S. N., Ivers, D. J., Anderson, D. B., Jones, D. J., Mowrey, D. H., England, M. B., Killefer, J. [J.], Rincker, P. J. y McKeith, F. K. (2005). The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics1. *Journal of Animal Science*, 83(12), 2886–2893. <https://doi.org/10.2527/2005.83122886x>
- Crome, P. K., McKeith, F. K., Carr, T. R., Jones, D. J., Mowrey, D. H. y Cannon, J. E. (1996). Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. *Journal of Animal Science*, 74(4), 709–716. <https://doi.org/10.2527/1996.744709x>
- Fernández-Dueñas, D. M., Myers, A. J., Scramlin, S. M., Parks, C. W., Carr, S. N., Killefer, J. [J.] y McKeith, F. K. (2008). Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of Animal Science*, 86(12), 3544–3550. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0899>
- Gunawan, A. M., Yen, C.-N., Richert, B. T., Schinckel, A. P [Allan P.], Grant, A. L. y Gerrard, D. E. (2020). Ractopamine-induced fiber type-specific gene expression in porcine skeletal muscles is independent of growth. *Journal of Animal Science*, 98(11), skaa341. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa341>
- Hernández Gaitán, B. E. y Zeledón Interiano, J. A. (2022). *Efecto de la suplementación con hidrocloreuro de ractopamina y L-carnitina en cerdos en la etapa de finalización sobre los parámetros productivos en campo y rendimientos en la cosecha* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/af63d60d-bfdc-400e-9a75-d4e02a5fb7c1/content>
- Herr, C. T., Schinckel, A. P [A. P.], Watkins, L., Weldon, B. y Richert, B. T [B. T.] (2001). Optimal Paylean sequence (step-up/step-down) when fed to late-finishing swine. *Purdue Swine Research Reports*, 2001, 35–48. <https://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday01/7.pdf>
- Kutzler, L. W., Peterson, C. M., Ellis, M., Carr, S. N., Ritter, M. J., Armstrong, T. A., McKeith, F. K. y Killefer, J. [J.] (2010). Ractopamine (Paylean) response in heavy-weight finishing pigs. *The Professional Animal Scientist*, 26(2), 243–249. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1080744615305866>

- Kutzler, L., Holmer, S., Boler, D., Carr, S., Ritter, M., Parks, C., Mckeith, F. y Killefer, J [John] (2011). Comparison of varying doses and durations of ractopamine hydrochloride on late-finishing pig carcass characteristics and meat quality. *Journal of Animal Science*, 89, 2176–2188. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3601>
- Li, N., Schinckel, A. P [Allan P.], Preckel, P. V., Foster, K. y Richert, B. (2002). Profitable Use of Ractopamine in Hog Production—Economic Evaluation Using a Pig Growth Model. *Purdue Swine Research*. Pp, 80–84. <https://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday02/12.pdf>
- Mitchell, A. D. (2009). Effect of ractopamine on growth and body composition of pigs during compensatory growth *Animal*, 3(1), 173–180. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003285>
- National Research Council. (2012). *Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition*. The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13298/nutrient-requirements-of-swine-eleventh-revised-edition> <https://doi.org/10.17226/13298>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2022). *Food balances (2010–)*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>
- Panisson, J. C., Maiorka, A., Oliveira, S. G., Saraiva, A., Duarte, M. S., Silva, K. F., Santos, E. V., Tolentino, R., Lopes, I., Guedes, L. y Silva, B. (2020). Effect of ractopamine and conjugated linoleic acid on performance of late finishing pigs. *Animal*, 14(2), 277–284. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001708>
- Patience, J. F., Shand, P., Pietrasik, Z., Merrill, J., Vessie, G., Ross, K. A. y Beaulieu, A. D. (2009). The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 89(1), 53–66. <https://doi.org/10.4141/CJAS07152>
- Paulk, C. B., Tokach, M. D., Nelssen, J. L., Burnett, D. D., Vaughn, M. A., Phelps, K. J., Dritz, S. S., DeRouchey, J. M., Goodband, R. D., Woodworth, J. C., Houser, T. A., Haydon, K. D. y Gonzalez, J. M. (2014). Effect of dietary zinc and ractopamine hydrochloride on pork chop muscle fiber type distribution, tenderness, and color characteristics^{1,2}. *Journal of Animal Science*, 92(5), 2325–2335. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7318>
- Pitts, M. A., Smith, H. R., Amerson, E. C., Starkey, J. D., Starkey, C. W., Sawyer, J. T. y Brandebourg, T. D. (2023). Feeding Ractopamine Improves the Growth Performance and Carcass Characteristics of the Lard-Type Mangalica Pig. *Animals*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/ani13243857>
- Reyes Bourdierd, R. H. (2001). *Efecto de la adición de Paylean® en la dieta de finalización en cerdo* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/77e80c33-bd76-429f-bfea-165b0652245f/content>
- Rickard, J. W., Allee, G. L., Rincker, P. J., Gooding, J. P., Acheson, R. J., McKenna, D. R., Puls, C. L. y Carr, S. N. (2017). Effects of ractopamine hydrochloride on the growth performance and carcass characteristics of heavy-weight finishing pigs sent for slaughter using a 3-phase marketing strategy. *Translational Animal Science*, 1(3), 406–411. <https://doi.org/10.2527/tas2017.0053>

- See, M. T., Armstrong, T. A. y Weldon, W. C. (2004). Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2474–2480. <https://doi.org/10.2527/2004.8282474x>
- Watkins, L. E., Jones, D. J., Mowrey, D. H., Anderson, D. B. y Veenhuizen, E. L. (1990). The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine¹. *Journal of Animal Science*, 68(11), 3588–3595. <https://doi.org/10.2527/1990.68113588x>